

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA NATUREZA - CCMN
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IGEO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

O RITMO SEMANAL DO CLIMA NO BAIRRO MARACANÃ

Autor: Heitor Soares de Farias

Orientadora: Ana Maria de Paiva Macedo Brandão



Rio de Janeiro - 2007

HEITOR SOARES DE FARIAS

O RITMO SEMANAL DO CLIMA NO BAIRRO MARACANÃ

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Geografia.

Rio de Janeiro, 14 de agosto de 2007

Profª Drª Ana Maria de Paiva Macedo Brandão – PPGG/UFRJ

Profª Drª Ana Luisa Coelho Netto – PPGG/UFRJ

Prof Dr Oscar Daniel Corbella – ProUrb/UFRJ

Rio de Janeiro – 2007

Ficha Catalográfica

Farias, Heitor Soares

O Ritmo Semanal do Clima no Bairro Maracanã. Rio de Janeiro: UFRJ. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia, 2007.

121 páginas, ilustrações, fotos.

Dissertação de Mestrado em Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, 2007.

Orientadora: Professora Doutora Ana Maria de Paiva Macedo Brandão

1. Ilhas de Calor. 2. Sistema Clima Urbano. 3. Conforto Térmico. Maracanã/RJ.

I. Brandão, Ana Maria de Paiva Macedo (Orientadora). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

Dedico à todos que sonham, e se empenham,
em deixar um mundo melhor às gerações futuras.

Agradecimentos

Este espaço fica reservado à todos que, de alguma forma, contribuíram para que este sonho se realizasse. Mais uma etapa conquistada com a ajuda de vocês que são importantes para mim.

Um obrigado muito especial aos meus pais Heitor Aureliano Pedro de Farias e Sílvia Soares de Farias que, mesmo nos momentos mais difíceis, sempre priorizaram os meus estudos.

Agradeço à Damaris, minha esposa, por toda força e dedicação dispensada nestes últimos anos. Nos últimos meses se desdobrando em atenções entre mim e Pedro que leva na barriga. Peço desculpas pelas ausências e pelos finais de semana passados em casa enquanto eu me dedicava à este trabalho.

Às minhas avós Yê Barreto de Farias, que se enche de orgulho ao falar do neto que faz Mestrado em Geografia; e Adelaide Matos Soares que durante meses selecionou e guardou as reportagens sobre clima de seu jornal diário.

Um agradecimento muito especial à Professora Ana Brandão. Não tenho palavras para descrever a minha gratidão. Muito Obrigado por tudo! Por ser minha orientadora na academia e, por muitas vezes, na vida também. Suas palavras dão um conforto e me incentivam demais, fazendo com que eu desperte e acredite na minha capacidade. Obrigado por sua presteza e amizade!

Obrigado ao Sr. Joacir Esteves, Diretor do Gabinete do Presidente da Suderj, pelo apoio na realização do experimento de campo nas dependências do Estádio Mário Filho. A concessão do espaço para instalação dos equipamentos foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

Ao Robson da contabilidade da Suderj que em um arquivo particular guarda informações sobre a presença do público em eventos no estádio e só com ele obtive tais informações.

Obrigado ao Professor Arlindo Tribess, da Escola Politécnica da USP, que por e-mail se mostrou disponível a esclarecer muitas dúvidas a cerca do conforto térmico.

Obrigado ao Sr. Alberto Hartalian Fogato, Encarregado da Seção de Intercâmbio de dados da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha, que, também via e-mail, disponibilizou dados de uma década de cartas sinóticas, dia-a-dia. Sua presteza é um incentivo àqueles que fazem pesquisa em nosso país.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos que permitiu que me dedicasse mais intensamente à este projeto.

À FAPERJ pelo financiamento dos equipamentos data loggers doados ao CLIMAGEO, fundamentais para a realização do trabalho de campo no Estádio Mário Filho.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ Ana Luisa Coelho Neto e Evaristo de Castro Júnior que fizeram parte da banca de qualificação e deram suas contribuições à este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ pelo incentivo aos alunos, financiando a participação nos congressos. À Nildete, Ildione e Sr. Nelson que ficam nos bastidores do Departamento de Geografia e têm uma atuação muito eficiente.

Aos colegas da UNIRIO que sempre demonstraram interesse no meu trabalho, em especial ao Fábio Oliveira pelos bate-papos e o apoio dado no manuseio de alguns programas.

Ao amigo André Ladeira. A sua ajuda foi fundamental quando os meus conhecimentos sobre a língua inglesa não foram suficientes.

Ao amigo Luiz Silva pela hospedagem em sua casa durante a minha passagem em Brasília. Os filmes indicados e as discussões foram muito proveitosos.

Aos colegas do CLIMAGEO, sempre dispostos a colaborar nos trabalhos de campo e na correria do Laboratório. Tatiana, Leandro, Tiago, Jorge, Leilane, Luciene, Andrews e Michel.

À todos muito obrigado!

**“A verdadeira viagem do descobrimento não consiste em buscar novas paisagens,
mas em ter novos olhos”.**

Marcel Proust

**“O mundo não precisa(va) ser arrumado, o mundo já está(va) em ordem.
Cabe(ria) a nós nos colocarmos em harmonia com essa ordem”.**

Adaptado de Henry Miller

Resumo

Este trabalho teve como base o ritmo semanal observado nos dados de temperatura da estação climatológica do bairro Maracanã. A partir de uma profunda revisão bibliográfica sobre o tema e com o objetivo constatar a interferência antrópica neste ritmo semanal, o presente estudo dividiu-se em cinco etapas de análise das diferentes escalas do clima. Inicialmente utilizou-se os dados da estação climatológica do bairro Maracanã, como também de estações de três bairros próximos, para comparação. Destas três estações também foram utilizados os dados de concentração de monóxido de carbono para avaliar o impacto da circulação de veículos no comportamento na temperatura. Nas etapas finais foram feitos trabalhos de campo: nas ruas do bairro a fim de obter a distribuição espacial das temperaturas e no Estádio Mário Filho (mais conhecido como Maracanã), com um grande evento, para analisar as possíveis alterações climáticas provocadas pela grande aglomeração de pessoas.

Abstract

This work had as a base the observed weekly rhythm in the data of temperature of the Maracanã quarter climatologic station. From a deep bibliographical revision on the subject and with the goal to evidence the anthropical interference in this weekly rhythm, the present study it was divided in five analysis stages of different climate scales. First of all were used datas of the Maracanã quarter climatologic station, and also stations of the three next quarters, just for comparison. From these three stations had been also used the datas of carbon monoxide concentration to evaluate the impact of the circulation of vehicles in the behavior of the temperature. The final stages had been made at field works: on the streets of the quarter in order to get the space distribution of the temperatures and at the Mário Filho Stadium (best known as Maracanã), with a great event, to analyze the possible climatic changes provoked by the great gathering of people.

Índice

Introdução	17
2 – Objetivos	20
2.1 - Objetivos Gerais	20
2.2 - Objetivos Específicos	20
3 - Área de Estudo	21
3.1 - Localização e Características Ambientais	21
3.2 - O Crescimento Urbano e a Densidade Populacional	23
3.3 – Histórico	25
3.4 - Questões a Serem Pesquisadas	31
4. Fundamentação Teórica	32
4.1 - Principais Alterações Provocadas pelas Cidades	32
4.1.1 - Características e Consequências de uma Ilha de Calor	34
4.2 – O Sistema Clima Urbano	37
4.2.1 - Os Dez Enunciados Básicos do Sistema Clima Urbano Contextualizados ao Estudo do Bairro Maracanã	38
4.2.2 – Questão de Consistência	45
4.2.2.1 - Ordem de grandeza e seus graus de organização	45
4.3 - Conforto Térmico	50
4.3.1 - Implicações do Desconforto Térmico	51
4.4 - A Necessidade de Mudanças	53
4.4.1 – Na Qualidade do Ar das Cidades	53
4.4.2 – Na Adaptação aos Eventos Naturais	56
4.5 - Revisão Bibliográfica	59
5 – Metodologia	68
5.1 – Localização dos Pontos de Observação dos Experimentos de Campo	74
5.1.1 – Os Ambientes Monitorados no Bairro	74
5.1.2 – Os Ambientes Monitorados no Estádio Mário Filho	88

6 – Resultados	92
6.1 – Análise dos Dados da Estação Meteorológica	92
6.2 – Os Dados de Temperatura das Estações de Qualidade do Ar	95
6.3 – Estações de Qualidade do Ar: Temperatura x Monóxido de Carbono	97
6.4 – Análise dos Dados dos Experimentos de Campo no Bairro Maracanã	99
6.4.1 - O Campo Térmico na Situação de Inverno	99
6.4.2. - O Campo Térmico na Situação de Outono	105
6.4.3 - O Campo Térmico na Situação de Primavera	111
6.4.4 – Síntese dos Trabalhos de Campo no Bairro Maracanã	116
6.4.4.1 – Configurações Espaciais das Ilhas de Calor	116
6.4.4.2 – Intensidades das Ilhas de Calor	118
6.5 – Experimento de Campo Realizado no Estádio Mário Filho	120
6.5.1 – A Final do Copa do Brasil: Flamengo x Vasco	124
7 – Considerações Finais	128
Referências Bibliográficas	132

Índice de Ilustrações

Figuras

Capítulo 3

Figura 3.1 – A localização e os limites do bairro Maracanã	21
Figura 3.2 – Posição do bairro em relação ao Maciço da Tijuca	22
Figura 3.3 – Área ocupada pelos maciços na Cidade do Rio de Janeiro	23
Figura 3.4 – A densidade de construções no bairro Maracanã	24
Figura 3.5 – O bairro Maracanã e seus limites	24
Figura 3.6 – Derby Club	27
Figura 3.7 – O bairro Maracanã no início do século XXI	28

Capítulo 4

Figura 4.1 – A Circulação dos Ventos em Áreas Urbanas	32
Figura 4.2 – O albedo dos elementos presentes na cidade	33
Figura 4.3 – Estratificação da Atmosfera Urbana	34
Figura 4.4 – Temperatura do ar	35
Figura 4.5 – Noção de Hierarquia	49

Capítulo 5

Figura 5.1 – Localização as estações de qualidade do ar da Prefeitura do Rio de Janeiro	69
Figura 5.2 - Materiais Utilizados nas Medições no Bairro	71
Figura 5.3 – Abrigos Utilizados nas Medições no Estádio	73
Figura 5.4 – O <i>Data Logger</i> utilizado nas medições no Estádio	73
Figura 5.5 – Uso do solo e localização dos pontos de observação	74
Figura 5.6 – Foto Aérea do Ponto 1a	75
Figura 5.7 – Ponto 1a	75
Figura 5.8 – Foto Aérea do Ponto 1b	76
Figura 5.9 – Ponto 1b	76
Figura 5.10 – Foto Aérea do Ponto 2	77
Figura 5.11 – Ponto 2	77
Figura 5.12 – Foto Aérea do Ponto 3	78
Figura 5.13 – Ponto 3	78
Figura 5.14 – Foto Aérea do Ponto 4	79

Figura 5.15 – Ponto 4	79
Figura 5.16 – Foto Aérea do Ponto 5	80
Figura 5.17 – Ponto 5	80
Figura 5.18 – Foto Aérea do Ponto 6	81
Figura 5.19 – Ponto 6	81
Figura 5.20 – Foto Aérea do Ponto 7	82
Figura 5.21 – Ponto 7	82
Figura 5.22 – Foto Aérea do Ponto 8	83
Figura 5.23 – Ponto 8	83
Figura 5.24 – Foto Aérea do Ponto 9	84
Figura 5.25 – Ponto 9	84
Figura 5.26 – Foto Aérea do Ponto 12	85
Figura 5.27 – Ponto 12	85
Figura 5.28 – Foto Aérea do Ponto 13	86
Figura 5.29 – Ponto 13	86
Figura 5.30 – Foto Aérea do Ponto 14	87
Figura 5.31 – Ponto 14	87
Figura 5.32 – Localização dos pontos dentro do estádio	88
Figura 5.33 – Ponto 1 do estádio	89
Figura 5.34 – Ponto 2 do estádio	89
Figura 5.35 – Ponto 5 do estádio	90
Figura 5.36 – Ponto 6 do estádio	90
Figura 5.37 – Ponto 7 do estádio	91

Capítulo 6

Figuras 6.1 e 6.2 – Cartas Sinóticas do dia 10 de junho de 2003	99
Figura 6.3 – Campo térmico das 9 horas inverno	101
Figura 6.4 – Campo térmico das 13 horas inverno	102
Figura 6.5 – Campo térmico das 14 horas inverno	103
Figura 6.6 - Campo térmico das 18 horas inverno	104
Figuras 6.7 e 6.8 – Cartas Sinóticas do dia 13 de maio de 2004	105
Figura 6.9 – Campo térmico das 9 horas outono	107
Figura 6.10 – Campo térmico das 13 horas outono	108

Figura 6.11 – Campo térmico das 14 horas outono	109
Figura 6.12 – Campo térmico das 18 horas outono	110
Figuras 6.13 e 6.14 – Cartas Sinóticas do dia 19 de novembro de 2005	111
Figura 6.15 – Campo térmico das 9 horas primavera	113
Figura 6.16 – Campo térmico das 13 horas primavera	114
Figura 6.17 – Campo térmico das 14 horas primavera	115
Figura 6.18 – Esquema com as configurações de todos os campos térmicos	117
Figura 6.19 – Imagem de Satélite do dia 18/07/2006 – 21horas	120
Figura 6.20 – Imagem de Satélite do dia 19/07/2006 – 9 horas	120
Figura 6.21 – Imagem de Satélite do dia 19/07/2006 – 21 horas	121
Figura 6.22 – Imagem de Satélite do dia 20/07/2006 – 9 horas	121
Figura 6.23 – Imagem de Satélite do dia 20/07/2006 – 21 horas	121
Figura 6.24 – Grande presença do público no estádio	124

Gráficos

Capítulo 4

Gráfico 4.1 – Emissões de CO ₂ na Cidade do Rio de Janeiro	53
Gráfico 4.2 – Queda no Número de Usuário do Transporte Ferroviário no Grande Rio	55

Capítulo 6

Gráfico 6.1 – Temperatura média anual	92
Gráfico 6.2 – Temperatura média da década por dia da semana	93
Gráfico 6.3 – Temperatura média anual por dia da semana	93
Gráfico 6.4 – Temperatura média de 1994 por dia da semana	94
Gráfico 6.5 – Temperatura média de 2000 por dia da semana	94
Gráfico 6.6 – Temperatura média por dia da semana de 2002 (Estações Qualidade do Ar)	95
Gráfico 6.7 – Temperatura média das máximas por dia da semana de 2002 (Estações de Qualidade do Ar)	96
Gráfico 6.8 – Média da temperatura e concentração de CO em S. Cristóvão	97
Gráfico 6.9 – Média da temperatura e concentração de CO na Tijuca	98
Gráfico 6.10 – Média da temperatura e concentração de CO no Centro	98
Gráfico 6.11 – Temperatura do Ar Experimento 18 a 21/07/2006	122
Gráfico 6.12 – Temperatura do Ar no dia 19/07/2006	125
Gráfico 6.13 – Temperatura do Ar nas Horas Próximas ao Jogo do dia 19/07/2006	126
Gráfico 6.14 – Temperatura do ar no ponto 1	127
Gráfico 6.15 – Temperatura do ar no ponto 7	127

Quadros

Capítulo 3

Quadro 3.1 – População residente na AP2	29
Quadro 3.2 – Densidade Populacional na Cidade do Rio de Janeiro	30

Capítulo 4

Quadro 4.1 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima	47
Quadro 4.2 – Tipos de atividades e sua produção de energia	51
Quadro 4.3 – Evolução da Frota de Veículos no Brasil	54
Quadro 4.4 – Relação entre número de veículos, poluição e temperatura	54
Quadro 4.5 – Frota de veículos no Brasil por ano de fabricação	56

Capítulo 5

Quadro 5.1 – Classificação das Intensidades das Ilhas de Calor	71
Quadro 5.2 – Níveis de desconforto	72

Capítulo 6

Quadro 6.1 – Síntese das Intensidades das Ilhas de Calor	118
--	-----

Introdução

Os processos de urbanização e de industrialização são indicadores do alcance de progresso e desenvolvimento, no entanto eles têm se mostrado causadores de problemas como a deterioração do meio urbano e da qualidade de vida.

A partir do século XIX, as atividades humanas passaram a ter força dominante na mudança de composição da atmosfera em função da atividade industrial, que aumentou cerca de vinte vezes no século XX. A expansão da atividade industrial teve como conseqüências a explosão populacional nas áreas urbanas e o rápido aumento da utilização dos recursos com grande impacto no meio ambiente (Brandão, 1992).

Ao longo de cinco milênios de organização urbana na face da Terra, nunca foram assumidas as proporções de expressão espacial e dinâmica funcional que caracterizam a organização urbana a partir dos meados do século XX. Seja pela implosão demográfica ou ainda pela explosão de atividades, “os espaços urbanos passaram a assumir responsabilidades do impacto máximo da atuação humana sobre a organização na superfície terrestre e na deterioração do ambiente”. (Monteiro, 1976:54)

Atualmente, mais de 80% da população brasileira vivendo em cidades, a degradação dos ambientes urbanos, a queda da qualidade da atmosfera citadina e as mazelas, destes advindas, atingem o máximo de sua intensidade.(Censo Demográfico, 2000)

A atividade humana produz, quase sempre, “inadequada artificialização, alterando o ambiente local e criando uma vulnerabilidade maior em relação aos eventos do sistema natural que, na maioria das vezes, não são de grande magnitude” (Gonçalves, 2003:70).

A qualidade da vida humana está diretamente relacionada à interferência da obra do homem no meio natural urbano. O homem urbano defronta-se com a impessoalidade da grande aglomeração e com a má qualidade do meio ambiente, geradas pela rápida transição da vida urbana metropolitana (Lombardo, 1985).

Nesse sentido as áreas urbanas e, principalmente, as metropolitanas são as mais afetadas. Não só por corresponderem aos segmentos da superfície terrestre que foram mais intensamente transformados, mas também por concentrarem milhares de pessoas em pequenos espaços. O aumento da densidade populacional nas grandes cidades contribui, também, para alterações no clima local.

Imagina-se, naturalmente, que a magnitude do fluxo de radiação solar é infinitamente maior do que a capacidade de intervenção humana sobre o planeta. Entretanto os moradores das metrópoles são submetidos a determinadas situações, como por exemplo, as aglomerações verificadas nos transportes de massa nos horários de rush, onde a densidade de pessoas por

metro quadrado é tão grande que o efeito da energia dissipada pelos corpos naquele pequeno espaço pode ser comparável à magnitude da radiação solar sobre a Terra. (Azevedo, 2001)

A metrópole carioca constitui um bom exemplo da degradação ambiental em grandes cidades da periferia capitalista. Privilegiada como poucas outras grandes cidades do planeta no que toca às amenidades naturais e à estética da paisagem, a cidade “Maravilhosa” tem sofrido intensas modificações em seu espaço ao longo de sua história. (Souza, 2000).

Na cidade do Rio de Janeiro as práticas adotadas para conquistar espaço para o crescimento da cidade, sobretudo ao longo dos séculos XIX e XX, impuseram profundas mudanças em sua configuração espaço-climática. As áreas de baixada, estranguladas entre maciços litorâneos e morros isolados, cercadas por pântanos, encontram-se hoje intensamente ocupadas e alteradas em quase toda sua extensão. Nessas áreas, os microclimas podem se tornar ainda mais diversificados em consequência da grande concentração de pessoas e de atividades.

Nas grandes cidades e áreas metropolitanas testemunha-se um crescimento que apresenta deficiências crônicas: crescem em proporção inversa a capacidade administrativa de planejá-las e dotá-las de infra-estrutura. As grandes cidades são a materialização de um desenvolvimento insustentável que não é compatível com a preservação do meio ambiente.

Considerando a problemática da cidade do Rio de Janeiro, suas características ambientais e, considerando os padrões de uso do solo e dinamismo das atividades condicionadas aos padrões atmosféricos regionais atuantes, o presente estudo busca identificar a influência destes fatores, principalmente, a energia liberada pelas atividades humanas capaz de refletir um ritmo semanal do clima.

Estudos anteriores constataram que o excesso de construções, a inexistência de superfícies permeáveis, o intenso fluxo de veículos, a canalização e poluição dos rios induzem à formação de ilhas de calor, de moderada a até forte intensidade, que incidem diretamente no conforto térmico dos habitantes de vários bairros da cidade do Rio de Janeiro, entre eles o Maracanã (Brandão, 1996, 2001).

O segundo capítulo contém os objetivos gerais e específicos que nortearam o desenvolvimento deste trabalho sobre o clima urbano de um bairro da cidade do Rio de Janeiro.

No terceiro capítulo encontra-se a descrição da localização da área de estudo com a caracterização dos elementos naturais e também dos socialmente construídos que integram o bairro Maracanã. Para compreender o atual arranjo espacial desta área da cidade, fez-se um resgate histórico das modificações ocorridas na paisagem, decorrentes da expansão da cidade

do Rio de Janeiro. Este acompanhamento permitiu a identificação de características peculiares do bairro Maracanã, objeto de questionamentos que motivaram o presente estudo.

Buscando responder os questionamentos suscitados, no quarto capítulo está a releitura de obras clássicas do clima urbano, principalmente, os trabalhos de Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, criador da Teoria do Sistema Clima Urbano, base da fundamentação teórica na qual apóia-se esta pesquisa. Na revisão bibliográfica foram consultados trabalhos de diversos autores nacionais e internacionais que contribuíram para o desenvolvimento do estudo geográfico do clima.

O capítulo 5 apresenta, em tópicos, a metodologia utilizada. Desde o material consultado e utilizado nas diferentes etapas da pesquisa, a preparação da equipe para a coleta dos dados, a escolha dos pontos de monitoramento e sua caracterização, e o trabalho de campo propriamente dito.

Gráficos, mapas e tabelas foram elaborados a partir dos dados das estações do Maracanã, assim como das estações de alguns bairros próximo, além dos registros obtidos nas pesquisas de campo que são apresentados no capítulo 6. Na discussão dos resultados dividiu-se a análise dos dados das estações e das diferentes situações sinóticas em subcapítulos.

No capítulo 7, as considerações finais apresentam uma discussão à cerca dos objetivos alcançados, da confirmação, ou não, das hipóteses, encerrando mais esta etapa da pesquisa no bairro Maracanã.

2 - Objetivos

2.1 - Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral aprofundar a análise do clima urbano no bairro Maracanã, localizado entre o Maciço da Tijuca e a Baía de Guanabara, verticalizando-o no contexto do clima urbano local da cidade do Rio de Janeiro.

Ao adentrar a cidade para detectar as particularidades climatológicas dentro de cada bairro, é possível identificar, mais detalhadamente, os diferentes espaços intra-bairro, os elementos causadores dessa diferenciação e a resultante climática nessa escala.

Essa metodologia, desenvolvida com pioneirismo pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental – CLIMAGEO/UFRJ, por sua coordenadora Prof^a Dr^a Ana Maria de Paiva Macedo Brandão, para a cidade do Rio de Janeiro, nos permite fazer uma abordagem diferenciada sobre a configuração das ilhas de calor, complementando a análise dos dados fornecidos pelas estações climatológicas padrão com aqueles obtidos através do monitoramento de campo.

2.2 - Objetivos Específicos

O objetivo geral se desdobra em outros mais específicos, dentre eles:

- Analisar os dados térmicos da estação climatológica localizada no bairro Maracanã, a fim de identificar a presença de um ritmo semanal do clima no bairro e se este revela o efeito das atividades antrópicas.
- Mapear o campo térmico a partir dos dados coletados no campo, em diferentes ambientes do bairro, visando identificar o fenômeno “Ilha de Calor”, suas configurações e magnitudes dentro deste bairro, nas diferentes estações do ano.
- Associar os resultados à situação sinótica dominante, ao uso do solo, aos diversos elementos geoambientais e geourbanos presentes nas paisagens do bairro Maracanã que seriam capazes de influenciar na configuração do campo térmico e na intensidade das ilhas de calor.
- Avaliar o efeito da aglomeração de veículos e pessoas na configuração das ilhas de calor e no ritmo semanal da temperatura do bairro.
- Contribuir com alternativas que possibilitem a atuação do poder público local no sentido de aplicar medidas para minimizar os efeitos negativos da ilha de calor no desconforto térmico de seus cidadãos, em cidades de clima tropical quente e úmido, como a cidade do Rio de Janeiro.

3 - Área de Estudo

3.1 - Localização e Características Ambientais

A cidade do Rio de Janeiro está situada a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste, no município do mesmo nome: é a capital do Estado do Rio de Janeiro, o qual faz parte da Região Sudeste do Brasil. O município do Rio de Janeiro, limita-se, ao norte, com os municípios Itaguaí, Seropédica, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu, São João de Meriti e Duque de Caxias. É banhado pelo oceano Atlântico ao sul, pela Baía de Guanabara a leste e pela Baía de Sepetiba a oeste. Suas divisas marítimas são mais extensas que as terrestres. (Figura 3.1)



Figura 3.1 – A localização do bairro Maracanã

O relevo da cidade é constituído de dois domínios fisiográficos: as montanhas que são formadas por rochas cristalinas e metamórficas; e as baixadas, onde predominam as rochas sedimentares. A área montanhosa engloba os maciços litorâneos, as serras, os morros isolados e as ilhas oceânicas; enquanto que a área de baixada corresponde a 75% de seu território.

O bairro Maracanã está localizado na Baixada de Inhaúma, a qual pertence à Baixada da Guanabara, que está situada na vertente norte do maciço da Tijuca e ocupa a porção oriental da cidade do Rio de Janeiro. A Baixada da Guanabara constitui-se de formas

colinosas modeladas em rochas cristalinas que já estão bem alteradas e de planícies aluviais quaternárias.

O Maciço da Tijuca ocupa uma área de 195 km² e apresenta uma orientação que é paralela à linha de costa, dividindo a cidade em duas zonas distintas no que diz respeito aos índices pluviométricos: a zona sul - com maior umidade e temperaturas amenas, e a zona norte – menos úmida e mais quente. O bairro Maracanã está bem próximo à vertente norte deste maciço, área pertencente à região da Grande Tijuca, Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro. (Figura 3.2)

Figura 3.2 – Posição do bairro em relação ao Maciço da Tijuca



Fonte: www.rio.rj.gov.br/ipp

O clima da cidade, devido a sua posição, sofre interferência de diversos sistemas atmosféricos. O Anticiclone Tropical Atlântico, associado às faixas de alta pressão, acarreta em tempo bom com ausência de chuvas, além de grande elevação nas temperaturas durante o verão.

Já o Anticiclone Polar Atlântico é responsável pelo avanço de sistemas frontais que conseguem atingir o Rio de Janeiro, de forma mais freqüente e intensa no inverno, resultando em tempo chuvoso nos primeiros dias e na diminuição das temperaturas. A chegada destes sistemas frontais geralmente é acompanhada por ventos fortes, devido ao contraste térmico entre o Anticiclone Polar e os outros sistemas intertropicais.

A posição do bairro a sotavento do maciço da Tijuca, onde predominam as situações de calmaria, favorece ao aumento dos valores térmicos e à intensificação nas situações de desconforto. Essas sensações são agravadas pela ocorrência dos ventos catabáticos quentes à sotavento do maciço. Por esses motivos a qualidade do ar é, também, freqüentemente afetada

revelando-se inadequada à saúde da população, principalmente, nos meses de inverno quando é maior a existência de situações meteorológicas de inversão térmica. (Brandão, 1996).

3.2 - O Crescimento Urbano e a Densidade Populacional

A cidade do Rio de Janeiro com 1.182 km², representa proporcionalmente 0,01% da área do território nacional. Mas, em contrapartida, sua população de 6.094.183 habitantes, corresponde aproximadamente a 3,39% da população brasileira. Assim, a densidade populacional desta cidade atinge 5.156 hab/km². Na realidade o valor da densidade populacional na cidade do Rio de Janeiro é muito superior a este, pois as áreas de baixada correspondem a 75% de seu território e, para cálculos desta natureza, deveriam ser descontadas as áreas ocupadas pelos maciços da Tijuca (1), Pedra Branca (2) e Gericinó (3), que em grande parte, não são ocupados. (Figura 3.3)

Figura 3.3 – Área ocupada pelos maciços na Cidade do Rio de Janeiro



Fonte: www.rio.rj.gov.br/ipp

O bairro Maracanã é um exemplo da grande densidade populacional na Cidade do Rio de Janeiro. Com uma área territorial de 1,67 km² e com uma população residente de 27.319 habitantes (Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro – 1998), sua densidade demográfica é considerada moderada, de acordo com a classificação adotada por Brandão (1996), com 16.358 habitantes por km². (Figura 3.4)

Esta grande concentração populacional traz dificuldades para a gestão do espaço urbano, sobretudo porque o senso comum tem construído alguns pressupostos gerais sobre este tema. Acredita-se, por exemplo, que os seres humanos ao se concentrarem num determinado espaço físico aceleram inexoravelmente os processos de degradação ambiental.

Assim a degradação ambiental cresce na proporção em que a concentração populacional aumenta (Coelho, 2001).

Figura 3.4 – A densidade de construções no bairro Maracanã

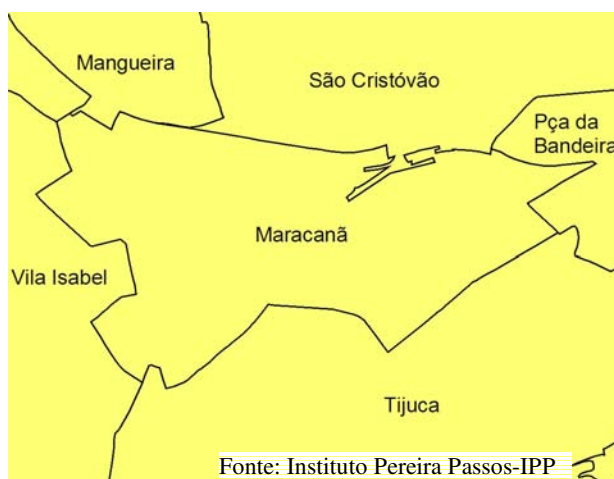


Fonte: Instituto Pereira Passos-IPP

Para a compreensão do processo de urbanização cabe suscitar que a qualidade ambiental de nossas cidades está intimamente ligada às componentes climáticas, sobretudo à ação antropogênica na geração dos inconvenientes climato-ambientais. (Monteiro, 1990).

O bairro Maracanã situado no reverso do maciço da Tijuca, zona norte do Rio de Janeiro, faz limite com os bairros: São Cristóvão, Praça da Bandeira, Tijuca, Vila Isabel, São Francisco Xavier e Mangueira, como mostra a figura 3.5. A Avenida Radial Oeste, principal via para quem vai ao Centro a partir da Zona Norte, atravessa todo o bairro e é rota obrigatória para moradores que se deslocam dos bairros vizinhos em direção ao centro da cidade.

Figura 3.5 –O bairro Maracanã e seus limites



Fonte: Instituto Pereira Passos-IPP

Embora com função basicamente residencial o bairro Maracanã oferece vários serviços públicos e infra-estrutura de entretenimento, destacando-se o Hospital Pedro Ernesto, a Universidade do Estado do Rio de Janeiro, as Escolas Técnicas CEFET e CEFETEQ, e o famoso Complexo do Maracanã. Todas estas características ajudam a compor um uso do solo bastante diversificado que atrai um expressivo contingente de população flutuante, inclusive nos finais de semana para este bairro e, aumentando demasiadamente a densidade populacional do Maracanã, justificando o interesse para pesquisas desta natureza.

3.3 – Histórico

O histórico do bairro Maracanã foi escrito com base em duas bibliografias: Abreu (1997) que disserta sobre a evolução urbana da cidade do Rio de Janeiro, e, Gerson (2000) que trata da história das ruas do Rio de Janeiro e de sua liderança na política do Brasil.

Até o governo do Marques de Pombal, na metade do século XVIII, as terras cariocas que iam do Rio Comprido à tapera de Inhaúma pertenciam a Sociedade de Jesus. Nelas além de outras benfeitorias, montaram eles dois grandes engenhos de açúcar, o primeiro o Engenho Velho e o segundo, mais ao norte, o Engenho Novo.

Já no final da primeira metade do século XIX, o Rio de Janeiro apresentava, então, uma forma diferente daquela que tinha prevalecido até o século XVIII. Beneficiada pelas ações do poder público, que abria e conservava as estradas e caminhos que demandavam aos arredores da cidade, as classes de renda mais alta, as únicas com poder de mobilidade, puderam se deslocar do antigo e congestionado centro urbano em direção às freguesias da Glória, Lagoa e Engenho Velho.

Divididas as terras dos padres, quase dois séculos depois de dissolvida a Sociedade de Portugal, um bairro de chácaras nascera ao redor da Igreja, o Engenho Velho, que começava a sofrer o processo de retalhamento das antigas fazendas e sítios aí existentes. Essa área é descrita como uma freguesia constituída de casas de recreio de campo, com inúmeras fazendolas e sítios, ou seja, uma área afastada da cidade.

Nesse bairro, onde as ruas outrora eram simples caminhos através dos latifúndios canavieiros, agora as mesmas se encontravam repletas de jardins, onde moravam pessoas ilustres e muito ricas. Num de seus solares mandou D. Pedro hospedar sir Charles Stuart, embaixador da Majestade britânica, vindo ao Brasil para reconhecer, finalmente, a independência do Brasil.

Nessa época, na metade do século XIX, existiam numerosos solares no Engenho Velho que ainda não haviam adquirido função residencial urbana, apesar de já serem servidos pelos ônibus de tração animal desde 1838.

O período que se estende de 1870 a 1902 representa para a história do Rio de Janeiro não só a primeira fase da expansão acelerada da malha urbana, como também a etapa inicial de um processo em que esta expansão passa a ser determinada, principalmente, pelas necessidades de reprodução de certas unidades do capital, tanto nacional quanto estrangeiro.

Esse período começa, na realidade, em 1858, com a inauguração do primeiro trecho da Estrada de Ferro Dom Pedro II (atual Central do Brasil) que permitiu, a partir de 1861, a ocupação acelerada das freguesias suburbanas por ela atravessadas. A partir de 1868, com a implantação das primeiras linhas de bondes de burro, outro meio de transporte veio facilitar a expansão da cidade, neste caso, em direção aos bairros da zona sul e norte.

Controlados em grande parte pelo capital estrangeiro, trens e bondes tiveram um papel indutor diferente no que toca a expansão física da cidade. Os primeiros passaram a servir áreas ainda fracamente integradas à cidade, que se abriram então àqueles que podiam se dar ao luxo de morar fora da área central mas, não podiam arcar com os custos, já elevados, dos terrenos da Glória, Botafogo ou Tijuca; já os bondes permitiam o êxodo cada vez maior dos que podiam arcar com esse ônus, mas mantinham-se no centro por falta de meio de transporte rápido e regular.

O sucesso da Companhia do Jardim Botânico logo levou a criação de empresas similares, que obtiveram concessões para atuar em outras partes da cidade. Foi assim que em 1872, o governo concedia permissão a João Baptista Vianna de Drummond (Barão de Drummond) para estabelecer uma “linha de trilhos urbanos entre a cidade e o Andarahy Grande (Andaraí, Vila Isabel, Grajaú e Maracanã), São Francisco Xavier e o Engenho Novo”. Nascia assim a Companhia de Ferro-Carril Vila Isabel.

Bons prédios de apurado gosto foram construídos, desde 1870, nas ruas servidas pelos bondes das Companhias de São Cristóvão e de Vila Isabel, dando novo aspecto à freguesia que antes só possuía casas de recreio e campo nas terras das fazendas e sítios em que foram abertos os logradouros públicos. A *Belle Époque* nessa área da cidade foi vivida intensamente e, ao aproximar-se dos anos 1900, nos terrenos da Sociedade Hipódromo Nacional surgiu o Turf Club para fazer companhia ao Jockey e ao Derby.

Nos anos 1950, na Avenida Maracanã, nos terrenos do antigo Derby Club (figura 3.6), foi construído o Estádio Municipal Mário Filho. Essa avenida foi o resultado da retificação do Rio Maracanã (ou Papagaio para os índios). Projetada ainda por Pereira Passos essa obra

visava também a solução dos problemas das enchentes da região ao norte do Mangue (atual Praça da Bandeira). Já o Rio Joana que corre paralelamente ao Rio Maracanã foi retificado logo após as fabulosas chuvas de 1811, como solução para essas inundações.



Figura 3.6 – O Derby Club que localizava-se onde hoje está o Estádio Mário Filho

Continuando o seu programa de melhoramentos da capital, Pereira Passos determinou o uso do calçamento asfáltico em várias ruas do Centro, Catete, Glória, Laranjeiras e Botafogo, fato que assumiu importância por ser esta a primeira vez que esse tipo de calçamento era utilizado no Brasil. O Engenho Velho teve, por sua vez, várias de suas ruas calçadas com macadame betuminoso enquanto que pouco ou nada se fez nas áreas suburbanas.

Alguns anos depois, O Plano Agache constituiu o exemplo mais importante da tentativa de classes dominantes da República Velha controlar o desenvolvimento da forma urbana carioca por demais contraditória. Segundo este plano as áreas residenciais dos bairros oceânicos da zona sul seriam destinadas às classes abastadas, especialmente, Ipanema, Leblon e Gávea. Já os bairros mais antigos da zona sul (Catete, Laranjeiras, Flamengo e Botafogo) deveriam abrigar - juntamente com Andaraí, Vila Isabel, Tijuca, Aldeia Campista e Rio Comprido – as residências burguesas de classe média, restando São Cristóvão e os subúrbios para a população operária.

Preservada da especulação imobiliária que afetava a zona sul, a zona norte foi também pouco transformada nessa época. Mantendo inclusive a sua parcela de uso industrial já que, ao contrário do que acontecia na zona sul, as fábricas aí localizadas não sofreram tais pressões.

Após a incorporação do bairro a área urbana da cidade e, como consequência, a realização de uma série de construções, a partir do início do século XX, como o Estádio

Mário Filho, a feição do bairro Maracanã foi bastante transformada. A transferência da favela do Esqueleto para construção da Universidade do Estado da Guanabara (hoje Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ) e mais recentemente, a Estação Maracanã, da Linha 2 do Metrô, fortaleceram o bairro, sobretudo no âmbito sócio-cultural. (Figura 3.7)



Figura 3.7 – O bairro Maracanã no início do século XXI

No entanto o adensamento populacional atingido em alguns bairros nas décadas de 1970, 1980 e 1990, principalmente na Área de Planejamento 2 (AP2), zona sul e parte da zona norte, fizeram com que houvesse um considerável deslocamento de um grande número de moradores para uma nova área que começava a despontar na zona oeste da cidade, a Barra da Tijuca.

Um novo desenvolvimento urbanístico que se iniciava já na década de 1970, na Barra da Tijuca, baseado em pistas de alta velocidade margeadas por condomínios luxuosos, atraía uma população abastada que inicialmente estava nos bairros da zona sul, o que justifica o nome de um, entre os primeiros condomínios – o Novo Leblon. A continuidade em investimentos imobiliários na Barra passou a atrair a população de alguns bairros da zona norte com maior poder aquisitivo. Estes movimentos de saída justificam a perda de população sofrida por estes bairros da AP2. No quadro 3.1 verifica-se a grande queda no número de habitantes nas regiões administrativas IV Botafogo e V Copacabana já na década de 1980, na década de 1990 VI Lagoa e VIII Tijuca e, mais recentemente, XIX Vila Isabel.

A expansão imobiliária para áreas da cidade do Rio de Janeiro com menor densidade populacional fez com que alguns bairros alcançassem um incremento de 141% em habitantes na década de 1990, como é o caso da Barra da Tijuca. (Cardoso, 1996)

Quadro 3.1 – População residente na AP2

População Residente na Área de Planejamento 2 (AP2), por Região Administrativa (RA) - 1970, 1980, 1991 e 2000

	1970	1980	1991	2000
AP 2	1.021.165	1.130.135	1.034.612	997.478
IV Botafogo	256.250	295.261	251.668	238.895
V Copacabana	239.256	213.809	169.680	161.178
VI Lagoa	175.586	239.263	177.072	174.062
VII Tijuca	182.038	198.537	194.483	180.992
XIX Vila Isabel	168.035	183.265	198.817	186.013
XXVII Rocinha	-	-	42.892	56.338

Fonte: IBGE - Censo Demográfico 2000

A Zona Oeste, principalmente, os bairros integrantes das regiões administrativas da Área de Planejamento 4, são aqueles que mais tem recebido investimento imobiliário e, por consequência, atraído um maior número de população mas, ainda assim, é a área de planejamento da cidade com menor densidade populacional (Quadro 3.2).

Densidade Populacional das Áreas de Planejamento (AP) e Regiões Administrativas (RA) do município do Rio de Janeiro - 2000

A.P.	R.A.	Área (ha)	Habitantes	Densidade (hab/ha)
AP 1	I Portuária	839,99	39 973	47,59
	II Centro	566,48	39 135	69,08
	III Rio Comprido	579,74	73 661	127,06
	VII São Cristóvão	664,00	70 945	106,84
	XXI Paqueta	119,36	3 421	28,66
	XXIII Santa Teresa	515,72	41 145	79,78
	Total AP1	3285,28	268 280	81,66
AP 2	IV Botafogo	1501,47	238 895	159,11
	V Copacabana	495,58	161 178	325,23
	VI Lagoa	2246,55	174 062	77,48
	XXVII Rocinha	143,71	56 338	392,01
	VIII Tijuca	4228,11	180 992	42,81
	IX Vila Isabel	1288,49	186 013	144,37
	Total AP2	9903,93	997 478	100,72
AP 3	XII Inhaúma	1088,17	130 635	120,05
	XIII Méier	2940,99	398 486	135,49
	XXVIII Jacarezinho	94,39	36 459	386,25
	XXIX Complexo do Alemão	296,07	65 026	219,63
	X Ramos	1130,16	150 403	133,08
	XI Penha	1395,69	183 194	131,26
	XXXI Vigário Geral	1141,12	135 311	118,58
	XX Ilha do Governador	4080,72	211 469	51,82
	XXX Maré	426,87	113 807	266,61
	XIV Irajá	1504,49	202 967	134,91
	XV Madureira	3018,14	374 157	123,97
	XXII Anchieta	1418,85	154 608	108,97
	XXV Pavuna	1748,46	197 068	112,71
	Total AP3	20284,11	2 353 590	116,03
AP 4	XVI Jacarepaguá	12660,57	469 682	37,10
	XXXIV Cidade de Deus	120,58	38 016	315,28
	XXIV Barra da Tijuca	16558,75	174 353	10,53
	Total AP4	29339,90	682 051	23,25
AP 5	XXXIII Realengo	5454,90	239 146	43,84
	XVII Bangu	6780,88	420 503	62,01
	XVIII Campo Grande	15343,57	484 362	31,57
	XIX Santa Cruz	16404,74	311 289	18,98
	XXVI Guaratiba	15247,50	101 205	6,64
	Total AP5	59231,60	1 556 505	26,28

Fonte: População: IBGE - Censo Demográfico 2000

Quadro 3.2 – Densidade Populacional na Cidade do Rio de Janeiro

3.4 - Questões a Serem Pesquisadas

O bairro Maracanã apresenta uma característica bastante peculiar, pois apesar de sua pequena área territorial (1,67 km²) é bem servido por instituições de educação. Além das maiores como UERJ, CEFET e CEFETEQ, há inúmeras escolas das redes estadual, municipal e privada, SENAI e universidade particular. No Maracanã também se localiza o Estádio Mário Filho que tem capacidade para mais de 160 mil pessoas, mais de seis vezes a população total do bairro.

Esses serviços encontram-se concentrados em dois pontos do bairro, apresentando maior aglomeração de pessoas em duas áreas específicas. Numa das extremidades do bairro, porção oeste, localizam-se a UERJ e o Hospital Pedro Ernesto, bem próximos um do outro e, entre eles, concentraram-se muitos estabelecimentos como bares e restaurantes, além de uma infra-estrutura para transportes como os pontos de embarque/desembarque de diversas linhas de ônibus.

Na outra extremidade, porção leste, localizam-se as Escolas Técnicas Federais (CEFET e CEFETEQ), a Faculdade de Engenharia do CEFET, o Instituto de Educação, além de outras instituições de educação privada, dentre elas a Universidade Veiga de Almeida. Próximo a estas instituições também existe uma boa infra-estrutura de transporte, paradas de ônibus e estações de trem e metrô, como também uma boa diversificação do comércio concentrado na Rua Mariz e Barros.

Quais os possíveis efeitos desta característica no clima local, especialmente, no comportamento da temperatura e na configuração de ilhas de calor?

Considerando que o fluxo de veículos e de pessoas no bairro é mais intenso durante os dias úteis, há uma diferenciação da temperatura nos diferentes dias da semana?

Uma grande aglomeração de pessoas reunidas num mesmo espaço, como é o caso do estádio Maracanã com um grande público, é capaz de promover uma alteração considerável na temperatura, ainda que na escala local? Se positivo, o efeito poderá ser percebido no entorno próximo?

4. Fundamentação Teórica

4.1 - Principais Alterações Provocadas pelas Cidades

O grande fluxo migratório aos centros urbanos assume uma velocidade tal que a capacidade de planejamento da administração não consegue acompanhar. “A explosão populacional e, principalmente, a industrialização e o rápido aumento de utilização dos recursos têm exercido grande impacto na atmosfera e no meio ambiente” (Brandão, 1992:143).

As modificações produzidas pela urbanização, em virtude do crescimento populacional, constituem uma forma muito diferente dos ecossistemas originais. A cidade modifica o clima através de alterações em superfície produzindo um aumento de calor, complementado por modificações na ventilação, na umidade e até nas precipitações.

Na figura 4.1 percebe-se que quanto mais próximas estiverem as edificações, menor será a circulação dos ventos e, conseqüentemente, dificultará a renovação do ar entre elas. Os corredores de edificações, ou *canyons* urbanos, dificultam a dispersão dos poluentes que passam a se acumular nas camadas mais baixas da atmosfera trazendo prejuízos à saúde dos usuários desses espaços.

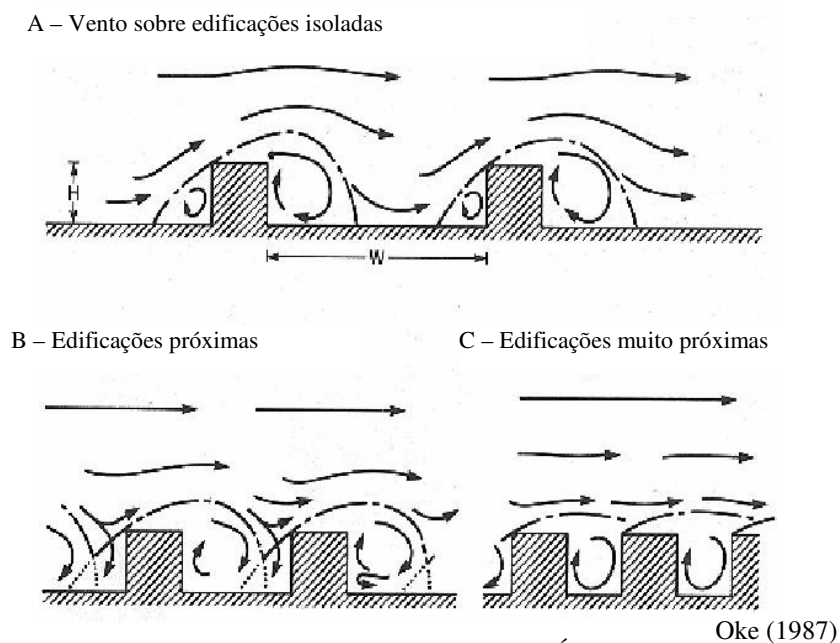


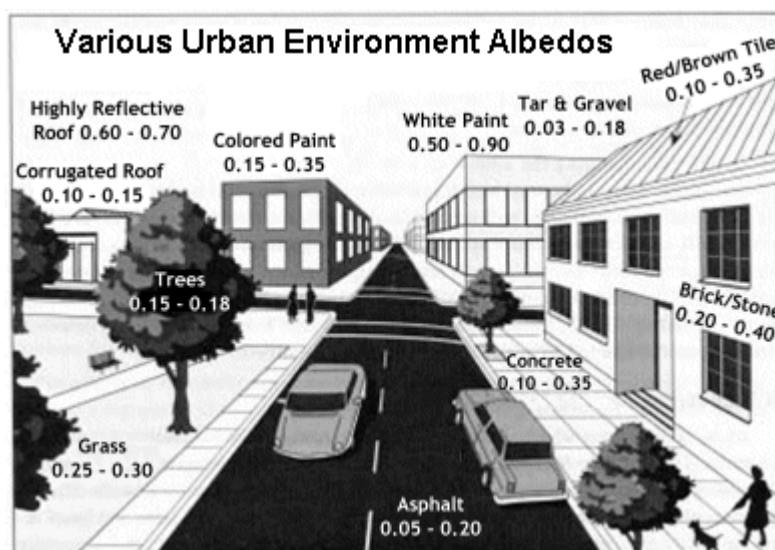
Figura 4.1 – A Circulação dos Ventos em Áreas Urbanas

É um novo meio que foi adaptado às necessidades e interesses do homem moderno, que apresenta novas características como:

- Substituição da superfície natural por edifícios que formam um conjunto denso e compacto de construções que alteram o movimento do ar na superfície. Essa alteração

diz respeito à queda na velocidade do vento ao mesmo tempo em que aumenta a turbulência.

- Substituição da superfície natural por uma nova rede de drenagem com impermeabilização do solo, proporcionando um escoamento rápido das águas pluviais, reduzindo a evaporação e a umidade na superfície e no ar.
- Modificação no balanço de energia como consequência do calor gerado pelas atividades humanas na cidade. Desse modo o calor antropogênico ajudaria na modificação da temperatura do ar em relação aos arredores das cidades.
- Proporção elevada de partículas de substâncias geradas pelos processos de queima de combustíveis fósseis, o que incrementa a turbidez atmosférica. Dessa forma há uma redução da visibilidade e da radiação solar.
- Menor albedo e maior condutividade térmica dos materiais utilizados nas construções se comparados ao solo natural (Figura 4.2). Assim há uma modificação no balanço da radiação urbana que influi na temperatura do ar.



Fonte: www.ghcc.msfc.nasa.gov

Figura 4.2 – O coeficiente de reflexão dos elementos presentes na cidade

Os aglomerados de edificações criam uma espécie de cúpula climática, dentro da qual se define o que se convencionou por clima urbano, cujas características dependem do desenho, densidade e função das construções, das características dos materiais utilizados nas construções e da própria configuração da cidade e das atividades que nela se desenvolvem (Brandão, 2001).

A existência de uma cúpula climática, constituída pela diferenciação entre as atmosferas urbana e rural adjacente, foi verificada por Oke (1987) que propôs uma

estratificação da atmosfera urbana em duas camadas: *Urban Boundary Layer* e *Urban Canopy Layer* (Figura 4.3).

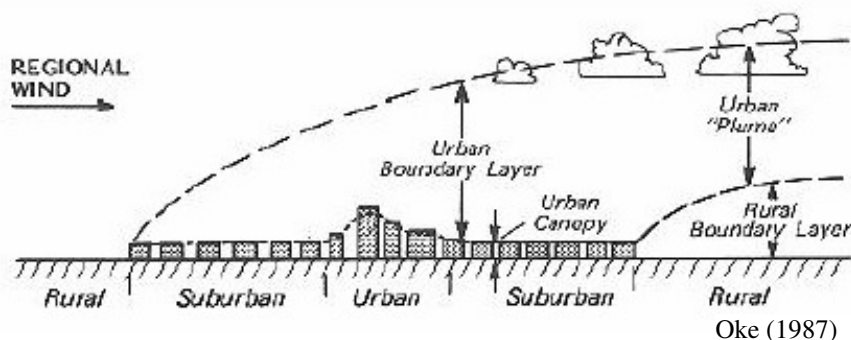


Figura 4.3 – Estratificação da Atmosfera Urbana

A *Urban Boundary Layer* (Camada Limite da Influência Urbana) estende-se acima do nível dos telhados com características produzidas pela rugosidade da superfície urbana; já a *Urban Canopy Layer* (Camada Intra-Urbana) é a estratificação abaixo do nível dos telhados com características dos processos produzidos na microescala, onde há uma multiplicidade de fatores atuantes.

Na *Urban Canopy Layer* temos a presença de atividade industrial; uma infinidade de veículos automotores e, por consequência, um trânsito intenso; uma grande concentração de equipamentos e pessoas; novas formas topográficas; áreas que sofreram a retirada da cobertura vegetal; impermeabilização do solo. Tais fatores produzem calor artificial e provocam uma perturbação significativa no balanço energético, intensificando os efeitos das ilhas de calor.

Assim, pode-se dizer que a *Urban Boundary Layer* apresenta um perfil vertical térmico diferente das áreas rurais adjacentes devido, principalmente, ao fluxo de calor sensível liberado pela *Urban Canopy Layer*. Ou seja, as alterações climáticas provocadas pela urbanização não se restringem ao nível local apenas, mas também são exportadas para o ambiente circundante.

4.1.1 - Características e Consequências da Ilha de Calor

De todas as modificações climáticas provocadas pela urbanização a mais evidente, e mais estudada até agora, é o fenômeno ilha de calor. Este fenômeno consiste no maior aquecimento sofrido pelas grandes cidades, que tem como consequência o registro de maiores temperaturas quando comparadas ao meio rural. Segundo Garcia (1999), as “Ilhas de Calor” se formam devido:

- Ao maior armazenamento de calor durante o dia nas cidades devido às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais utilizados nas construções urbanas, que é devolvido a atmosfera durante a noite.
- A produção de calor através da combustão obtida em atividades desenvolvidas pelo homem nas áreas urbanas e industriais.
- A diminuição da evaporação como consequência da substituição da superfície natural por uma pavimentação além da eficácia da drenagem urbana que facilita o rápido escoamento das águas, impedindo que sejam armazenadas no solo.
- A menor perda de calor sensível devido à redução da velocidade dos ventos ocasionada pela presença dos edifícios, seja pela altura ou ausência de afastamentos.
- Ao aumento da absorção da radiação solar devido a concentração e disposição dos edifícios e ruas que contribuem a um albedo relativamente baixo. A radiação solar incidente sofre múltiplas reflexões nas fachadas, telhados e no solo, ficando retida nos *canyons*.
- A diminuição da perda de calor por irradiação durante a noite. Isso devido a disposição e concentração de edificações que reduzem a visão do céu, dando uma menor superfície livre.
- Ao aumento da radiação de onda larga que é absorvida e emitida ao solo devido a contaminação da atmosfera urbana.

As áreas urbanas que apresentam temperaturas mais elevadas coincidem com os locais onde há maior densidade de edifícios com verticalizações mais significativas, que são responsáveis pela conservação de energia e armazenamento de calor. Na figura 4.4 observa-se o reflexo do aumento da densidade e da verticalização das construções na temperatura do ar, na medida em que se afasta da área rural, passando pela periferia em direção ao grande centro.

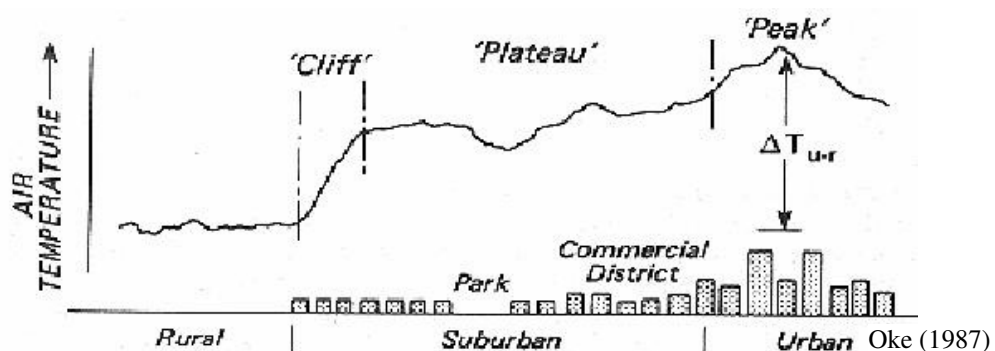


Figura 4.4 – O comportamento da temperatura do ar em diferentes áreas construídas

São três os aspectos que caracterizam o fenômeno ilha de calor: intensidade – diferença entre os pontos mais e menos quentes, configuração e localização espacial - o ponto onde revela a temperatura mais elevada. No entanto essas características podem variar e serem totalmente distintas de acordo com o momento do dia, a época do ano estudada, o estado do tempo, a localização da cidade, inclusive a sua topografia e as características urbanas de cada cidade.

A intensidade varia de acordo com a hora do dia e a estação do ano, assim como varia de acordo com alguns fatores de origem meteorológica como a situação sinótica atuante, a velocidade dos ventos e a nebulosidade, ou varia também de acordo com fatores urbanos como a população ou o tamanho e forma das cidades. Entre os fatores urbanos que condicionam a intensidade do fenômeno, o tamanho das cidades é o mais importante.

Já a forma e configuração de uma ilha de calor, dependem, em grande parte, das características morfológicas dos centros urbanos, particular em cada cidade. Uma forma típica mostraria a distribuição mais ou menos concêntrica das isotermas, com o máximo da temperatura no centro. No entanto o modelo de ilha de calor detectado na cidade do Rio de Janeiro se difere do modelo ideal (Brandão, 1996).

As ilhas de calor produzem várias conseqüências que podem ser de ordem meteorológica ou até econômicas, causando efeitos positivos e negativos. As conseqüências meteorológicas são verificadas na formação dos fenômenos de convecção urbana produzidos pelo aquecimento da cidade, podendo provocar nebulosidade e até chuvas. Além dessas, temos a atuação de brisas que se deslocam das periferias até o centro, alimentando o processo convectivo na superfície e agindo como atenuador da ilha de calor (Garcia, 1999).

A velocidade do vento é o elemento meteorológico que mais influencia na intensidade da ilha de calor. À medida que se aumenta a velocidade do vento a diferença térmica do urbano-rural diminui, podendo até mascarar os efeitos do fenômeno. A própria geração da ilha de calor é suficiente para desencadear uma ventilação urbana que se alterna com aquela local do quadro geoecológico e aquela mais ampla da circulação regional.

Em cidades de clima frio as ilhas de calor têm efeito positivo, pois reduzem a necessidade do uso da calefação no inverno, proporcionando uma economia energética. Em contra-partida nas cidades tropicais o efeito é negativo, pois o incremento na temperatura gera um calor intenso, provocando um *stress* térmico que aumenta o risco de mortes na parte da população urbana que é afetada por doenças cardiovasculares e respiratórias. Em menores proporções a ilha de calor durante o verão aumenta assustadoramente a demanda por

aparelhos de refrigeração de ar, principalmente à noite, provocando um gasto energético muito maior.

As áreas verdes também são um dos fatores condicionantes da intensidade de uma ilha de calor, pois são fontes naturais de sombra que contribuem para o alívio térmico, principalmente, nas cidades tropicais. Também conhecidas como ilhas de frescor dos centros urbanos, os parques com coberturas vegetais amenizam o rigor da intensidade das ilhas de calor através do aumento da umidade, juntamente com o aumento da superfície protegida da radiação solar.

Os efeitos locais dos parques na diminuição da temperatura urbana se fazem sentir com ventos suaves em dias de noites quentes e com escassa nebulosidade. Em algumas ocasiões a diferença de temperatura entre os parques e as áreas imediatamente ao redor, produz uma leve brisa que segue a direção dominante dos ventos. Assim, as influências dos parques podem ser sentidas a centenas de metros fora de seus limites, atuando até sobre os bairros vizinhos.

O estudo das alterações no clima local provocadas pelo surgimento das cidades, permitiu que o Professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro criasse uma teoria norteadora das pesquisas sobre o clima urbano no Brasil e no mundo. A teoria do Sistema Clima Urbano de Monteiro (1976) é o tema do subcapítulo seguinte.

4.2 – O Sistema Clima Urbano

A expressão maior da criação humana na superfície terrestre é a cidade, capaz de produzir um novo clima, o clima urbano. Os climas urbanos são climas locais bastante alterados pelas atividades antrópicas.

Desta maneira, colocando o homem no centro da questão, Monteiro (1976) desenvolve um modelo teórico para estudos do clima urbano que norteia a pesquisa geográfica do clima, influenciando a pesquisa em todo o mundo. Através de dez enunciados básicos o Sistema Clima Urbano foi assim denominado para caracterizar um sistema singular, aberto, evolutivo, dinâmico, adaptativo e passível de auto-regulação.

Este subcapítulo discute os conceitos abordados no Sistema Clima Urbano (S.C.U.), procurando relacionar a teoria de Monteiro (1976), destinada às cidades de médio porte e aplicada pelo autor vinte anos depois em Florianópolis (Monteiro, 1990), com a prática na pesquisa do clima urbano em um bairro da metrópole carioca, o Maracanã.

4.2.1 - Os Dez Enunciados Básicos do Sistema Clima Urbano Contextualizados ao Estudo do Bairro Maracanã

Os dez enunciados básicos, apresentados a seguir, revelam as atribuições do Sistema Clima Urbano, clarificando as características definidoras de sua capacidade de desempenho.

1 – O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

Este primeiro enunciado esclarece o que é o clima urbano para Monteiro (1976:95) “um sistema singular que abrange um clima local (fato natural) e a cidade (fato social).”

Desta forma o clima urbano pode ser entendido como a interface entre os aspectos naturais (topografia, hidrografia, vegetação), também chamados de fatores geoambientais, e a cidade, não só no seu sentido físico, área construída, mas também pela produção de energia, além de sua dinâmica e fluxos. Tais elementos são também chamados de fatores geourbanos.

Para Monteiro (1990:10) “o ar comprometido com o organismo urbano, em meio a toda sorte dos efeitos anômalos, é o que vai produzir o clima urbano”. No entanto, o autor tem o cuidado de evitar o enquadramento do fato clima urbano em termos definidos, pois não se pode precisar a partir de que momento, o grau de urbanização, ou tamanho de cidade, por exemplo, pode caracterizar como um clima urbano de fato.

De acordo com este enunciado é que se desenvolve o estudo do clima urbano do Maracanã, um bairro de pequena extensão da zona norte do Rio de Janeiro, com um quadro natural bastante modificado em virtude do grau de urbanização presente nesta área da cidade.

2 – O espaço urbanizado que se identifica a partir do sítio, constitui o *núcleo* do sistema que mantém relações íntimas com o *ambiente* regional imediato que se insere.

Este segundo enunciado trata da articulação entre as diferentes escalas geográficas, especialmente a local e a regional, apresentadas pelos conceitos de núcleo e ambiente, respectivamente. Essa abordagem escalar é necessária, pois o clima urbano apesar de se definir na escala local, pelos fatos naturais e sociais, citados anteriormente, é também uma resposta do *núcleo* ao sistema regional atuante, pois com ele mantém íntimas relações de trocas energéticas.

Ou seja, apesar do clima local estar severamente influenciado pelos mais diversos fatores, naturais e antrópicos, este clima local será sempre uma derivação do sistema atmosférico regional.

Monteiro (1976) destacar que o clima local se insere em climas sub-regionais, regionais e zonais, como pode ser subdividido nas escalas inferiores até os microclimas. Além

de uma escala ascendente, verifica-se uma escala descendente, onde se apresentam os níveis do mesoclima, topoclima e microclima, uma vez que a cidade tanto se integra em níveis superiores como se divide em setores, bairros, ruas, casas, ambientes internos etc.

Desta maneira pode-se dizer que o clima do Maracanã é um somatório dos microclimas encontrados nos diferentes espaços internos do bairro - ruas, praças, edificações - e, por mais alterado que possa se encontrar, este clima local estará sempre sendo regido pelo sistema atmosférico regional atuante no Rio de Janeiro e, também, inserido no contexto urbano da cidade.

3 – O Sistema Clima Urbano importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estado, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos.

Neste enunciado o Sistema Clima Urbano, (S.C.U.), é definido como um sistema aberto. Tal verificação pode ser feita simplesmente pelos produtos finais deste sistema, os climas das cidades, que apresentam particularidades que não são determinadas pelas condições iniciais do sistema, a energia atmosférica. Esta é a característica fundamental de um sistema aberto.

Tal como o S.C.U., a cidade pode ser considerada como um sistema, que também é composta por outros tantos sistemas internos a ela. Ou seja, dentro das cidades (o sistema maior) podem ser delimitados espaços com características predominantes (sistemas menores). Cada um destes espaços produzirá uma energia que será transmitida aos demais espaços. A energia resultante será exportada ao ambiente, configurando-se como um todo esta organização complexa.

Tornando o exemplo acima mais concreto, delimita-se em uma cidade hipotética espaços arborizados ou espaços industriais, residenciais, onde cada um transmitirá aos demais a sua energia. Se considerarmos o calor dos trópicos, a área arborizada exportará uma energia “positiva” enquanto que a área industrial exportará uma energia “negativa”, e assim, sucessivamente, até que a resultante seja exportada ao ambiente. Desta maneira “o clima da cidade implica em consideráveis transformações, das quais a ilha de calor e a poluição do ar são as mais eloquentes demonstrações.” (Monteiro, 1976:96)

Neste enunciado se configura o objetivo principal da pesquisa realizada no Maracanã. A partir da medição da temperatura do ar em diferentes ambientes internos do bairro, importa

avaliar a contribuição do calor produzido pelas atividades antrópicas no aquecimento do bairro e o resultante desconforto para seus habitantes.

4 – As entradas de energia no S.C.U. são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra – o Sol), implicando componentes dinâmicas inequívocas determinadas pela circulação atmosférica, e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto.

Este enunciado destaca a importância da energia solar, principal fonte de energia para o nosso planeta e, por esse motivo a principal entrada de energia no S.C.U. é de natureza térmica. Mas, a eficiência da projeção dessa energia dependerá da circulação atmosférica.

Segundo Monteiro (1976:98) “a circulação atmosférica regional projetada do ambiente ao núcleo do S.C.U. é de tal modo importante que se pode admitir que seu papel acaba se tornando mais diretamente eficiente do que o próprio Sol”.

Para tanto, se faz necessário compreender a conceituação de clima proposta por Monteiro (1976), onde o clima é concebido sob a perspectiva dinâmica dando maior significado ao paradigma do ritmo.

A partir do ritmo de comportamento atmosférico, sucessão habitual dos diferentes estados de tempo, é possível decompor esse fluxo contínuo em unidades discretas que se encadeiam em seqüências, demonstrando padrões de desenvolvimento.

Desta maneira, “em termos ideais de sistemática de análise os resultados confiáveis só poderiam advir de uma série de mensurações realizadas nas quatro estações do ano, multiplicadas em vários anos e abrangendo um espectro de amostragem expressiva das principais condições do tempo (meteorológico)” No entanto, como o ideal está bem distante do real, “um experimento inicial deve conter, no mínimo, dois eventos em estações opostas, verão e inverno.” (Monteiro, 1990:63)

O estudo do clima do Maracanã procura seguir as orientações do modelo Sistema Clima Urbano, pois os trabalhos de campo são realizados a fim de acompanhar o comportamento da configuração e intensidade das ilhas de calor no bairro em situações sinóticas distintas.

No título deste trabalho, “O Ritmo Semanal do Clima no Bairro Maracanã”, se utiliza o conceito do paradigma ritmo, em parte. Embora a metodologia e proposições de Monteiro (1976) sejam utilizadas neste trabalho, a palavra ritmo foi usada não para designar a sucessão de estados de tempo, mas para enfatizar a sucessão de semanas onde os dias úteis (terça e

quarta-feira, principalmente) se apresentam como os dias mais quentes, enquanto que sábado e domingo, menos quentes.

5 – A avaliação dessa entrada de energia no S.C.U. deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão.

O quinto enunciado revela a contribuição do uso do solo na formação de ilhas de calor. Na superfície terrestre, os diferentes usos do solo verificados no meio urbano são preponderantes e decisivos na reflexão, absorção e armazenamento térmico, como também na transmissão de calor.

Desta maneira, áreas com alta densidade de construções e edificações muito elevadas, como é o caso de diversos bairros cariocas, apresentam condições muito eficientes para o armazenamento de calor, ainda que seja de uso residencial. Da mesma forma, áreas industriais, que liberam energia térmica em suas próprias atividades produtivas, são grandes transmissoras de calor ao ambiente. Nestes casos, tanto o armazenamento quanto a transmissão de energia térmica ao ambiente terão como consequência a formação de ilhas de calor.

Os experimentos no Maracanã são realizados com o apoio de um mapa de uso do solo bastante detalhado. O bom conhecimento da área de estudo permite que o mapa seja complementado por outras informações, como por exemplo, áreas mais densas com o número de pavimentos das edificações, áreas arborizadas, áreas de comércio. Assim, após as medições, procura-se, com base no mapa, associar as áreas mais quentes ao seu uso do solo predominante e suas características.

6 – A estrutura do S.C.U. não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas.

Resgatando a discussão do terceiro enunciado onde a cidade foi considerada como um sistema composto por outros tantos sistemas, que também são compostos por suas estruturas, e, por serem sistemas abertos, os produtos finais não serão determinados pelas condições iniciais do sistema. E esse argumento valerá para os espaços dentro da cidade que apresentam características semelhantes.

Esses espaços também são sistemas, menores dentro da cidade, que não podem ser considerados somente por sua parte física ou área construída, mas também, devem ser levadas em consideração as atividades que são exercidas nestes espaços.

O desmembramento destes sistemas em estruturas pode ser feito com a finalidade de simplificar a complexidade de seu funcionamento, assim estaria sendo criado mais um modelo de experimentação. No entanto, no mundo real as estruturas do sistema trabalham em conexão e, por isso, não podem ser pensadas separadamente.

A pesquisa no Maracanã, para quantificar a participação das atividades antrópicas no aquecimento do bairro, utilizou-se do desmembramento de estruturas. Uma hipótese é a medição da temperatura do ar em dias de semana se contrapondo com medições de finais de semana. Assim, informações sobre dias de grande e baixo movimento de pessoas e automóveis seriam avaliadas separadamente das construções, tomando o cuidado para que os tipos de tempo fossem semelhantes.

Outra hipótese é medir a temperatura da área do entorno do Estádio Mário Filho, mais conhecido como Maracanã, em um dia com jogo e em um dia sem jogo. A alta concentração de pessoas geraria informações importantes para a pesquisa.

7 – O conjunto-produto do S.C.U. pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação classificadora que deve ser constituída através de canais de percepção humana.

O conjunto-produto poluição do ar, ilha de calor e inundações do espaço urbano é característico nos centros urbanos, refletindo peculiaridades do clima da cidade. No entanto será a percepção humana o principal referencial para os problemas e valores de tolerância para estas formas. Afirmar que as ilhas de calor sejam um mal e que produzem desconforto, só será possível com um referencial.

Se a área de estudo fosse uma cidade de um país nórdico, por exemplo, onde as pessoas sofrem com temperaturas muito baixas durante todo o ano, uma ilha de calor que elevasse a temperatura em alguns graus na cidade até que poderia ser bem vinda. Mas, ao tratarmos das cidades dos países tropicais, onde se observa temperaturas acima de 30°C durante a maior parte do ano, os efeitos das ilhas de calor seriam muito severos, pois ao elevar ainda mais a temperatura local, estaria comprometendo a saúde e o bem estar de sua população.

O Maracanã é um exemplo dessa tropicalidade e, como não poderia ser diferente, o desconforto térmico é apontado, pela população local, como uma das inconveniências do bairro.

8 – A natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais do dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.

A urbanização, sob todos os seus aspectos, capaz de gerar um clima local, não pode ser avaliada segundo um corte temporal, mas através de um processo evolutivo, fundamental ao desenvolvimento do S.C.U..

Para Monteiro (1976:101) “será muito importante para o S.C.U. dispor de forma de expressão quantitativa de sua estrutura em segmentos temporais seqüentes para que se possa avaliar os graus de desenvolvimento de sua estrutura.”

Em seu processo de evolução, o espaço urbano tende a ser composto por usos do solo mais variados, concentração de mais atividades, mais pessoas, mais edificações, mais veículos e, como consequência desse crescimento, o conjunto-produto do S.C.U. reflete as características de um centro urbano.

O processo de expansão do espaço urbano carioca se espalhou em direção à zona norte, onde até fins do século XVIII, as ruas eram simples caminhos através dos latifúndios canavieiros. Hoje o Maracanã tem na sua paisagem muitos arranha-céus, grandes avenidas com intenso fluxo de carros e pessoas, como consequência do grande contingente de população flutuante também devido à presença das Escolas Técnicas Federais (Cefet e Cefeteq), do Hospital Pedro Ernesto e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj), instituições públicas que exercem forte atração para este bairro.

O ideal seria que tivessem sido feitas pesquisas do clima urbano que acompanhassem o crescimento do bairro Maracanã, medindo as influências exercidas pelos diferentes graus de urbanização, desde o início do século XVIII até os dias de hoje.

9 – O S.C.U. é admitido como passível de auto-regulação, função essa conferida ao elemento *homem urbano* que, na medida em que conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, através de seu poder de *decisão*, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas.

O S.C.U. é um modelo teórico onde o homem tem papel central como provedor da urbanização, além de ser o referencial para os problemas advindos dela. Desta maneira também cabe ao homem a função de auto-regulação deste sistema.

“A percepção e a conscientização dos problemas da cidade, em especial no caso de seu clima, decisivo à qualidade ambiente urbana, induzem a anseios, expectativas que, ao nível social, são extremamente importantes para encontrar os referenciais de valores no estabelecimento de metas. A pesquisa científica dirigida, interdisciplinarmente, a esses problemas, oferece os subsídios sob formas de soluções alternativas apresentadas ao poder público, a quem compete as decisões e a mudança deliberada. Todo esse conjunto social, ideológico e científico, aliado à tecnologia, incorpora-se através do planejamento.” (Monteiro 1976:101)

Assim como o homem tem demonstrado poder para derivar negativamente os geossistemas, em suas mãos também está sua capacidade para derivar positivamente e reverter o quadro de degradação em que estão mergulhadas nossas cidades.

A pesquisa desenvolvida no Maracanã tem como meta a geração de informações que sirvam como subsídios à um planejamento urbano mais adequado à qualidade de vida da população habitante das cidades tropicais. Só assim estas cidades poderão continuar sendo um dos lugares de morada do homem na terra.

10 – Pela possibilidade de interferência auto-reguladora, acrescentam-se ao S.C.U., como sistema aberto, aquelas propriedades de *entropia negativa* pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogenético.

O crescimento desordenado com que a urbanização tem se apresentado faz com que as cidades sejam organismos carentes e incompletos, principalmente nos países em desenvolvimento, onde o improvisado supera de muito o planejado. (Monteiro, 1992)

Desta maneira, Monteiro (1976:102) confirma que “o sistema, agravado pela sobrecarga de produtos nocivos, viria, fatalmente, a entrar em entropia.” No entanto, como foi discutido no enunciado anterior, nada impede que o homem interfira nesse processo, provocando derivações positivas no sistema.

Agindo de forma consciente no sentido do alcance de uma sustentabilidade é que o homem pode compatibilizar crescimento urbano e equilíbrio harmônico do sistema. Poder-se-ia chamar de utopia pensar que os países desistiriam de continuar crescendo, desacelerariam o processo de industrialização para assegurar um mecanismo de produção de energia limpa em prol do equilíbrio do planeta.

Muito se alcançou desde a primeira Conferencia Mundial sobre o Meio Ambiente, em 1972, Estocolmo – Suécia. Mas a realidade é que a adesão ao Protocolo de Kyoto, como ficou conhecida a Conferencia sobre Mudanças Climáticas, ocorrida no Japão, em 2002, que buscou a diminuição da emissão de gases poluentes à atmosfera, não foi unânime. Mesmo

diante da atual situação em que nos encontramos, onde catástrofes naturais são notícias de jornais todas as semanas, em diversas partes do mundo, atingindo muitos países, ricos ou pobres, estes de forma mais agressiva.

Nesse sentido pode-se dizer que a pesquisa desenvolvida no Maracanã é o primeiro passo de uma longa caminhada em busca de modificações que levem a melhorias nas condições vida de nossas cidades. Estudos científicos que comprovem as alterações ambientais provocadas pela falta de planejamento, aliados a aplicação de questionários que avaliem a percepção do morador, complementados por projetos de educação ambiental, são maneiras de provocar uma sensibilização buscando conscientização e respeito ao meio ambiente.

4.2.2 – Questão de Consistência

A obra de Monteiro (1976), no capítulo três, contém um subcapítulo chamado Questões de Consistência, onde são apresentadas três questões. A primeira questão (Ordem de grandeza e seus graus de organização) aborda a problemática da escala nos estudos de clima e será apresentada no contexto do estudo deste presente trabalho. A segunda questão (Entre o crescimento e o planejamento – Padrões de comportamento e auto-regulação) trata da pertinência dos três últimos enunciados básicos onde a decisão do homem inicia o processo de intervenção no sistema. A terceira questão (Entre o operador e o operando – Dinâmica processual e padrões estruturais) reforça o tema abordado no quinto enunciado: a entrada de energia da atmosfera no Sistema Clima Urbano.

4.2.2.1 - Ordem de grandeza e seus graus de organização

A Geografia, disciplina das repartições espaciais, necessita de abordagens em diferentes escalas. Nesta questão básica de consistência é apresentada uma discussão acerca da hierarquia do clima, uma tarefa árdua inclusive para os profissionais da área e, talvez, seja por este motivo que o uso da taxonomia na organização das grandezas escalares seja tão pouco utilizada.

Há confusões tanto no que diz respeito às denominações corretas quanto ao tamanho da superfície de abrangência. Toda essa imprecisão é extremamente incômoda para a definição do clima urbano mas, também, os tamanhos das cidades são igualmente variados. A metrópole pode ultrapassar o limite do local, enquanto a megalópole se amplia à escala regional. (Monteiro, 1976)

Destaca-se a importância da “abertura a todas as escalas de tratamento espacial-temporal e diferentes graus de complexidade urbana, uma vez que o espaço urbanizado mantém relações íntimas com o espaço regional imediato em que se insere.”(Brandão, 1996:21)

Monteiro (1976) propõe um quadro de categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano, contribuindo, para situar este clima local, face às outras ordens de grandeza. (Quadro 4.1)

Este quadro teórico demonstra que existe uma variação espacial e temporal que determina a caracterização de espaços climáticos ao nível zonal, regional, local, de mesoclima, topoclima e microclima.

“não houve problema nas unidades superiores, já que não há dúvida sobre o conceito zonal e o regional, mas é necessário incluir nessa unidade o sub-regional ou fácies do regional. A relação taxonômica a partir do clima local também não é difícil de estabelecer, com a condição de não se exigir rigidez. Mas o que se torna importante é a terminologia usada para as subdivisões do clima local.” (Monteiro, 1976:108)

O mesoclima pode ser entendido como uma subdivisão do clima local, uma parte dele. Mas também pode ser entendido como um conjunto de topoclimas. Ou seja, o mesoclima pode ser também “identificado nos compartimentos básicos da morfologia, em termos de várzea, espigão central, colinas periféricas, vertentes serranas etc.” (Monteiro, 1976:110)

Assim, o topoclima é a categoria onde as características da topografia (declividade, forma do terreno) produzem alterações, principalmente, na quantidade de calor recebido do Sol e, incluindo a estrutura urbana, as edificações formariam uma topografia artificial.

A última unidade é o microclima e entre os vários critérios para sua definição está a proximidade do solo, sem a rigidez do valor da distância para esta proximidade. Dependendo do espaço analisado, a distância pode variar de dois metros até as iniciais dezenas de metros (um campo aberto ou o interior de uma floresta, por exemplo).

Para a escala microclimática são necessários levantamentos espaciais mais detalhados, tendo em vista que as estações meteorológicas convencionais estão posicionadas a uma distância do solo quase sempre fora do ambiente microclimático (os abrigos são posicionados à 1,50 metros do solo). Esta distância padrão tem o objetivo de impedir que os fatores urbanos influenciem nos registros dos elementos do clima.

Quadro 4.1 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima

Ordens de grandeza	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
			Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes Transectos
IV	Sub-regional	Megalópole, grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores Geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	Local	Área metropolitana (Metropole)	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geoecológica Ação antropica	Análise espacial
VI	Mesoclima	Cidade grande ou bairro	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	Especiais
-	Topoclima	Pequena cidade, fâcies de bairro	(Detalhe)	Arquitetura	
-	Microclima	Grande edificação, Habitação, setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Adaptado de Monteiro (1976)

A influência das alterações provocadas pelas atividades do homem no clima exige dos estudos no nível local a complementação dos dados diários dos elementos do clima, das estações meteorológicas padrão. Tal complementação é feita, no Maracanã, com a obtenção de dados de temperatura e umidade relativa do ar, além da observação de fatos da estrutura e dinâmica urbana em vários e distintos ambientes no interior do bairro. Estas atribuições são exercidas por pessoas treinadas, equipadas com psicrômetros de funda, fita de cetim e escala Beaufort para medição dos elementos do clima de hora em hora. Mesmo que ainda não seja o ideal para as necessidades de investigação científica nessa área do conhecimento, é o que as nossas reais condições econômicas possibilitam.

O problema básico que esta questão de consistência traz para discussão é a limitação a que o tratamento taxonômico conduz pela falsa concepção que é feita da palavra hierarquia, tão carregada de concepções tanto rígidas como autoritárias. Monteiro (1976) propõe o modelo de arborescência e caixa chinesa, de Arthur Koestler (Figura 4.5), para ilustrar a real compreensão que se busca com hierarquia.

“o desenho da árvore mostra a relação entre os trancos e os galhos, entre os galhos e os ramos, ramos e brotos. Fazendo um corte transversal e projetando-o no plano horizontal, a visão dinâmica da arborescência transforma-se na visão estática do reticulado, reveladora da estrutura, em termos de embutimento das partes em dado conjunto. Assim, a árvore é transformada numa espécie de caixa chinesa; esta é uma visão taxonômica, estática, que informa como as partes estão contidas no todo, sendo, entretanto, desajeitada e contendo menos informações. A idéia de árvore é mais dinâmica, mais rica, por revelar as relações entre as partes e, sobretudo, por admitir implicitamente a noção de crescimento e evolução do sistema.” (Monteiro 1976:112)

Este desenho é extremamente importante para a consistência do Sistema Clima Urbano, pois demonstra a organização interna do sistema, a relação entre as partes e a importância de cada uma dessas partes, mesmo as mais elementares (hólons), para o funcionamento do todo.

Desta maneira o surgimento das cidades e todas as modificações resultantes deste processo vão interagir com a energia atmosférica de uma forma diferente. A área central das grandes cidades são excelentes exemplos de ambientes com grandes alterações que, resumidamente, são constituídos por edificações cada vez mais verticalizadas, solos com alto grau de impermeabilização, fluxo concentrado de pessoas e veículos. Esta parte da cidade pode ser entendida como um hólón, parte elementar do Sistema Clima Urbano, que, devido a seus atributos, promove alterações na energia inicial do sistema, participando das resoluções em vários níveis, demonstrando que a entrada de energia não deve ser vista somente de forma quantitativa, mas o fundamental é o modo de transmissão.

Utilizando o modelo da caixa chinesa e arborescência e, sobretudo, compreendendo o modo de transmissão e fluxo da energia no sistema, compreende-se a inter-relação entre as escalas do clima e a importância do estudo das escalas menores, como é o caso do Maracanã. O clima local do Maracanã é o resultado do fluxo de energia pelos distintos ambientes microclimáticos presentes no bairro (ruas, praças e demais ambientes). E desta forma, comparando o Maracanã com os outros bairros da cidade chegar-se-á ao clima local do Rio de Janeiro.

Assim, destaca-se a importância da presença do geógrafo envolvido com a cidade, próximo do seu objeto de estudo, para o entendimento dos complexos ambientes

microclimáticos diferenciados em suas ruas, praças, avenidas, áreas comerciais, de lazer, de serviços, conjuntos habitacionais, etc. Assim pode-se perceber uma enorme diferenciação entre essas áreas buscando o elo entre estes microclimas e o clima do bairro, dando um grande passo para o entendimento do funcionamento do todo, o clima da cidade do Rio de Janeiro.

Noção de Hierarquia – segundo Arthur Koestler

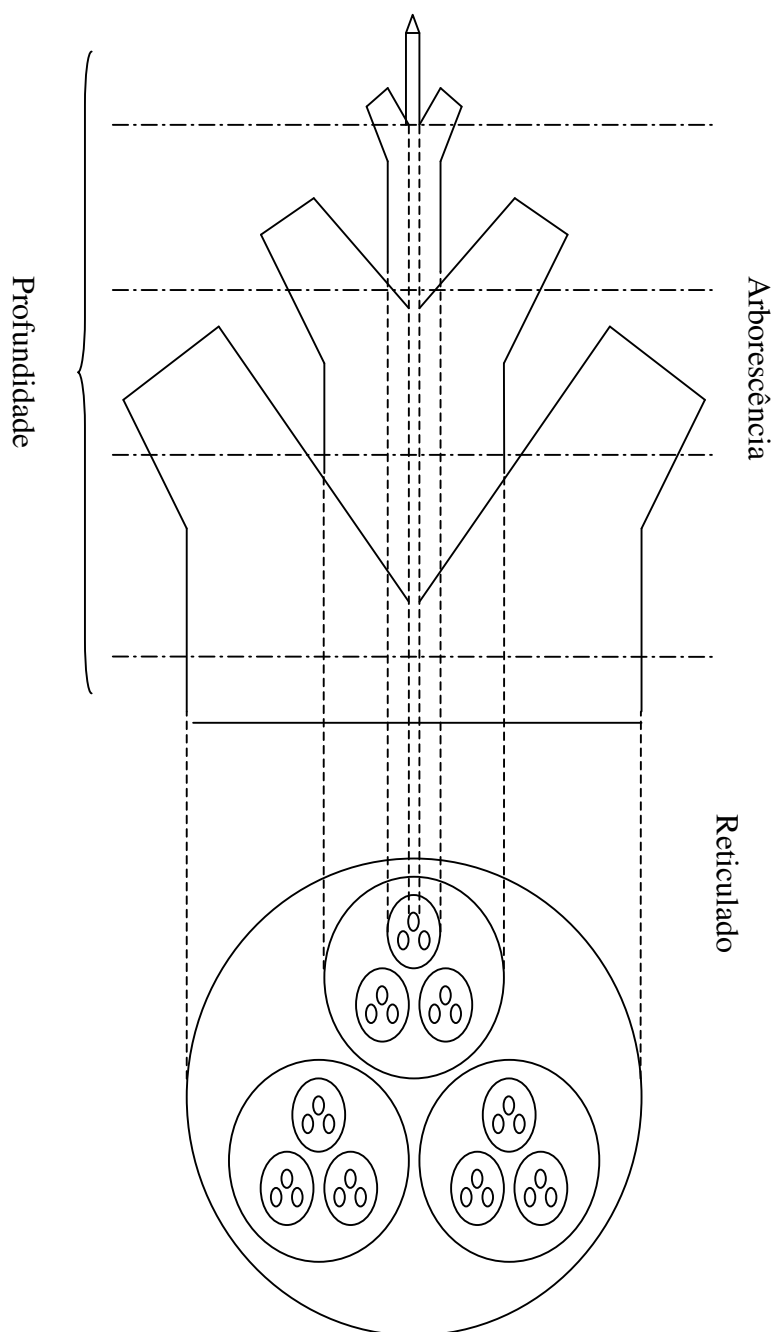


Figura 4.5 – Noção de Hierarquia - adaptado de Monteiro (1976)

4.3 - Conforto Térmico

Ao se criar condições ambientais artificiais para a ocupação humana, tem-se como objetivo conseguir que o meio seja tão agradável a ponto de todos os indivíduos sentirem um conforto térmico. No entanto os estudos sobre conforto térmico são bastante complexos. Uma das dificuldades está na subjetividade da sensação de conforto, sendo praticamente impossível conseguir satisfazer a todos os ocupantes de um ambiente ao mesmo tempo (Fanger, 1970). Então o objetivo passa a ser o de criar as melhores condições de conforto térmico para o grupo, isto é, condições em que o menor número possível de pessoas estejam insatisfeitas.

A subjetividade dos indivíduos dificulta o processo de análise do conforto, pois se faz necessário incluir a diferença entre sexos, idades, altura, massa corporal, cor da pele e a vestimenta como categorias secundárias de análise.

Este procedimento se torna mais complexo quando se trata de ambientes externos, pois cabe considerar ainda as interações com a atmosfera. Outra dificuldade no estudo do conforto térmico é a grande quantidade de fontes de calor que interferem nas trocas com o ambiente.

A interação entre a atmosfera e os animais, incluídos os seres humanos, representa um dos níveis mais elevados de complexidade das trocas de calor dentro da *boundary layer*. (Oke, 1978). Isso porque estariam envolvidos os metabolismos de todos os seres e é o metabolismo que resulta na produção de calor pelo corpo.

Para manter as atividades dos órgãos vitais a temperatura interna do corpo humano deve ser mantida praticamente constante, por volta de 37°C. É assim que os seres humanos, como também os demais seres vivos, produzem calor continuamente através de seu metabolismo interno. Esta temperatura interna se mantém constante graças a nossa capacidade natural de liberar calor para o meio ambiente.

De acordo com os dados da tabela 4.2, adaptada de Fanger (1970), uma pessoa sentada em atividade sedentária troca em média 100 W com o ambiente. Se ela estiver realizando uma atividade leve como aquela em escritórios pode liberar até 120 W. Ou seja, é possível calcular facilmente a energia que as pessoas trocam com o ambiente, mas o quanto isto significa em aumento de temperatura, é mais complexo.

Em ambientes fechados dá para fazer uma conta simples em termos de consumo de energia, se for utilizado sistema de ar condicionado. Para manter 30 pessoas em uma sala, sentadas em atividades leves a uma temperatura constante, será necessário retirar do ambiente os 3600 W liberados por elas - neste exemplo não estão sendo considerados o calor das paredes nem das lâmpadas e aparelhos elétricos. Para tal seria necessário instalar um aparelho

de 12.000 BTUs/h (que corresponde a 3520 W), somente para retirar o calor produzido pelas pessoas.

Quadro 4.2 – Tipos de atividades e sua produção de energia

Tipos de Atividades		Watts	Watts/m ² *
Descansando	Dormindo	70	40
	Sentado quieto	100	60
	Em pé relaxado	120	70
Trabalhando	Sentado trabalhando	90 - 120	50 - 70
	Dirigindo	100 - 200	60 - 120
	Trabalhos domésticos	160 - 350	90 - 200
Exercitando	Ginástica	350	200
	Tenis	450	270
	Luta corporal	860	500

Adaptado de Fanger (1970)

* a ISO 9920 de 1995 (apud Ruas, 2002) considera o homem padrão com 1,70 m; 70 kg e área superficial de 1,80 m².

No estádio Maracanã, onde eventualmente são reunidas mais de 100.000 pessoas, o calor liberado pelos corpos atingiria proporções significativas. Nestas situações de tensão pela expectativa e o próprio comportamento agitado provocam um aumento no metabolismo, permitindo liberar mais calor. Considerando-se 200 watts por pessoa tem-se no total 20.000.000 watts ou 20.000 kW, que irão se propagar no ambiente aberto.

4.3.1 - Implicações do Desconforto Térmico

Os estudos de Fanger (1970) foram elaborados a partir do balanço térmico entre o homem e o meio. Assim, a satisfação em relação às características térmicas do ambiente se verifica quando as combinações das variáveis ambientais se contrabalançam com a produção interna de calor pelo organismo. Ou seja, nos sentimos confortáveis quando nossos mecanismos de termo-regulação não precisam ser ativados.

Em condições térmicas diferentes daquelas confortáveis, para a maioria das pessoas o organismo provoca reações desencadeadas que agem na manutenção da temperatura interna do corpo, frente às variações térmicas externas (Leite, 2003; Ruas, 2002). Quanto maior for o esforço do nosso organismo para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto.

O trabalho sob o sol é uma rotina comum nas atividades agrícolas, pecuárias, florestais e na pesca, mas mesmo nos centros urbanos muitas profissões são exercidas a céu aberto. O

desconforto térmico em ambientes quentes é responsável pela perda de produtividade, motivação, precisão, continuidade e, por consequência, verifica-se o aumento da incidência de acidentes, doenças e, até, de conflitos e mortes.

O descontrole emocional também é um dos sintomas associados ao desconforto térmico. No campo das artes, filmes retratam bem a influência do calor e do desconforto proporcionado pelas temperaturas elevadas na alteração do comportamento das pessoas, sendo o desencadeador de confrontos políticos, sociais e étnicos. Filmes como o nacional *Rio 40° Graus* (1955) de Nelson Pereira dos Santos e os americanos *Faça a Coisa Certa* (1989) e *Verão de Sam* (1999), ambos de Spike Lee, retratam estas situações.

O filme “*Rio 40° Graus*”, de 1955, mostra os problemas sociais de uma grande metrópole como a do Rio de Janeiro, através da vida de cinco meninos vendedores de amendoim sob um sol escaldante num domingo tipicamente carioca. Nelson Pereira dos Santos se preocupa em mostrar a favela onde vivem estes meninos em contradição com vida burguesa documentada em outros tantos pontos da cidade. O contra-ponto entre as classes sociais é colocado a todo o momento e o calor do Rio de Janeiro é o cenário fundamental deste ponto de choque.

O filme “*Faça a Coisa Certa*”, de 1989, mostra o Brooklyn no dia mais quente do ano. No bairro com predominância negra e latina há também comerciantes coreanos que são igualmente discriminados pela população local. O forte calor é enfatizado a todo o momento por Spike Lee que também mostra como outros detalhes agregam a intolerância e o preconceito, gerando a implicância e o desentendimento seja contra negros, coreanos ou latinos. Sem medo de mostrar o doloroso, estes sentimentos são explorados até as últimas consequências, mostrando o efeito dominó que deflagra em tragédia.

O filme “*Verão de Sam*”, de 1999, se passa em 1977, durante um dos verões mais quentes dos Estados Unidos quando uma série de assassinatos começou a assolar o bairro do Bronx, no subúrbio de Nova York. Um *serial killer* chamado “Son of Sam” mata casais no meio da noite, aterrorizando a população. Usando a tensão criada por esse fato verídico e capturando todo o clima da época, Spike Lee mostra as mudanças que vão acontecendo na vida da comunidade local.

4.4 – A Necessidade de Mudanças

4.4.1 – Na Qualidade do Ar das Cidades

O consumo de combustíveis derivados do petróleo, crescente a cada ano, é motivado pela multiplicação de veículos automotores fabricados no mundo. Nos últimos anos vêm aumentando sucessivamente a concentração de CO₂ na atmosfera, apontado pelo Protocolo de Kyoto como o mais importante gás do efeito estufa, responsável pelo aquecimento global. Segundo a Organização Meteorológica Mundial, cerca de 60% da poluição atmosférica dos grandes centros urbanos é de responsabilidade dos veículos, devido aos gases liberados por motores a explosão.

Os veículos automotores produzem mais poluição atmosférica do que qualquer outra atividade humana isolada, variando de acordo com as características da cidade e do tipo de combustível usado. (Macedo, 2001) O Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2003) apresenta a participação percentual nas emissões de CO₂ de cada setor, com base no consumo de combustíveis (Gráfico 4.1). Os veículos junto com os transportes coletivos e de cargas são responsáveis por mais de 52% do consumo de combustíveis e emissões de CO₂ no Rio de Janeiro.

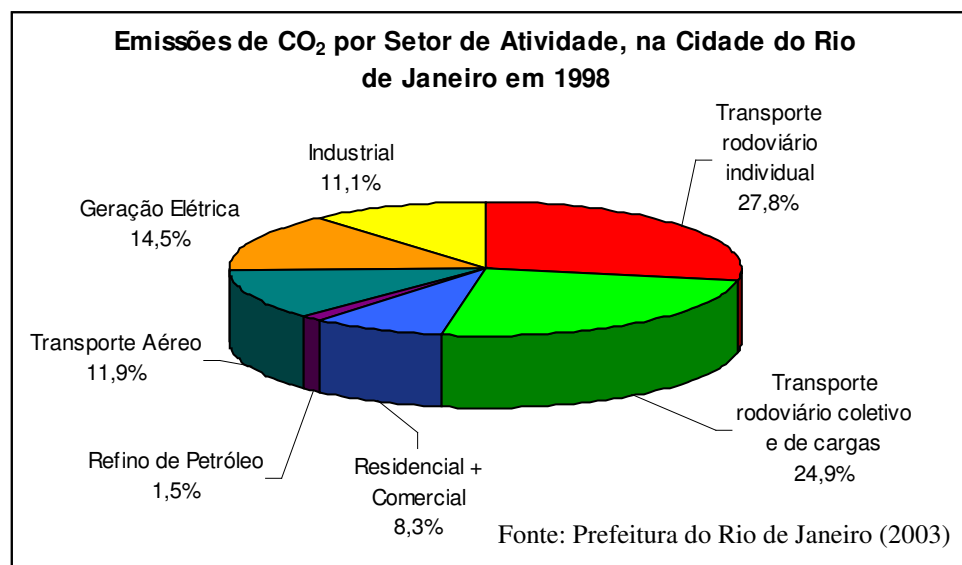


Gráfico 4.1 – Emissões de CO₂ na Cidade do Rio de Janeiro

Dados dos DETRANs e DENATRAN revelam que a frota de veículos que circulam no Brasil dobrou de 1990 a 2003. Algumas regiões, como Norte e Nordeste, ficaram muito acima da média nacional. (Quadro 4.3)

Quadro 4.3 – Evolução da Frota de Veículos no Brasil

Evolução da frota de veículos no Brasil, segundo as Regiões - 1990, 2000 e 2003

Brasil e Regiões	Frota de veículos		
	1990	2000	2003
Brasil	18.267.245	29.503.503	36.658.501
Norte	362.499	819.605	1.184.259
Nordeste	1.782.923	3.342.839	4.448.287
Sudeste	10.979.245	16.686.833	20.083.423
Sul	3.913.051	6.349.330	7.928.580
Centro-Oeste	1.229.527	2.304.896	3.013.952

Fontes: Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, Sistema Nacional de Estatística de Trânsito e Departamentos Estaduais de Trânsito - DETRAN

A frota de veículos no mundo cresce mais rápido que a população mundial e o grande número de veículos produzidos no último século contribuiu, em muito, para aumentar a concentração de partículas em suspensão na atmosfera. Hoje, pesquisas sobre o aquecimento global indicam que o aumento da concentração do CO₂, principalmente, tem relação direta com a elevação da temperatura global. (Quadro 4.4)

Quadro 4.4 – Relação entre número de veículos, poluição e temperatura

Décadas	No Mundo			
	População (em bilhões)	Carros	Partículas Suspensas (Partes p/ Milhão)	Temperatura (°C)
1940	2,3	27.000.000	1,3	14,1
1980	4,5	300.000.000	5,3	14,2
2000	6,5	725.000.000	7,3	14,6

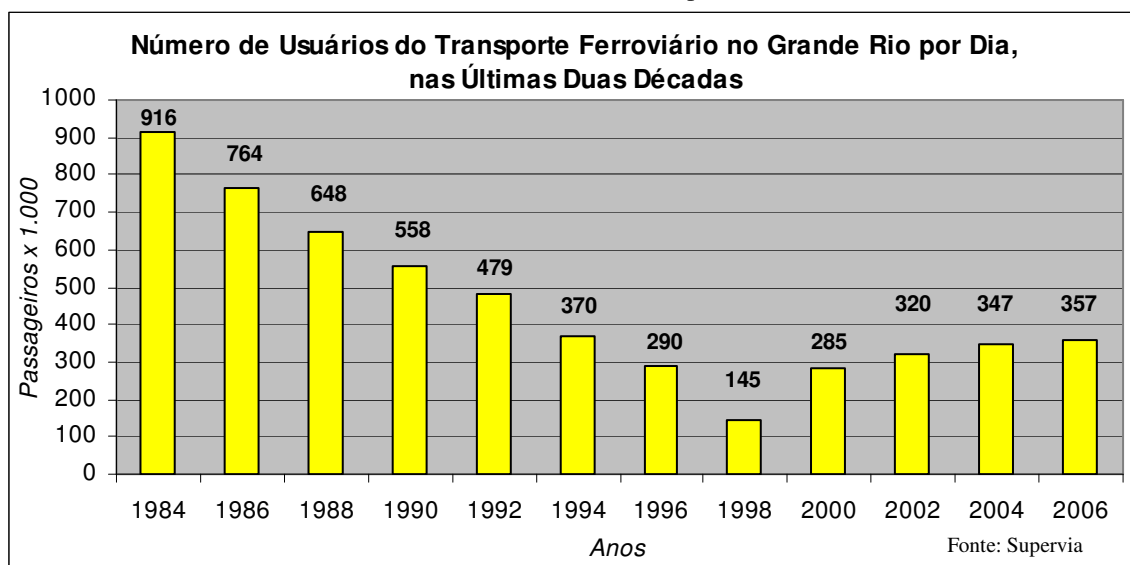
Fonte: Organização Meteorológica Mundial

O excesso de automóveis circulando é o principal motivo dos congestionamentos, crônicos em grandes cidades. No início do século XX substituiu-se cada cavalo das ruas lotada por meia dúzia de veículos motorizados, quando, na verdade, deveriam usar cada veículo motorizado para substituir meia dúzia de cavalos. Os veículos motorizados, por serem superabundantes, tornam-se muito vagarosos nos grandes centros. Como consequência da baixa eficiência, os veículos possantes e velozes, não andam muito mais rápido do que os antigos cavalos. (Jacobs, 2000)

Os habitantes das cidades que melhoraram o seu padrão de vida passaram a usar o transporte individual, se sujeitando a pagar um alto preço a fim de garantir o acesso àquilo que consideram o estilo de vida cosmopolita, sinônimo de contemporaneidade. (Macedo, 2001)

Confirmando a tendência do uso de veículos automotores, dados da Supervia - empresa que administra o transporte ferroviário no Grande Rio, mostram a queda no número de usuários deste sistema nos últimos vinte anos. (Gráfico 4.2) Segundo a pesquisa realizada por esta empresa, a qualidade do serviço e a falta de segurança foram os principais motivos que fizeram os usuários desistirem dos deslocamentos por trens, que eram administrados pelo Estado. A partir de 1997 o serviço foi passado para esta concessionária e o número de usuários voltou a crescer.

Gráfico 4.2 – Queda no Número de Usuário do Transporte Ferroviário no Grande Rio



Para compensar o aumento na frota de veículos, principalmente, dos veículos leves, mais numerosos, as tecnologias mais modernas na produção dos novos motores vêm ajudando a diminuir o impacto causado pelos gases na queima de combustíveis fósseis. De acordo com dados do Challenge Bibendum 2006, congresso internacional realizado pela Michelin, um único veículo fabricado em 1990 polui tanto quanto 100 veículos novos. A emissão média de CO por veículo, hoje, é de 0,3g/km, enquanto em 1986 era de 54 g/km. Esse é o maior dos problemas, pois 20% da frota mundial têm mais de 15 anos de uso.

Os dados dos DETRANs e DENATRAN de dezembro de 2003, mostram que no Brasil o percentual de veículos com 15 anos ou mais ultrapassa 31% da frota nacional, ficando 50% superior à media mundial. (Quadro 4.5) Uma frota de veículos nestas condições faz com que a liberação de CO₂ na atmosfera seja muito maior, o que agrava os problemas relacionados à poluição do ar nas cidades brasileiras.

Quadro 4.5 – Frota de veículos no Brasil por ano de fabricação
Frota de veículos no Brasil, por ano de fabricação, segundo as Regiões
- Dezembro/2003

Brasil e Regiões	Total de veículos	Ano de fabricação	
		Anteriores a 1989	1989 a 2003
Brasil	36.658.501	11.459.776	25.198.725
Norte	1.184.259	214.309	969.950
Nordeste	4.448.287	976.826	3.471.461
Sudeste	20.083.423	6.522.642	13.560.781
Sul	7.928.580	2.900.070	5.028.510
Centro-Oeste	3.013.952	845.929	2.168.023

Fonte: Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM, Sistema Nacional de Estatística de Trânsito/SINET

4.4.2 – Na adaptação aos Eventos Naturais

Os problemas urbanos oriundos não só das contradições entre classes (problemas sociais), mas também da perda da qualidade de vida do ambiente citadino (problemas ambientais), independentemente da classe social, são proporcionais à dinâmica das relações de produção e a estrutura de poder na sociedade capitalista.

“a complexidade da ação dos agentes sociais inclui práticas que levam a um constante processo de reorganização espacial que se faz via incorporação de novas áreas ao espaço urbano, densificação do uso do solo, deterioração de certas áreas, renovação urbana, relocação diferenciada da infra-estrutura e mudança, coercitiva ou não, do conteúdo social e econômico de determinadas áreas da cidade” (Corrêa, 1999:11)

A ação dos agentes sociais, por mais diferenciados que possam ser os proprietários fundiários, dos proprietários imobiliários e dos grandes industriais, eles têm um ponto em comum: a apropriação da renda da terra. (Corrêa, 1999). Este conjunto de agentes modeladores do espaço urbano cria funções e formas espaciais que, conscientemente ou inconscientemente, produzem microclimas artificiais.(Brandão, 2001)

Tais práticas são comandadas, em maior grau, por setores da sociedade detentores de poder político e econômico, entretanto os impactos ambientais causados em decorrência das atividades supracitadas são mais percebidos pelos setores menos favorecidos, que habitam áreas mais suscetíveis. (Coelho, 2001)

No entanto, se a intervenção humana, num primeiro momento, afetou somente a composição química da baixa atmosfera, há algumas décadas estas intervenções vêm interferindo no efeito estufa planetário. E assim, o crescente avanço tecnológico e as pesquisas que buscam entender a situação climática do planeta não conseguem impedir que as sociedades, como um todo, permaneçam vulneráveis diante de eventos climáticos extremos.

“Sob o rótulo genérico de eventos naturais extremos encontra-se uma gama de fenômenos, variada em quantidade e complexa em intensidade. A grande maioria dos mais frequentes e intensos desses eventos está ligada, direta ou indiretamente, à atmosfera: enchentes, secas, nevoeiros, geadas, granizos, descargas elétricas, nevascas, tornados, ondas de calor, ciclones tropicais e vendavais, complementados por desmoronamentos-deslizamentos de vertentes e ressacas, acrescidos por impactos pluviiais concentrados, que afetam os domínios intertropicais”. (White, 1974 apud Monteiro, 1991:10)

Independentemente da sua gênese e do espaço geográfico em que atuam, os eventos naturais extremos se caracterizam por acarretar sérios prejuízos às economias e às populações afetadas. (Gonçalves, 2003)

Os eventos climáticos e suas danosas conseqüências têm ganhado as manchetes de jornais, principalmente pelo destaque da iminência de um aquecimento global, que vem sendo evidenciado a cada dia, através de pesquisas internacionais. Será que existe uma relação entre a freqüência de ocorrência destes fenômenos extremos e o aquecimento Global? O certo é que tais fenômenos exigem uma mudança de atitude urgente, não só para evitar a continuidade dos eventos naturais extremos, mas também para nos adaptarmos às mudanças globais.

Segundo o recém lançado relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), o mais completo documento científico divulgado sobre mudanças climáticas, as temperaturas devem se elevar entre 2°C e 5°C até 2100, acima dos níveis pré-industriais. Se essas elevações se confirmarem, algumas conseqüências ambientais serão inevitáveis. Abaixo estão alguns itens relacionados aos diferentes níveis de aumento da temperatura:

- 1 Grau

- Redução das geleiras ameaça o suprimento de água para 50 milhões de pessoas.
- Pequeno aumento na produção de cereais nas regiões temperadas.
- Mortes de milhares pessoas devido à doenças relacionadas com as alterações climáticas.
- Queda na taxa de mortalidade durante o inverno nas regiões de maior latitude.
- Morte de 80% dos recifes de coral, em especial, a Grande Barreira de Corais.

- 2 Graus

- Queda de 5% a 10% na produção de cereais na África Tropical.
- Entre 40 milhões e 60 milhões de pessoas mais expostas à malária na África.
- Até 10 milhões de pessoas mais expostas às enchentes nas regiões costeiras.
- Entre 15% e 40% espécies de seres vivos ameaçadas de extinção.
- Grande risco de extinção das espécies no Ártico, em especial dos ursos polares.

- 3 Graus

- Períodos de seca pronunciada a cada 10 anos no sul da Europa.
- Entre 1 bilhão e 4 bilhões de pessoas a mais enfrentando escassez de água.
- Entre 150 milhões e 550 milhões de pessoas a mais, expostas à ameaça da fome.
- Entre 1 milhão e 3 milhões de pessoas a mais morrem de desnutrição.
- Início do colapso da Floresta Amazônica.
- Elevação do risco de colapso da camada de gelo da Antártida Ocidental.
- Elevação do risco de colapso do sistema atlântico de águas quentes.
- Elevação do risco de mudanças abruptas no mecanismo das monções.

- 4 Graus

- Safras de produtos agrícolas diminuem entre 15% e 35% na África.
- Até 80 milhões de pessoas expostas à malária na África.
- Desaparecimento de cerca de metade da tundra ártica.

- 5 Graus

- Provável desaparecimento de geleiras no Himalaia, prejudicando um quarto da população da China e uma grande parte dos moradores da Índia.
- Crescente intensificação da atividade oceânica, prejudicando seriamente os ecossistemas marinhos e provavelmente as populações de peixes.
- Elevação do nível dos oceanos ameaça as pequenas ilhas, as áreas costeiras e as grandes cidades.

(Fonte: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

4.5 - Revisão Bibliográfica

A literatura estrangeira apresenta diversas bibliografias sobre clima urbano, principalmente, sobre pesquisas realizadas nas cidades de médias latitudes, pois os países onde estão situadas já sofreram as primeiras conseqüências ambientais da maciça urbanização. Ao mesmo tempo, tais pesquisas são facilitadas pela densa rede de estações meteorológicas com séries históricas bastante longas, como se pode acompanhar a seguir.

A constatação de uma diferença térmica em favor do centro urbano, em relação à periferia das cidades data do início do século XIX e foi verificada na cidade de Londres por Howard (1818). (apud Moreno, 1990:p.54) No entanto são considerados clássicos os trabalhos de Landsberg (1956) e Chandler (1965). Seus estudos estão voltados a identificação de alterações nos elementos do clima na cidade de Londres, capazes de diferenciá-la de seu entorno próximo.

Landsberg (1956) comparando o centro de Londres e suas imediações, concluiu que as médias térmicas anuais são superiores na cidade, principalmente a temperatura mínima. Também o são as chuvas e os nevoeiros. Já a umidade relativa e a velocidade do vento foram inferiores na cidade, em 6% e 25%, respectivamente.

Chandler (1965) utilizando os diversos elementos do clima, encontrou grandes disparidades entre a área central da cidade e suas circunvizinhança. Na cidade foram encontrados maiores valores para a temperatura, com ilhas de calor que atingiram até 1,9°C de diferença.

Garcia (1993) utilizou, no estudo do clima de Barcelona, a técnica de comparação entre duas estações meteorológicas, sendo uma localizada dentro da cidade – estação de Atarazanas –, e outra localizada fora da área urbana, no Aeroporto de Barcelona. A escolha destas estações justifica-se, pois a do Aeroporto atendia as expectativas quanto ao seu sítio, além de ter uma série histórica longa e confiável. Já a de Atarazanas é equivalente em altitude e distância para o mar, em relação ao Aeroporto. Para a análise das temperaturas máximas e mínimas diárias, foram escolhidos os anos de 1970 a 1984, pois trata-se de um período sem falhas, coincidente em ambas as estações. Estas temperaturas foram comparadas e receberam um tratamento estatístico que permitiu a obtenção das médias, desvios, valores máximos e mínimos para cada mês do ano. Os primeiros resultados indicaram que a cidade de Barcelona é 2,9°C mais quente, durante a noite, do que o Aeroporto. No entanto, durante o dia a temperatura da cidade apresenta-se inferior ao Aeroporto em 0,2°C. A temperatura anual da cidade é superior a do Aeroporto em 1,4°C e, este maior aquecimento foi relacionado aos efeitos urbanos da área metropolitana. Já a segunda etapa da pesquisa consistiu no maior

detalhamento da metrópole, a fim de conhecer o clima urbano de Barcelona. O trabalho ganhou destaque nesta etapa, pela novidade aplicada na metodologia do estudo do clima das cidades espanholas: a utilização de transetos com automóveis para medições de temperatura e umidade relativa. Foram traçados cinco transetos, sendo que todos passavam pelo centro da cidade e depois se espalhavam por toda a região metropolitana, alcançando 117 pontos de observação. Realizados, em sua maioria, as quartas-feiras, às 22 horas (quando a ilha de calor apresentou maior intensidade), no período de outubro de 1985 à julho de 1987. O perfil térmico da ilha de calor de Barcelona verificado, segundo os resultados desta etapa, corresponde ao perfil teórico típico, onde as temperaturas estão baixas e uniformes na periferia da cidade, mas quando se adentra no município de Barcelona, as temperaturas aumentam. E continua aumentando até alcançar o valor máximo no centro da cidade, encontrando diferenças de mais de 8°C. Depois a temperatura volta a diminuir conforme se distancia do centro, até que se saia do município de Barcelona.

Alcoforado (1993) estuda o clima da região de Lisboa, inicialmente, através da análise de dados de 32 estações. Num primeiro momento a partir das médias e, em seguida, utilizou-se dados diários. Com relação às médias, embora a documentação disponível não permita analisar o efeito urbano na temperatura, pois a estação da cidade de Lisboa está localizada dentro do Jardim Botânico, foi encontrada uma diferença média de quase 1°C no inverno e 0,5°C no verão, entre a estação de Lisboa e as outras estações. Analisando uma série histórica de 125 anos concluiu-se ter havido um aumento global, embora tenha sido muito irregular. De um modo geral o aumento na temperatura foi de 1,2°C. Comparando-se 12 das 28 estações utilizadas, revelou-se que a evolução térmica se faz paralelamente em todos os locais, exceto em Cabo Carvoeiro. Se o efeito urbano se mostra nulo durante o dia, a cidade provoca um aumento da temperatura mínima (mais no inverno do que no verão) durante a noite. Uma pequena contradição surgiu no fato da cidade estar mais fresca que o litoral ocidental durante o inverno. Para uma aproximação mais concreta da realidade foram usados os dados diários. Após um rigoroso tratamento das informações por análise fatorial em componentes principais (descritiva), desvendando a organização interna das matrizes de dados, conseguindo responder como as temperaturas se espacializaram, mas não os porquês. Esta fase da pesquisa permitiu observar os vários padrões espaciais da temperatura na região de Lisboa. Nesta fase as conclusões chegadas são: o litoral distingui-se pela moderação em relação às temperaturas extremas (mínimas elevadas e máximas baixas), enquanto que a cidade apresenta-se como um núcleo quente em certas noites de verão quando a ilha de calor foi mais intensa. Complementando os dados das estações meteorológicas foram realizados trabalhos de campo

para mensuração da temperatura próximo à superfície, que foram chamados de observações itinerantes. Esta fase da pesquisa, executada no inverno e no verão, contou com 20 pontos de observação, que efetuaram medições de seis em seis horas (0h, 6h, 12h, 18h). Nestas observações, tanto no inverno quanto no verão, percebeu-se um aumento das temperaturas em direção ao centro da cidade. No entanto a morfologia urbana mostrou-se fundamental como um condicionante na variação das temperaturas, pois quando ocorrem ventos com intensidade de moderados a fortes, os vales ficam mais quentes e nas situações de calmarias os interflúvios é que ficam mais quentes.

Sanz Donaire (1999) realizou tratamentos gráficos e estatísticos em uma série pluviométrica de Soria - Espanha -, para elucidar a variabilidade apresentada pelos dados ao longo dos anos. Este estudo procurou demonstrar se tal variabilidade seria fruto de uma mudança climática produzida pelas atividades humanas ou apenas um ritmo natural. Trabalhando com 133 anos de dados pluviométricos, de 1862 a 1995, divididos em períodos de aproximadamente 30 anos, apresentou alguns resultados interessantes. A simples comparação entre o primeiro período (1862-1891) e o último período (1964-1995) marca uma diferença de 100 mm de chuva, onde os trinta últimos anos aparecem mais secos, com uma variabilidade de 16%. Ao considerar os primeiros 90 anos da série, observou-se um lento e gradativo aumento da precipitação, que foi seguido de uma queda brusca nos últimos trinta anos. Estes resultados nos levariam a concluir que a intervenção humana estaria influenciando diretamente nestes valores. No entanto, quando estes dados são trabalhados de outra forma como os desvios e média acumulada, os resultados são menos chocantes. A série inicia com um período úmido (até 1883) que se mantém até 1890; posteriormente verifica-se uma ligeira queda até 1900; logo após recebem um incremento positivo até 1967; e na última etapa, até 1995, a queda é notável. Depois de ajustar os modelos matemáticos chega-se a conclusão de que a repartição desigual dos valores extremos, assim como a coincidência no momento em que elas aconteceram – que só foram produzidas nos anos finais do século XIX durante o que tem sido denominado de “anomalia climática finidecimonónica” – nos faz pensar que não existe a temerosa “mudança climática” antropogênica, nem mesmo nesta série de Soria, um dos registros históricos menos homogêneos da Espanha.

Barring, Mattsson e Lindqvist (1985) utilizaram-se das lentes Olho de Peixe para fotografar o céu visto das ruas do centro da cidade de Malmo, na Suécia. Estas fotos, mais conhecidas como Sky View Factor, possibilitaram a indicação da fração do céu que está livre da obstrução dos elementos urbanos e, a partir dessa relação foi criado o índice de obstrução do céu. Comparou-se a intensidade máxima da ilha de calor em relação à média do índice de

obstrução do céu. Os resultados indicaram que a ilha de calor se desenvolve melhor em noites claras e de calmaria, como resultado do resfriamento atrasado das cidades, se comparada às áreas rurais do seu entorno. Diferentes fatores foram sugeridos e provados como geradores das diferenças térmicas entre ambientes urbanos e rurais, tais como: ar poluído, calor antropogênico, propriedade térmica dos materiais utilizados nas construções bem como a geometria da superfície construída. Isso ocorre porque a geometria da superfície tem uma influência complexa sobre a atmosfera urbana, já que compreende a diminuição da velocidade do vento, a redução da perda de calor sensível e latente. A obstrução do céu é o mais importante dos efeitos no que diz respeito ao atraso do resfriamento do solo durante as noites claras e de calmaria.

Eagleman (1974) estudou os efeitos da urbanização no clima local de três cidades americanas. Kansas City, Topeka e Lawrence foram as cidades escolhidas pois tinham tamanhos e populações variadas na década de 1970 (1.101.787, 132.108 e 45.698 habitantes, respectivamente), o que possibilitaria avaliar como ocorriam as alterações na temperatura e umidade relativa em cada um dos centros urbanos. Para tanto foi utilizado transectos móveis que atravessaram as cidades de norte à sul e de leste à oeste no período de junho de 1971 à outubro de 1972 e, para mensurar as temperaturas máxima e mínima, as medições foram feitas em dois intervalos: entre 00:00 e 05:00 e entre 13:00 e 18:00. Foram encontradas ilhas de calor com maior intensidade nas primeiras horas da manhã maior. Os valores mais altos foram registrados na maior cidade, e os menores valores na menor cidade. As intensidades médias foram: 6,5°F em Kansas, 5,4°F em Topeka e 3,7°F em Lawrence.

No Brasil, os estudos sobre o clima das cidades foram iniciados na década de 1970, no mesmo momento em que a população urbana superava a população rural. Estes estudos encontram, já no seu início as maiores dificuldades, a precariedade da rede de estações meteorológicas em nosso país. A cada ano menos estações estão em funcionamento, no entanto, nossa produção é inversamente proporcional.

Lombardo (1985), em sua pesquisa feita na grande São Paulo, utiliza 45 pontos fixos distribuídos pela cidade para servir de apoio às leituras feitas das imagens dos satélites meteorológicos utilizadas na pesquisa. Os dados obtidos em campo, para comparação com as imagens de satélite, com as marcações da temperatura do ar em três horários (9:00, 15:00 e 21:00) feitas a partir dos pontos fixos dispostos em locais com diferentes usos do solo. Assim pôde a autora verificar a contribuição de tal influência nas variações de temperatura na metrópole paulistana. Como exemplo a ilha de calor na metrópole paulistana do dia 21/08/1980, através da imagem do satélite TIROS – N, gerada no INPE e interpretada por

Lombardo, mostra uma elevação de 9°C com núcleo no centro de São Paulo (Santo Amaro e áreas industriais) que registrou 31°C enquanto que no Morumbi (bairro residencial com índice de vegetação elevado) registrou 22°C.

Danni (1987), ao estudar a distribuição espacial da temperatura do ar da cidade de Porto Alegre/RS, no inverno de 1979, constatou a presença de ilhas térmicas sobre áreas mais densamente edificadas e sobre as áreas caracterizadas pelo uso industrial. Aprofundando sua pesquisa em sua dissertação de mestrado, procurou verificar se no verão de 1982 houve formação de ilha de calor, como também, identificar as relações existentes entre o uso do solo e os aspectos físicos característicos de Porto Alegre com a formação dessas ilhas térmicas. O experimento foi realizado em 32 diferentes pontos da cidade, com medições feitas em dois horários (9h e 21h), tendo como resultado uma distribuição da temperatura que vem caracterizar o fenômeno ilha de calor. Houve nítidos contrastes térmicos entre os espaços com ocupação urbana acentuada e aqueles residenciais de periferia, bem como a existência de ilhas frescas. Um ponto interessante foi que ao contrário do que ocorreu em estudos anteriores, o Centro da cidade, apesar da intensa concentração urbana, não revelou a formação de ilha de calor.

Brandão (1987) se propõe estudar o clima urbano do Rio de Janeiro, através de série longa, 140 anos de dados de temperatura e pluviosidade, avaliando suas tendências e oscilações, se elas atendem a comandos cíclicos ou se refletem distúrbios antrópicos no meio ambiente. Mais especificamente, procura estabelecer prováveis correlações dos elementos climáticos e o processo de urbanização e uso do solo na região metropolitana do Rio de Janeiro. A pesquisa foi voltada para a obtenção de dados que pudessem mostrar o comportamento do clima no Rio de Janeiro e, para isso foram eleitas dezesseis das quarenta estações disponibilizadas para estudo. Entretanto, numa triagem posterior, somente cinco estações tiveram os seus dados utilizados. Resumidamente, as conclusões a que chegou, foi a verificação de uma tendência secular de aquecimento da cidade, que mostrou a presença de dois ciclos quentes interrompidos por um outro com temperaturas mais amenas. Quanto aos períodos mais curtos, pôde-se identificar ciclos mais quentes e mais úmidos entre vinte e trinta anos.

Aguiar (1995) investigou as alterações climáticas na cidade de Manaus, no século XX, considerando sua expansão urbana numa análise histórica (1901 a 1994) e, também, numa análise espacial, levando em conta os diversos padrões de uso do solo, reflexos da apropriação do meio pelo homem. Comparando dados de sete estações meteorológicas padrões existentes, sendo três na zona urbana e quatro ao redor da cidade, assim como os dados obtidos em sete

estações alternativas próprias, instaladas em um eixo, que parte do centro da cidade até a periferia. As observações permitiram concluir que nos horários padrões adotados (8h, 14h e 20h), há uma tendência gradual de diminuição da temperatura, da parte central da cidade para o seu entorno. No horário de 14 horas verificou-se a existência de uma ilha de calor com intensidade de 3,6°C, que foi associada ao uso do solo e ao tráfego de veículos, bastante distintos nos diversos pontos analisados.

Brandão (1996), em sua tese de doutorado, que objetivou a análise do clima urbano da cidade do Rio de Janeiro, considerando as características de uso do solo (aspectos geoecológicos e geourbanos), em três transectos que partiram da área central em direção à Zona Oeste, à Zona Sul e à Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro. Sua metodologia contemplou abordagem do clima urbano da cidade do Rio de Janeiro nas escalas local, topoclimática e microclimática. Tomou medidas fixas em 34 bairros distintos, onde obteve dados horários de temperatura e umidade relativa do ar e em 16 diferentes ambientes (abertos e edificados) para estudo detalhado da área central da cidade. Além disso, realizou um transectos em um perfil incluindo as vertentes norte e sul no maciço da Tijuca. Os dados coletados permitiram o mapeamento do campo térmico e da configuração de ilhas de calor de diferentes intensidades na cidade do Rio de Janeiro e na área central da cidade, nos anos de 1994 e 1995, nas estações de outono e de inverno. Classificando a intensidade da ilha de calor em quatro categorias: fraca (0 à 2°C), moderada (2°C à 4°C), forte (4°C à 6°C) e muito forte (mais de 6°C); Brandão concluiu que a maior intensidade da ilha de calor na cidade do Rio de Janeiro, se manifestou às 15 horas e às 21 horas, estando diretamente associada ao tipo de tempo Anticiclônico Tropical e o Polar em processo de tropicalização. Assim, às 15 horas, o maior aquecimento estava ligado às características geoecológicas de seu sítio (posição em relação ao mar, presença de corpos líquidos, orientação em relação aos maciços) constituindo aspectos favoráveis ao armazenamento de calor no período de maior incidência da radiação solar, como é o caso de Bangu, Penha, Irajá e Campo Grande. Já, às 21 horas, os condicionantes antrópicos tiveram maior peso que os atributos geoambientais, contribuindo para uma maior capacidade de estocagem de calor e conservação da energia, que foi armazenada durante o dia e uma menor taxa de resfriamento, que levou a um aquecimento no período noturno. Como é o caso dos bairros: Copacabana, Santo Cristo, Botafogo, Méier, Maracanã, Tijuca e Praça da Bandeira.

Azevedo (2001), investiu bastante tempo e trabalho no desenvolvimento de um mecanismo que fosse capaz de obter a temperatura do ar sem a influência do calor emitido pelo seu próprio automóvel, em transectos móveis. E conseguiu, no entanto percebeu que não

estava livre da influência do calor dos outros veículos que haviam passado anteriormente. Verificando que a presença de um veículo poderia significar um aumento de até 4°C, decidiu dar outro destino à sua pesquisa. Para justificar a pertinência de uma investigação que seguisse essa linha de raciocínio teria que responder se as outras fontes de calor existentes dentro da área urbana influenciariam a temperatura do ar da mesma forma. Para tanto dividiu seu trabalho em 11 evidências teóricas, que no campo das idéias, responderiam o quanto seria a participação do calor antrópico no aquecimento da Região Metropolitana de São Paulo. Através de cálculos singelos, segundo o próprio autor, o fluxo da radiação solar incidente sobre a Terra em um único dia é equivalente à energia calórica dissipada pela biomassa humana, da população atual, por 760 anos. No entanto, ao concentrar os estudos na Grande São Paulo, onde a densidade populacional é maior, avaliando todas as formas de atividades antrópicas que liberam calor, chegou a conclusão de que o fluxo anual dessa energia dissipada atingiu valores de 16,8% do fluxo anual de radiação global ao nível do solo, sendo perfeitamente comparável para os propósitos do seu trabalho. Para comprovar a hipótese de que haveria um ciclo semanal na temperatura do ar na Grande São Paulo determinado pelas atividades humanas a média da temperatura do ar de algumas estações meteorológicas presentes na Região Metropolitana de São Paulo, quando agregada por dias da semanas, deveria apresentar um “pico” nos dias centrais da semana com tendência crescente nas ultimas décadas. Esta tendência de elevação na temperatura de São Paulo se confirmou, no entanto, não foi verificada a existência de um ciclo semanal para toda a série histórica pesquisada, só para a ultima década.

Na década de 1990, os estudos do clima urbano passaram a ter, também, um outro foco. Não se deteve somente na pesquisa dos grandes centros urbanos, verificando os transtornos ocorridos pelas altas concentrações populacionais, mas mostrou uma preocupação com as cidades de menor porte, tentando salientar as primeiras modificações corridas nessas “atmosferas” em início de degradação, para que fossem feitos planejamentos urbanos mais direcionados e preocupados em manter uma boa qualidade ambiental nessas aglomerações em processo de crescimento.

Monteiro (1990) põe em prática a sua teoria do sistema clima urbano, explanada em sua Tese de Livre docência, em 1976, que serviu de base metodológica a tantos pesquisadores e agora estava sendo testada por ele mesmo, na cidade de Florianópolis/SC. Com a utilização de abrigos meteorológicos, onde se protegia os termômetros da ação direta dos raios solares, suspensos à 1,5 metros do chão, para não sofrerem interferência do calor da superfície. Os abrigos foram distribuídos em 20 locais de observação pontual, com diferentes tipos de

arranjos topográficos urbanizados. A pesquisa foi realizada no inverno, durante o período letivo, e, recebeu auxílio dos alunos do mestrado em geografia, com apoio dos alunos da graduação em geografia e até mesmo de outros cursos, como história, já que o número de alunos deveria ser superior ao de postos de observação. Isso porque os registros teriam que ser produzidos ao longo de 24 horas. Como resultado, o autor mostra que o confronto das medidas de temperatura no experimento de campo e aquelas obtidas no posto meteorológico é bastante proveitoso. Às 15 horas a temperatura do posto era 18,2°C, e ao longo das dez estações que cortavam a cidade, as temperaturas variavam em nível quase sempre superior entre 19,1°C (em cinco dos postos) chegando a atingir 25,1°C. O curioso foi que no centro, a temperatura registrada foi de 19,2°C, portanto não muito diferente do posto meteorológico. Mas isso tem a ver com os próprios sombreamentos que os edifícios projetam sobre a praça onde foi medida a temperatura.

Zamparoni (1995) estudou o clima urbano de Barra dos Bugres e Tangará da Serra, duas cidades de pequeno porte do interior do Mato Grosso. O objetivo do trabalho era identificar a existência de ilhas de calor e comparar suas intensidades ao grau de urbanização, diferente entre as duas cidades (Barra dos Bugres com 18.744 habitantes e em estagnação e Tangará da Serra com 39.840 habitantes e em rápido crescimento). Com a utilização de sensores de temperatura e umidade relativa do ar em transetos móveis realizados às 8, 14 e 20 horas, complementados com os registros horários (de 8 às 20 horas) de abrigos meteorológicos instalados nas cidades. Os transetos tinham início na entrada da cidade, passavam pelo centro e saíam novamente. Desta maneira se pôde constatar a diferença de temperaturas entre o centro (mais quente) e a área mais afastada de cada cidade, 3,6°C em Barra dos Bugres e 5,4°C em Tangará da Serra.

Santos (1996) desenvolveu um estudo metodológico para cidades de pequeno e médio porte, tendo Maringá/PR como estudo de caso. Ele divide sua pesquisa em duas fases, na primeira foram utilizados sete pontos de medição e na segunda seis, com diferentes tipos de uso do solo, no centro e na periferia da cidade. Na primeira fase buscou-se avaliar a influência das atividades urbanas, com a produção de calor antropogênico, que contribuiria para um menor ou maior aquecimento da cidade. Para isso foram escolhidos dois dias da semana: a sexta-feira (o dia de maior movimento de pessoas na cidade) e o domingo (o dia de menor movimento de pessoas na cidade), nos horários de rush com verificação uma hora antes e uma depois (11h, 12h, 13h e 17h, 18h, 19h). Na segunda fase há uma avaliação dos atributos climáticos da cidade através de medições realizadas nos três horários padrão, com uma hora antes e uma depois desses horários (8h, 9h, 10h e 14h, 15h, 16h e 20h, 21h, 22h), para

acompanhar o aquecimento e a conservação do calor pela estrutura física da cidade. Os resultados permitiram a divisão do espaço urbano em 13 unidades climáticas, que apresentaram contraste térmico muito reduzido (1°C à 3°C), no entanto, estes contrastes, sobretudo os da segunda fase, devem ter sido determinados pelo tipo de tempo que se verificou no dia, homogeneizando os comportamentos destas unidades climáticas. No experimento de sexta-feira, na primeira fase, as temperaturas das unidades topoclimáticas urbanas apresentaram um gradiente térmico positivo no sentido periferia-centro. Já no domingo não foi verificado esse gradiente positivo da temperatura, e de um modo geral, pode ter sido condicionado pela baixa dinâmica urbana provocada pela paralisação da maior parte das funções urbanas no final de semana. A cidade teria produzido menos calor antropogênico, já que neste dia (domingo), as unidades climáticas do centro não foram muito mais quentes do que as da periferia.

Mendonça (2003a) descrevendo o trabalho desenvolvido em sua tese de doutorado (1995), mostra uma pesquisa feita com projeto para cidades de pequeno e médio porte, tendo como estudo de caso Londrina/PR. Levantando dados em quatro horários (6h, 9h, 15h e 21h), em situações sazonais de verão e inverno (sob diferentes tipos de tempo), em 17 pontos distribuídos pela malha urbana e mais dois transectos (norte/sul e leste/oeste); permitiram uma observação detalhada que constatou algumas particularidades do clima da cidade em questão. As ilhas de calor que se formaram na área urbana da cidade de Londrina ocorreram, sobretudo no período noturno, tanto na estação de verão quanto na estação de inverno. As magnitudes mais expressivas do fenômeno ocorreram em noites de verão – atingindo 10°C e 9°C, em condições de vento calmo, céu limpo e domínio da STA (Sistema Tropical Atlântico).

Numa pesquisa pioneira, o estudo de clima urbano na cidade do Rio de Janeiro, com uma metodologia com enfoque na escala dos bairros, a Professora Doutora Ana Maria de Paiva Macedo Brandão, coordenadora do Laboratório de Climatologia Geográfica e Análise Ambiental (CLIMAGEO) do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, chega a interessantes resultados sobre ilhas de calor na Área Central da cidade do Rio de Janeiro e em outros bairros da cidade. Essa linha de pesquisa é também tema do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da UFRJ, originando dissertações de mestrado sobre a Ilha do Governador (Fialho, 2002), Zona Oeste (Lucena, 2005) e Copacabana (Malheiros, 2006) além de monografias sobre outros bairros da cidade como Méier (França, 2003), Bangu (Lucena, 2003) e Maracanã (Farias, 2004).

5 - Metodologia

As questões levantadas no item 4.4 orientaram a estratégia metodológica deste trabalho que compreende sete etapas.

- **Primeira Etapa:** Compreende o levantamento bibliográfico sobre o tema objeto de investigação e sobre o bairro Maracanã e sua região, a fim de obter dados e informações sobre o seu passado e as mudanças ocorridas ao longo do processo de crescimento que permitiram as modificações na paisagem. Esta etapa visa captar os elementos necessários para interpretação da realidade vigente nos dias de hoje.

- **Segunda Etapa:** Para uma análise detalhada dos aspectos geoecológicos e geourbanos foram utilizadas algumas importantes fontes de análise: planta do bairro Maracanã na escala 1:10.000, fotografias aéreas na escala 1:8.000, e 1:2.000 das áreas amostrais abrangendo os pontos de monitoramento, carta de uso e ocupação do solo na escala de 1:10.000 e, ainda, dados demográficos e sócio econômicos, obtidos junto aos órgãos da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, como o Instituto Pereira Passos.

- **Terceira etapa:** Obtenção dos dados diários da estação climatológica localizada no bairro Maracanã, para confecção de gráficos da série histórica com onze anos de registros (1992 a 2002) da temperatura do ar. Além da variação diária, mensal e anual expressas em tabelas e gráficos, visando a análise do ritmo climático da área de estudo, em especial o ritmo térmico semanal.

- **Quarta etapa:** Obtenção dos dados das estações de qualidade do ar (junto à Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro) para confecção de gráficos a partir das médias diárias do primeiro trimestre do ano de 2002 de concentração de monóxido de carbono e sua comparação com os dados correspondentes de temperatura ar no mesmo período. O monóxido de carbono foi escolhido para avaliar o fluxo de carros em cada dia da semana, já que as estações de qualidade do ar não monitoraram a concentração de dióxido de carbono, gás estufa. Com estas informações objetiva-se identificar a interferência do fluxo de veículos no comportamento das temperaturas confrontando o comportamento das curvas de variação da temperatura e de concentração de monóxido de carbono. Foram escolhidas as estações de São Cristóvão (situada no Campo de São Cristóvão), Tijuca (localizada na Praça Saes Peña) por serem as mais próximas das condições ambientais do bairro e Centro (situada

no Largo da Carioca) por apresentar um ritmo de atividades bem marcante - bastante intenso de segunda à sexta-feira e com menor movimento no sábado e no domingo.

Figura 5.1 – Localização dos bairros das estações de qualidade do ar da Prefeitura do Rio de Janeiro



- **Quinta etapa:** Monitoramento da temperatura do ar em diferentes ambientes selecionados no bairro. Para isto é imprescindível a montagem de uma rede de pontos amostrais o que só foi possível com a colaboração de uma equipe formada por alunos de graduação, devidamente treinada. Foram selecionadas 14 áreas para o levantamento de dados em campo. Foi o possível considerando as inúmeras dificuldades para a realização de trabalhos dessa natureza, e sabendo da necessidade de um número bem maior de pontos amostrais.

Para os trabalhos de campo foram utilizadas cartas sinóticas do dia da pesquisa, além do dia anterior e posterior ao campo. Isso para que se tivesse um melhor acompanhamento das condições atmosféricas do período do experimento de campo. Para o registro dos dados pelo observador foram produzidas planilhas para anotação dos valores encontrados nas medições.

Para a coleta das temperaturas do ar, seco e úmido, nos 14 pontos de coletas, utilizou-se psicrômetros de funda, que com a ajuda da tabela psicrométrica, foi possível obter os valores de umidade relativa do ar. Estes materiais utilizados para observação e mensuração do clima urbano são de origem bem singela. Mas, como destaca Monteiro (1990), essa singeleza do *aparatus* técnico deve ser compensada por uma consistência na lógica da investigação e cuidados especiais na avaliação dos resultados.

- Os Experimentos de Campo Realizados no Bairro

Os trabalhos de campo foram realizados em três datas (10/06/2003 - terça-feira, 13/05/2004 - quinta-feira, e 19/11/2005 - sábado), a fim de avaliar o comportamento do campo térmico em situações sazonais diferentes (inverno, outono e primavera, respectivamente) e, além disto, analisar o ritmo térmico diário em diferentes dias da semana. Estes contaram com a colaboração dos alunos da disciplina Climatologia Geográfica, do curso de graduação em Geografia da UFRJ.

Para as pesquisas de campo, foi elaborada uma malha de coleta de dados que cobrisse todo o bairro, onde os alunos, divididos inicialmente em 14 grupos, deveriam se posicionar para as coletas. Os pontos onde foram feitos os monitoramentos de temperatura e umidade relativa do ar foram posicionados buscando-se diferentes usos do solo, verticalizações das construções (casas ou edifícios), fluxos de veículos e pessoas (ruas ou avenidas).

Todas as pessoas envolvidas receberam treinamento e instruções para uma boa leitura dos equipamentos utilizados em campo, mas devido a alguns incidentes, algumas amostras tiveram de ser descartadas, restando apenas 10 grupos no primeiro campo (grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13 e 14). Para o segundo campo houve uma modificação, o ponto 1 (em frente à entrada da UERJ) foi eliminado por questões de segurança. Embora estivéssemos contando com menos pontos de observação no segundo campo, treze grupos, foram coletados o mesmo número de dados, já que desta vez pudemos contar com os pontos 9 e 12. Ainda assim ficamos com os dados de 10 grupos neste segundo trabalho de campo (2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13 e 14). Para o terceiro trabalho de campo, realizado em um final de semana, dividimos os alunos em grupos maiores e ficamos com menos pontos de observação (10 no total) e todos realizaram o experimento.

Cada grupo de alunos recebeu um *kit* (figura 5.2) contendo um psicrômetro de funda com dois termômetros, um com bulbo seco e outro com bulbo úmido, uma tabela psicrométrica, um frasco com água, uma fita de cetim e a escala Beaufort para avaliar a direção e velocidade do vento, além de uma planilha para anotações das temperaturas, da umidade relativa, da direção do vento, da intensidade do vento, da nebulosidade, do fluxo de veículos e da insolação.

Os registros horários foram feitos das 8 horas até às 18 horas. Por questão de segurança não se fez medições nos horários posteriores. No terceiro trabalho de campo, devido a fortes chuvas, a maior parte dos grupos encerrou as medições antes das 17 horas e, assim, obteve-se menor base de dados.



Figura 5.2 – Materiais Utilizados nas Medições no Bairro

Sexta etapa: Mapeamento do campo térmico, avaliação da configuração de ilhas de calor e a classificação de sua intensidade de acordo com a proposta de Brandão (1996), como mostra o quadro 5.1. Estes procedimentos foram alcançados a partir de levantamento de campo em diferentes ambientes selecionados, associando os resultados ao sítio, aos diferentes padrões de uso do solo e as situações sinóticas dominantes nas estações de inverno, outono e primavera. Nos mapas com a espacialização das temperaturas dos experimentos de campo foram utilizadas duas técnicas para representação das ilhas de calor: as isolinhas e os círculos coloridos que quantificam a intensidade da temperatura do ar em cada ponto de medição.

Inicialmente trabalhou-se com os círculos coloridos para avaliar a intensidade das ilhas de calor. Esta técnica foi escolhida pois facilita a identificação e comparação das temperaturas registradas nos pontos de medição. No entanto, posteriormente fez-se uso das isolinhas para identificar a configuração e mobilidade espacial ao longo dos experimentos.

Quadro 5.1 – Classificação das Intensidades das Ilhas de Calor

Acima de 6°C	Muito Forte
De 4°C à 6°C	Forte
De 2°C à 4°C	Moderada
Até 2°C	Fraca

Adaptado de Brandão (1996)

- **Sétima Etapa:** Cálculo dos índices de conforto, a partir dos dados obtidos nos experimentos de campo, segundo a proposta de Thom (1959), adotando-se a seguinte fórmula: $TE=0,4(TS+TU)+4,8$, onde TE, TS e TU correspondem à temperatura efetiva, termômetro de bulbo seco e termômetro de bulbo úmido, respectivamente. Esta é uma fórmula que apresenta limitações pois a análise do conforto térmico é extremamente subjetiva e envolvem muitas variáveis. No entanto esta singela fórmula atende aos objetivos deste trabalho, principalmente, porque para a sua aplicação é necessário somente os dados mensurados em campo, TS e TU.

Para a verificação do nível do desconforto foi utilizada a tabela de Terjung, de 1966 (Quadro 5.2). Assim, além do mapeamento do campo térmico e dos ambientes com maiores índices de desconforto, vislumbra-se a comparação entre as situações de inverno e de outono para disto se extrair os resultados significativos ao estudo em pauta. No cumprimento das etapas utilizou-se os softwares word, excel, arcview, corel draw, autocad, paint brush e log chart Novus.

Quadro 5.2 – Níveis de desconforto

Mais de 30°C	Stress térmico - aquecimento elevado
de 27°C a 30°C	Desconforto por aquecimento
de 24°C a 27°C	Leve desconforto
de 20°C a 24°C	Zona de Conforto ou Neutralidade térmica
de 18°C a 20°C	Leve desconforto
de 15°C a 18°C	Desconforto por resfriamento
de 12°C a 15°C	Resfriamento elevado

Adaptado de Terjung (1966)

- **Oitava Etapa:** Monitoramento da temperatura do ar em diferentes ambientes no interior do Estádio Mário Filho. Neste trabalho de campo realizado dentro das dependências do Estádio Mário Filho, (popularmente conhecido como Maracanã), buscou-se avaliar a possível interferência provocada, por uma grande concentração de pessoas, na temperatura do ar. Para isto, foi escolhido o primeiro jogo da final da Copa do Brasil entre Flamengo e Vasco (dia 19/07/2006), que provavelmente atrairia um bom público ao estádio.

No entanto, era preciso saber como se comportava a temperatura e umidade relativa com o estádio vazio para depois fazer o confronto com os dados do dia do jogo. Para este experimento utilizou-se cinco *data loggers* da marca Novus que foram posicionados em quatro diferentes pontos no interior do Estádio e um distante algumas quadras do Maracanã. A localização dos equipamentos de monitoramento dentro do estádio buscou diferentes pontos de concentração de torcedores e foram escolhidos pelo administrador do Maracanã como sendo os mais seguros, já que o mesmo se encontrava em obras e muitas pessoas circulavam 24 horas pelas suas dependências.

Todos os *data loggers* ficaram dentro de abrigos (figura 5.3), há um metro e meio de altura, para que não sofressem influência da radiação do solo, ou fossem atingidos diretamente pelos raios do sol e pela chuva. Estes instrumentos foram fundamentais para dar

continuidade ao monitoramento dos dados, pois as medições poderiam ser feitas, instantaneamente e por um período maior de tempo.

Os *data loggers* (figura 5.4) foram aferidos e programados para registrar dados de 10 em 10 minutos, começando às 14 horas do dia 18/07/2006 e se estendendo até as 12 horas do dia 21/07/2006.



Figura 5.3 – Abrigo onde se posicionaram os *Data Loggers* utilizados nas medições no Estádio



Figura 5.4 – O *Data Logger* utilizado nas medições no Estádio

5.1 – Localização dos Pontos de Observação dos Experimentos de Campo

5.1.1 – Os Ambientes Monitorados no Bairro

Na ilustração abaixo (figura 5.5) utilizou-se o mapeamento do uso do solo para demonstrar a localização dos pontos. Em seguida apresenta-se os respectivos endereços e a descrição dos ambientes seleccionados para os trabalhos de campo.

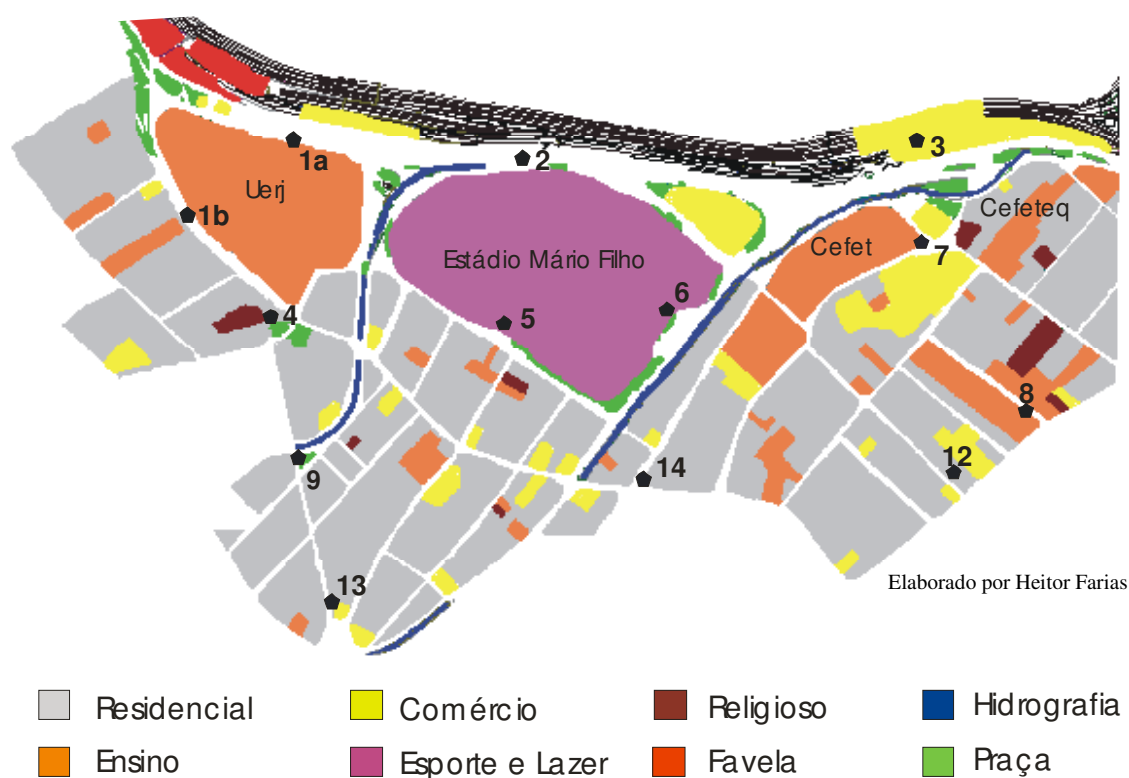


Figura 5.5 – Uso do solo e localização dos pontos de observação para o trabalho de campo no bairro

Ponto 1a: Avenida Oswaldo Aranha (recoo em frente à entrada da UERJ). (Figuras 5.6 e 5.7)

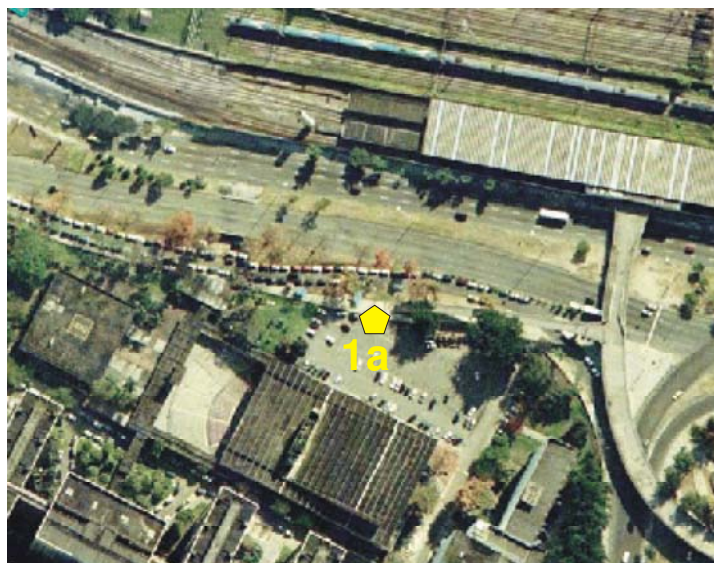


Figura 5.6 – Foto Aérea do Ponto 1a

Fonte: IPP

Este ponto foi posicionado no recoo, utilizado como estacionamento, ao lado da passarela que dá acesso à estação Maracanã do metrô. É um dos acessos à Universidade de Estado do Rio de Janeiro, na Avenida Oswaldo Aranha, também conhecida como Radial Oeste. Este era o ponto 1 original, posicionado no primeiro trabalho de campo, mas foi descartado devido aos assaltos constantes.



Figura 5.7 – Ponto 1a

Fonte: Heitor Farias

Ponto 1b: Avenida São Francisco Xavier (em frente a UERJ) (Figuras 5.8 e 5.9)

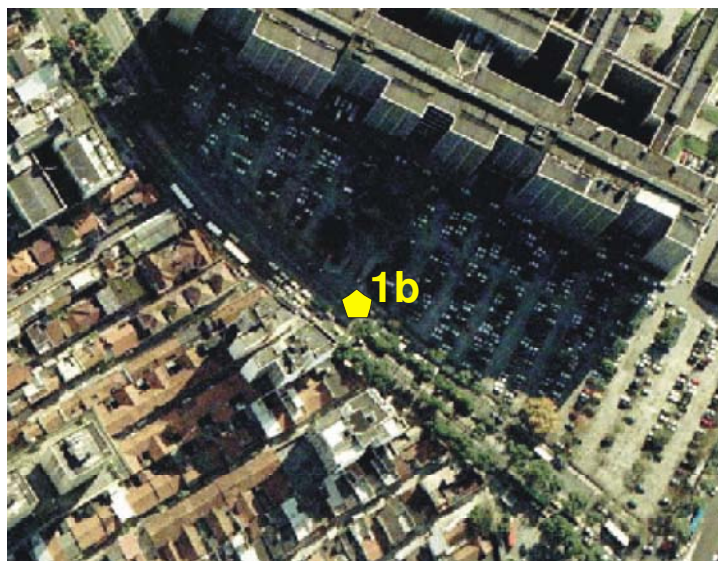


Figura 5.8 – Foto Aérea do Ponto 1b

Fonte: IPP

Uma das principais ruas do bairro onde se observa grande movimentação de veículos e pessoas, devido à localização da entrada principal da UERJ, além de muitos pontos de ônibus e táxi. Este passou a ser o ponto 1 já no segundo trabalho de campo (13/05/2004 – Primavera).



Figura 5.9 – Ponto 1b

Fonte: Heitor Farias

Ponto 2: Avenida Oswaldo Aranha (em frente à Estação Maracanã) (Figuras 5.10 e 5.11)



Figura 5.10 – Foto Aérea do Ponto 2

Fonte: IPP

As medições foram feitas na estação Maracanã, onde ocorre o desembarque das pessoas que utilizam os trens. Não há presença de edificações, sendo o Estádio Maracanã a mais próxima. O ponto localizado na Avenida Oswaldo Aranha apresenta grande fluxo de veículos.



Figura 5.11 – Ponto 2

Fonte: Heitor Farias

Ponto 3: Avenida Radial Oeste (em frente à Estação São Cristóvão) (Figuras 5.12 e 5.13)



Fonte: IPP

Figura 5.12 – Foto Aérea do Ponto 3

Este ponto se situa em frente à Estação São Cristóvão, linha 2 do metrô. Neste ponto a Avenida Oswaldo Aranha apresenta edificações de poucos pavimentos no lado direito e grande fluxo de veículos. No lado esquerdo estão os trilhos dos trens e metrô de superfície.



Fonte: Heitor Farias

Figura 5.13 – Ponto 3

Ponto 4: Praça Maracanã (cruzamento da rua S.F. Xavier com a rua 28 de Setembro) (Figuras 5.14 e 5.15)

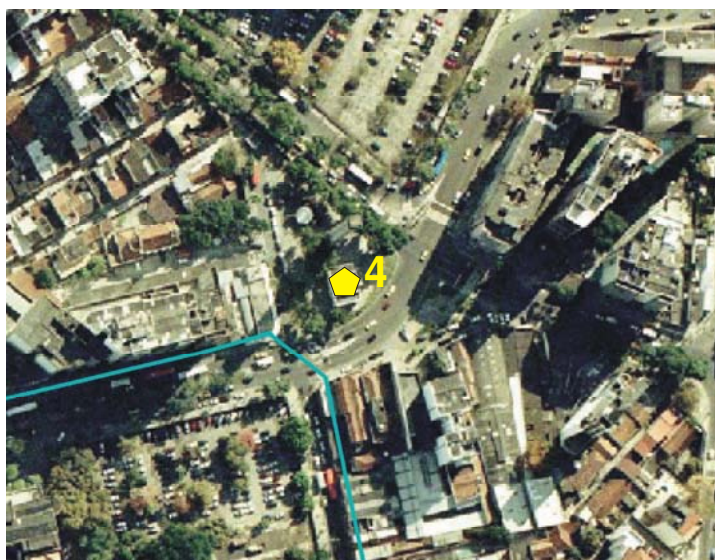


Figura 5.14 – Foto Aérea do Ponto 4 Fonte: IPP

Neste cruzamento está uma das esquinas com maior fluxo de veículos do bairro e com grande movimento de pedestres em função do comércio, preponderante no local. Na praça localizam-se muitos bares e restaurantes que atendem à grande demanda de estudantes e profissionais, principalmente, da UERJ. O local é um ponto de encontro importante do bairro sendo bastante freqüentado, sobretudo, à noite.



Figura 5.15 – Ponto 4 Fonte: Heitor Farias

Ponto 5: Rua Eurico Rabelo (próximo à entrada social do Estádio Maracanã) (Figuras 5.16 e 5.17)



Figura 5.16 – Foto Aérea do Ponto 5

Fonte: IPP

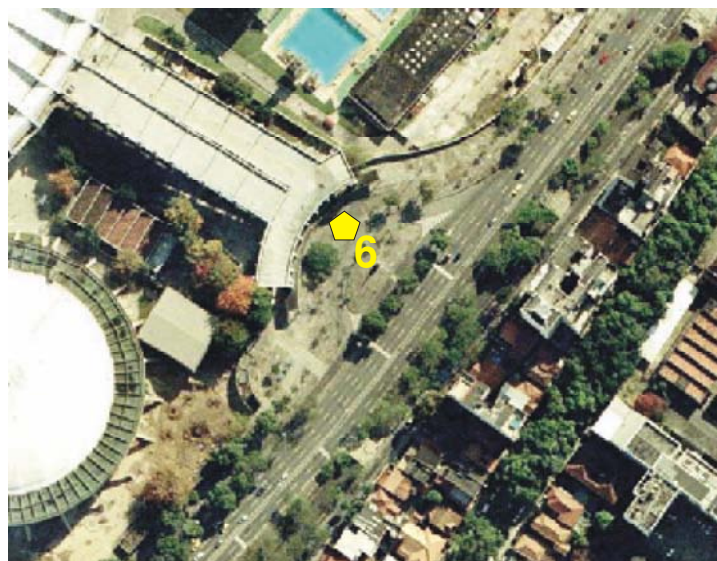
Localizado em uma rua bastante arborizada com movimento de veículos, principalmente ônibus. Esta rua está em uma área próxima ao bairro da Tijuca, onde estão os edifícios mais novos e mais altos do bairro Maracanã.



Figura 5.17 – Ponto 5

Fonte: Heitor Farias

Ponto 6: Avenida Maracanã (Estátua do Beline) (Figuras 5.18 e 5.19)



Fonte: IPP

Figura 5.18 – Foto Aérea do Ponto 6

Na entrada principal do Estádio, em frente à estátua do Beline, localizou-se o ponto 6. Nesta avenida, que margeia o rio Maracanã, há predomínio de casas e, por ser um dos principais acessos à Tijuca, apresenta um intenso fluxo de veículos.



Fonte: Heitor Farias

Figura 5.19 – Ponto 6

Ponto 7: Cruzamento da rua General Canabarro com a rua Ibituruna. (Figuras 5.20 e 5.21)



Figura 5.20 – Foto Aérea do Ponto 7

Fonte: IPP

Este ponto é caracterizado pelo grande fluxo de pedestres, devido à presença de instituições de grande porte, como as de ensino Universidade Veiga de Almeida e Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), além da Petrobrás e IBGE.



Figura 5.21 – Ponto 7

Fonte: Heitor Farias

Ponto 8: Cruzamento da rua Mariz e Barros com a rua Ibituruna (Instituto de Educação)
(Figuras 5.22 e 5.23)



Figura 5.22 – Foto Aérea do Ponto 8

Fonte: IPP

O ponto 8 está situado numa esquina bem movimentada, em frente ao Instituto de Educação. A rua Mariz e Barros, limite do bairro Maracanã com o bairro Tijuca, tem intenso fluxo de veículos, edificações com maior número de pavimentos e bastante comércio.



Figura 5.23 – Ponto 8

Fonte: Heitor Farias

Ponto 9: Praça Niterói (Figuras 5.24 e 5.25)



Figura 5.24 – Foto Aérea do Ponto 9

Fonte: IPP

Apesar de ser uma área de lazer bastante arborizada, a praça fica vazia durante todo o dia, principalmente devido a presença de menores de rua. Em frente a praça está a Rua Teodoro da Silva com bastante movimento de veículos, completamente engarrafada nos horários de rush.



Fonte: Heitor Farias

Figura 5.25 – Ponto 9

Ponto 12: Cruzamento das ruas Mariz e Barros e Professor Gabizo (Figuras 5.26 e 5.27)



Figura 5.26 – Foto Aérea do Ponto 12

Fonte: IPP

Uma esquina com bastante movimento de pedestres e de veículos. A rua Mariz e Barros é a mais larga com muitos edifícios, movimento de veículos e pedestres; já a professor Gabizo é mais estreita com edifícios muito altos, que proporcionam sombra durante boa parte do dia.



Fonte: Heitor Farias

Figura 5.27 – Ponto 12

Ponto 13: Cruzamento da rua Felipe Camarão com a Avenida Maracanã (Praça Vanhargen)
(Figuras 5.28 e 5.29)



Fonte:IPP

Figura 5.28 – Foto Aérea do Ponto 13

O ponto 13 foi localizado na Praça Vanhargen, arborizada e calçada com pedras portuguesas. A Avenida Maracanã, margeada pelo rio de mesmo nome (canalizado), tem nesta área, edificações com maior número de pavimentos, muito maiores do que as casas que se encontram na mesma avenida, em frente ao Estádio Maracanã.



Fonte: Heitor Farias

Figura 5.29 – Ponto 13

Ponto 14: Cruzamento da rua S.F. Xavier com a rua Gen. Canabarro (Colégio Militar)
(Figuras 5.30 e 5.31)

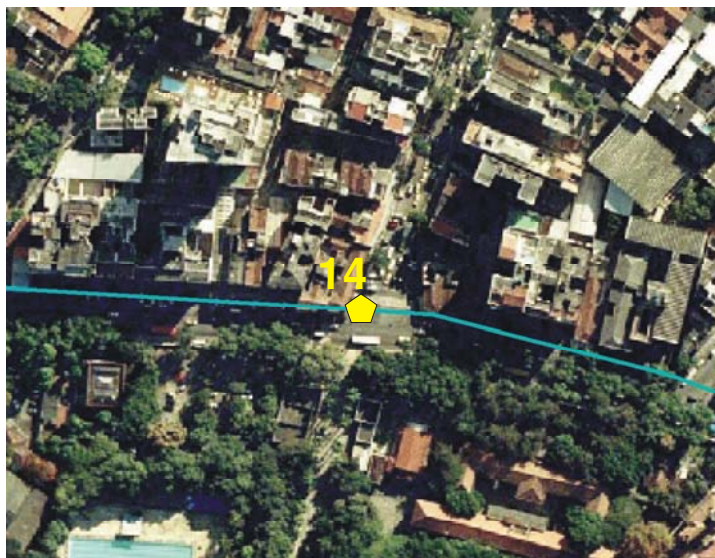


Figura 5.30 – Foto Aérea do Ponto 14

Fonte: IPP

É uma rua de edifícios altos, que formam um corredor com intenso fluxo de veículos e pedestres, devido ao comércio local. Este ponto conta com arborização intensa proveniente do pátio do Colégio Militar.



Figura 5.31 – Ponto 14

Fonte: Heitor Farias

5.1.2 – Os Ambientes Monitorados no Estádio Mário Filho

Como o estádio está passando por obras destinadas a adequá-lo aos requisitos obrigatórios do Pan-Americano de 2007, é grande o número de trabalhadores que circulam em suas dependências durante todo o dia. Assim os pontos escolhidos para a fixação dos abrigos com os data loggers deveriam ficar em local de difícil acesso a fim de garantir a sua permanência até o fim do experimento. A figura abaixo mostra a localização dos pontos de monitoramento. (Figura 5.32)

Obs: A numeração dos pontos segue a numeração fixada nos instrumentos e foi respeitada para que não houvesse confusão na transposição dos dados gerados para as planilhas do computador.



Figura 5.32 – Localização dos pontos dentro do estádio

Ponto 1: Na Varanda da Suderj, correspondente ao quinto andar, localizado sobre a rampa de acesso as arquibancadas da torcida do Vasco, na direção da Radial Oeste. (Figuras 5.33)



Fonte: Heitor Farias

Figura 5.33 – Ponto 1 do estádio

Ponto 2: Na parte externa da rampa que dá acesso aos camarotes (passagem de veículos). Este abrigo ficou na altura da copa das árvores, a 15 metros de altura do solo em relação ao primeiro pavimento e, a um metro do segundo pavimento. (Figuras 5.34)



Figura 5.34 – Ponto 2 do estádio

Ponto 5: Na portaria social do Maracanã, sobre a cabine da segurança do portão número 19 do estádio, localizado na rua Eurico Rabelo. (Figuras 5.35)



Figura 5.35 – Ponto 5 do estádio

Ponto 6: Na varanda da minha casa, localizada em uma vila de casas, na rua Oito de Dezembro, a uma distância de aproximadamente 1 quilômetro do estádio. (Figuras 5.36)



Figura 5.36 – Ponto 6 do estádio

Ponto 7: Próximo as cadeira especiais, no último pavimento das arquibancadas sobre a torcida do Vasco. (Figuras 5.37)

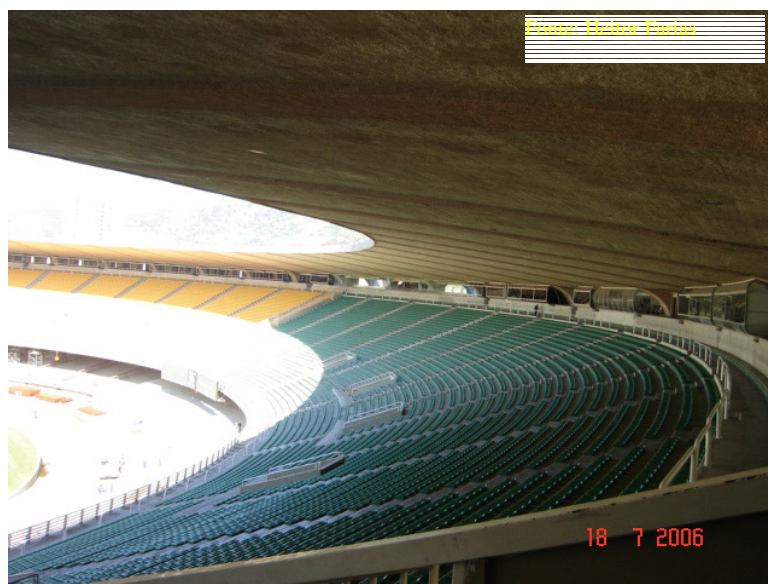


Figura 5.37 – Ponto 7 do estádio

6 – Análise e Discussão dos Resultados

6.1 – Os Dados da Estação Meteorológica

A estação climatológica Maracanã, apesar de dispor de uma série temporal curta para esta análise, com apenas dez anos, pode-se notar através do gráfico 6.1 que a temperatura média anual apresentou uma forte tendência ao aumento, principalmente até o ano de 1997. Enquanto no ano de 1992 a temperatura média anual registrou valor inferior a 25,5°C, em 2001 este valor foi de 27,5°C, confirmando essa tendência ao aumento.

A temperatura média do período foi de 26,1°C, sendo que cinco dos dez anos da série tiveram temperatura média superior à média do período - 1996, 1997, 1998, 2000 e 2001. O ano de 1997 foi um ano padrão extremo, pois apresentou médias mensais muito altas e, como consequência, a temperatura média anual muito superior aos demais anos da série.

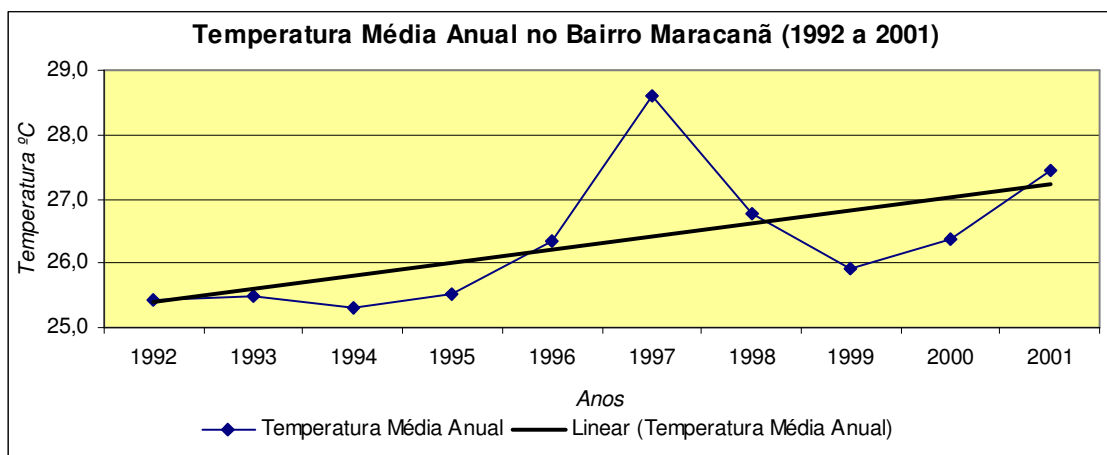


Gráfico 6.1 – Temperatura média anual da estação meteorológica do Maracanã

Na série de dados diários trabalhados, de janeiro de 1992 a março de 2002, extraindo-se a média da temperatura para cada dia da semana, deste período, encontra-se valores mais baixos para os finais de semana (sábado e domingo), enquanto os maiores valores são registrados às terças e quartas feiras, como pode ser observado no gráfico 6.2.

Com relação aos dados da Estação Meteorológica do Maracanã, por mais que sejam cumpridas todas as medidas para isolar os efeitos do urbano no registro da temperatura, pode ser possível que estes se manifestem.

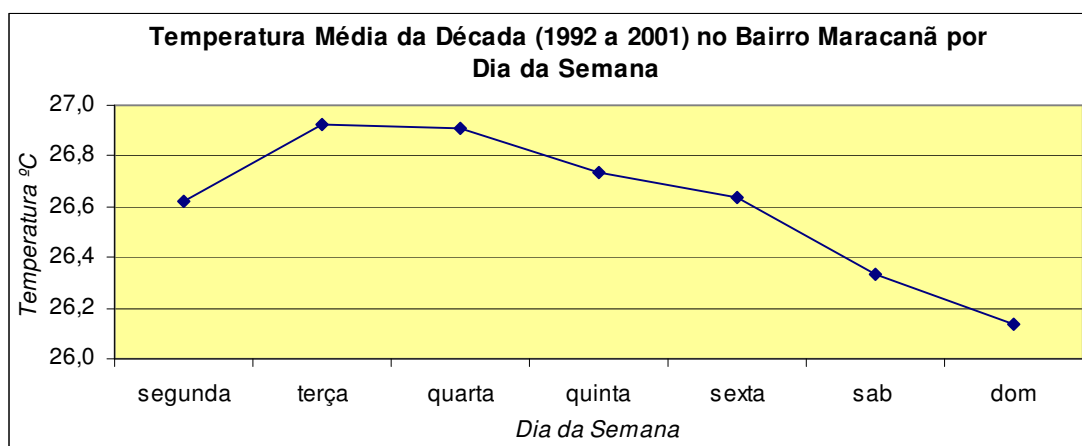


Gráfico 6.2 – Temperatura média da década por dia da semana da estação meteorológica do Maracanã

Observa-se, nos dados térmicos para cada ano, que esse ritmo predomina no maior número de anos da série, destacando-se o ano de 1997 com os valores térmicos mais elevados (Gráfico 6.3).

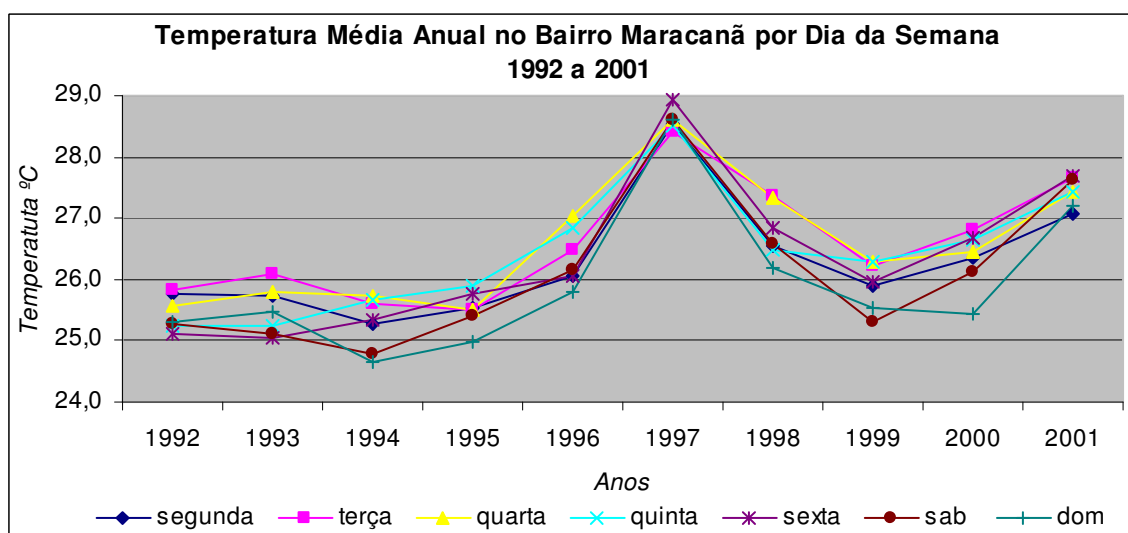


Gráfico 6.3 – Temperatura média anual por dia da semana da estação meteorológica do Maracanã

Nos anos de 1992 e 1993, a segunda, a terça e a quarta-feira foram os dias mais quentes enquanto a quinta, a sexta e o sábado foram os menos quentes. A partir do ano de 1994 até o ano 2000, a terça, a quarta e quinta-feira estão entre os dias mais quentes ao passo que o sábado e o domingo são os menos quentes. O ano de 1997 foi uma exceção pois todos os dias da semana tiveram valores elevados e muito próximos, havendo pouca diferenciação entre eles. Em 2001, sábado e terça tiveram médias mais elevadas enquanto domingo e segunda as mais baixas.

Observando-se os dados de temperatura média anual por dia da semana, separadamente, para cada ano da série, destacam-se os anos 1994, com médias mais baixas (gráfico 6.4), e 2000, com médias mais elevadas (gráfico 6.5), ambos com ritmos semanais

onde o sábado e o domingo têm as temperaturas médias mais baixas da semana. É interessante observar que a temperatura cai quando se aproxima o final de semana e volta a subir na segunda-feira, atingindo os maiores valores na terça e quarta-feira. Este comportamento pode ainda ser observado nos anos de 1995, 1996, 1999 e 2002.

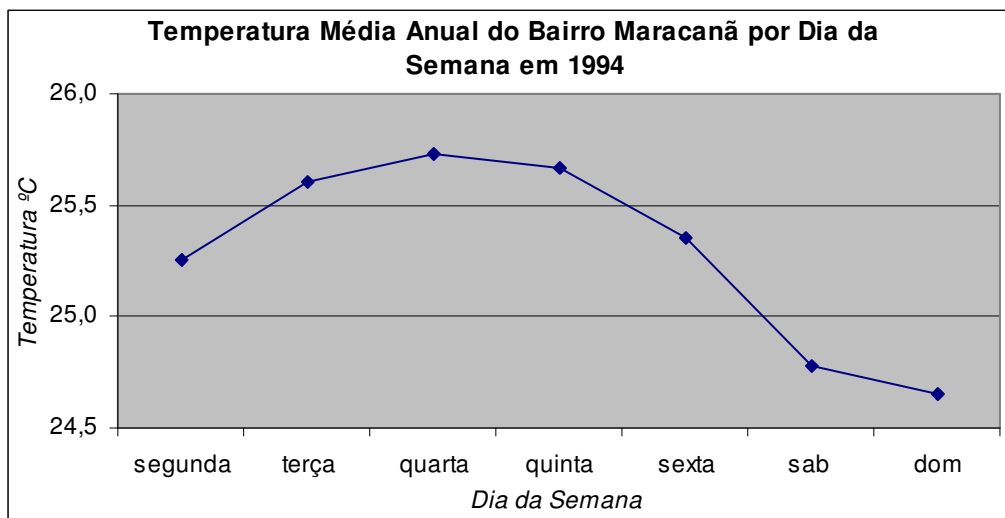


Gráfico 6.4 – Temperatura média de 1994 por dia da semana

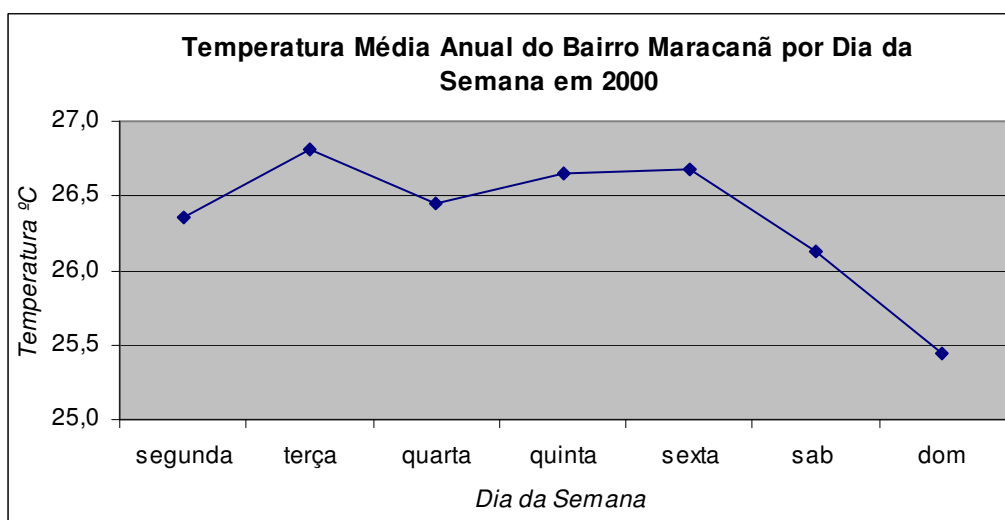


Gráfico 6.5 – Temperatura média de 2000 por dia da semana

Mas será que esta é uma tendência em toda a Cidade do Rio de Janeiro? No subcapítulo 6.2 foram utilizados os dados de estações meteorológicas de alguns bairros próximos ao Maracanã para verificar o comportamento da temperatura.

6.2 – Os Dados de Temperatura das Estações de Qualidade do Ar

As estações de qualidade do ar da Prefeitura do Rio de Janeiro fizeram parte de um projeto da Secretaria Municipal de Meio Ambiente que visava o monitoramento, em tempo real, de partículas inaláveis e elementos do clima, afim de orientar ações que melhorassem a qualidade do ar na cidade. A série de dados que já é muito curta, devido à duração do projeto (apenas 5 anos de dados registrados, de 2001 a 2006), ficou ainda menor com as dificuldades para obtê-los junto à Prefeitura.

Foram trabalhados os registros de 2002 das estações de qualidade do ar, sendo o primeiro trimestre deste ano (janeiro, fevereiro e março) o período em comum nas séries de dados tanto da estação do Maracanã quanto da Prefeitura. Para fazer esta comparação foram utilizadas as médias diárias de temperatura das estações de qualidade do ar de São Cristóvão (Campo de São Cristóvão), Tijuca (Praça Saes Peña) e Centro (Largo da Carioca), apresentados no gráfico 6.6.

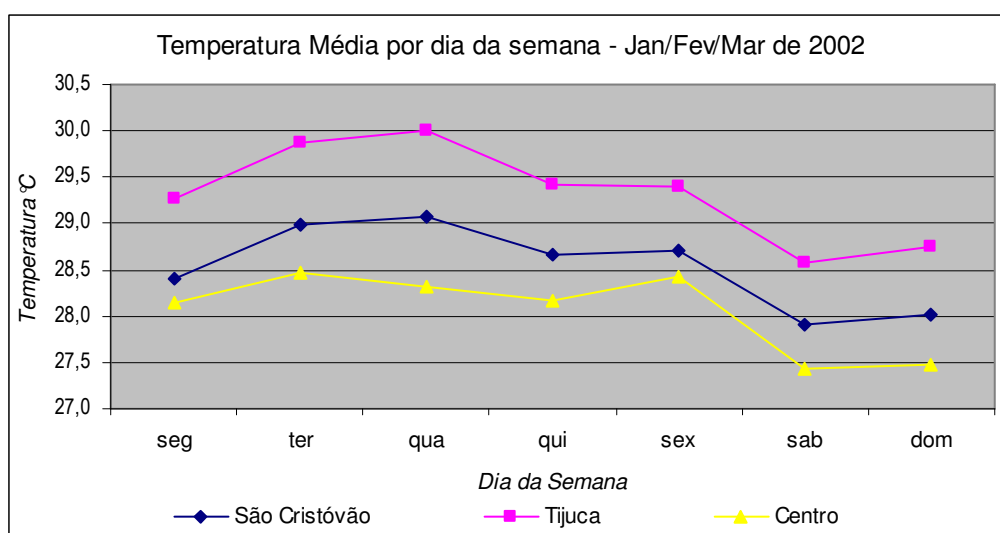


Gráfico 6.6 – Temperatura média por dia da semana de 2002 (Estações de Qualidade do Ar)

As três estações apresentam comportamento semelhante para as temperaturas médias separadas por dia da semana, tendo apresentado menores valores os dias sábado e domingo nos três bairros. As curvas de São Cristóvão e Tijuca são muito parecidas, onde a quarta-feira destaca-se como o dia mais quente da semana, no entanto a Tijuca apresentou maiores valores de temperatura e, também, maior amplitude térmica. Em São Cristóvão estava menos quente e a amplitude térmica foi menor. Já no Centro o dia mais quente foi a sexta-feira, no entanto, todos os dias úteis (de segunda a sexta-feira) estiveram com médias próximas, variando em no máximo 0,3°C. No Centro, também, verificou-se maior diferença térmica na passagem da sexta para o sábado.

Avaliando-se as curvas de temperatura das médias das máximas nas mesmas três estações, no gráfico 6.7, observa-se que os bairros da Tijuca e São Cristóvão também têm comportamento similar. Nestes dois bairros, os valores da temperatura máxima para cada dia da semana estão muito próximos e, são superiores em pelo menos $0,5^{\circ}\text{C}$ aos valores registrados no bairro Centro. Em alguns casos esta diferença atinge mais de 1°C (terça, quarta e quinta-feira). O que chama a atenção nas três curvas é o dia menos quente, pois foram registradas temperaturas muito mais baixas no sábado e o domingo quando comparadas com os demais dias da semana. Entretanto observa-se que na Tijuca e São Cristóvão o sábado esteve bem menos quente que o domingo ($0,8^{\circ}\text{C}$ e $0,6^{\circ}\text{C}$ de diferença, respectivamente), enquanto que no Centro os valores estavam mais próximos ($0,2^{\circ}\text{C}$).

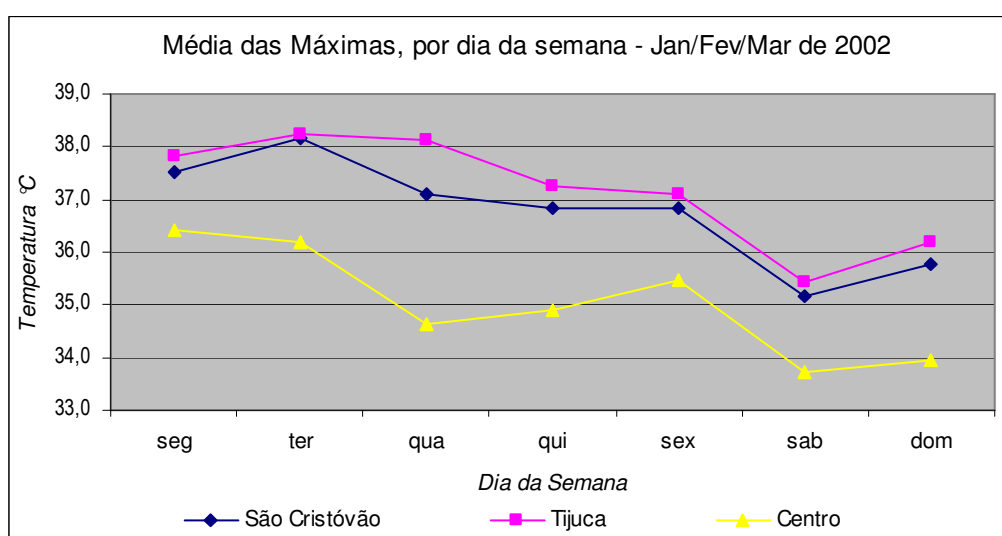


Gráfico 6.7 – Temperatura média das máximas por dia da semana de 2002 (Estações de Qualidade do Ar)

A tendência ao aquecimento nos dias úteis se repete também nos bairros próximos, de acordo com a série de dados disponíveis. Será que este ritmo semanal é uma influência das atividades antrópicas? No subcapítulo 6.3, buscando identificar correlações entre as atividades passíveis de modificar o comportamento da temperatura do ar, utilizou-se de dados de monóxido de carbono para verificar se o fluxo de carros, notadamente maior em alguns dias da semana, é capaz de influenciar os dados da estação.

6.3 – Estações de Qualidade do Ar: Temperatura x Monóxido de Carbono

Das Estações de Qualidade do Ar da Prefeitura também foram conseguidos os dados das médias diárias e da emissão máxima e média diária de monóxido de carbono (CO), para o mesmo período analisado do ano de 2002. Desta maneira a concentração média, em partes por milhão de CO, por dia da semana foi utilizada como um indicador da intensidade do fluxo de veículos para a comparação com o ritmo semanal da temperatura.

Os dados da estação do bairro São Cristóvão apontaram uma maior concentração de CO no sábado e na sexta-feira (Gráfico 6.8). No entanto, a curva de concentração de CO não foi acompanhada pela curva de temperatura, como esperado, ou seja, não foi capaz de influenciar no ritmo térmico.

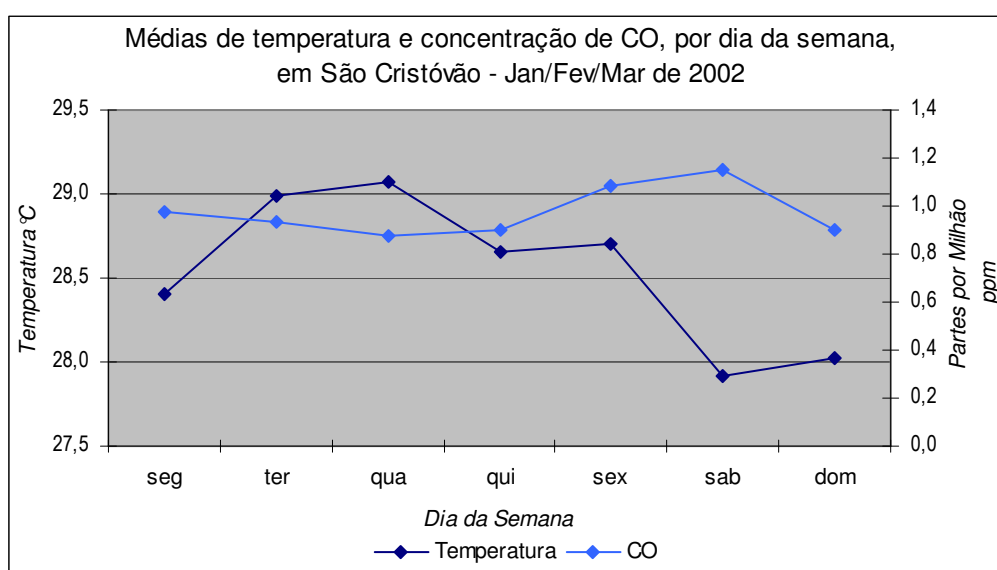


Gráfico 6.8 – Média da temperatura e concentração de CO em S. Cristóvão

Na estação do bairro Tijuca foram registradas tanto as temperaturas médias mais elevadas como também as maiores concentrações de CO, como mostra o gráfico 6.9. As maiores concentrações de CO acontecem na sexta-feira, já que este dia é o de maior movimento de carros e de congestionamentos em toda a cidade. No entanto, assim como ocorreu em São Cristóvão, na Tijuca as médias de temperatura não foram influenciadas pelo ritmo do fluxo de veículos.

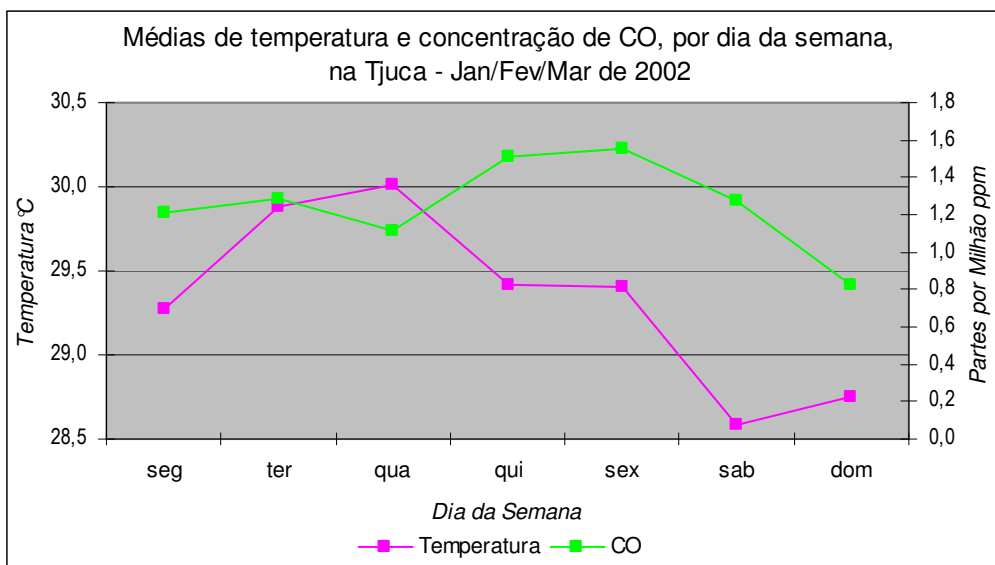


Gráfico 6.9 – Média da temperatura e concentração de CO na Tijuca

Na estação do Centro os dados da concentração de CO refletem bem o ritmo do bairro, pois de segunda-feira à quinta-feira há uma constante, que é afetada na sexta-feira, justamente quando o trânsito fica caótico, também, neste bairro. (Gráfico 6.10) Aos sábados, os escritórios não funcionam e aos domingos quase tudo está fechado, diminuindo bastante o movimento do Centro o que justifica o grande declínio da concentração de CO nos finais de semana.

Neste bairro, os ritmos de temperatura e concentração de CO, em parte, são coincidentes, pois apesar de apresentarem sábado e o domingo como os dias de menor movimento e menor temperatura, durante os demais dias da semana a curva de temperatura não é homogênea como a curva do monóxido de carbono.

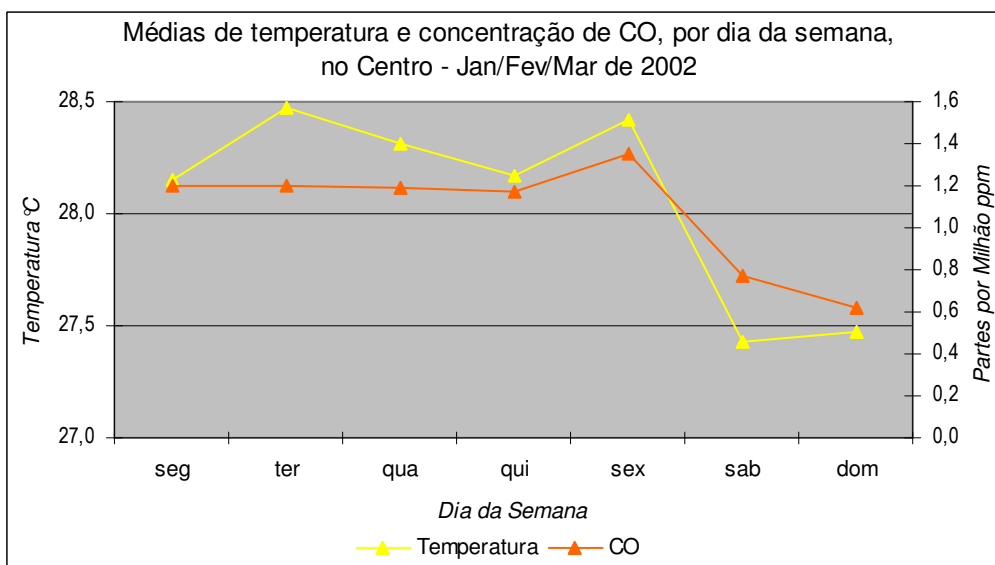


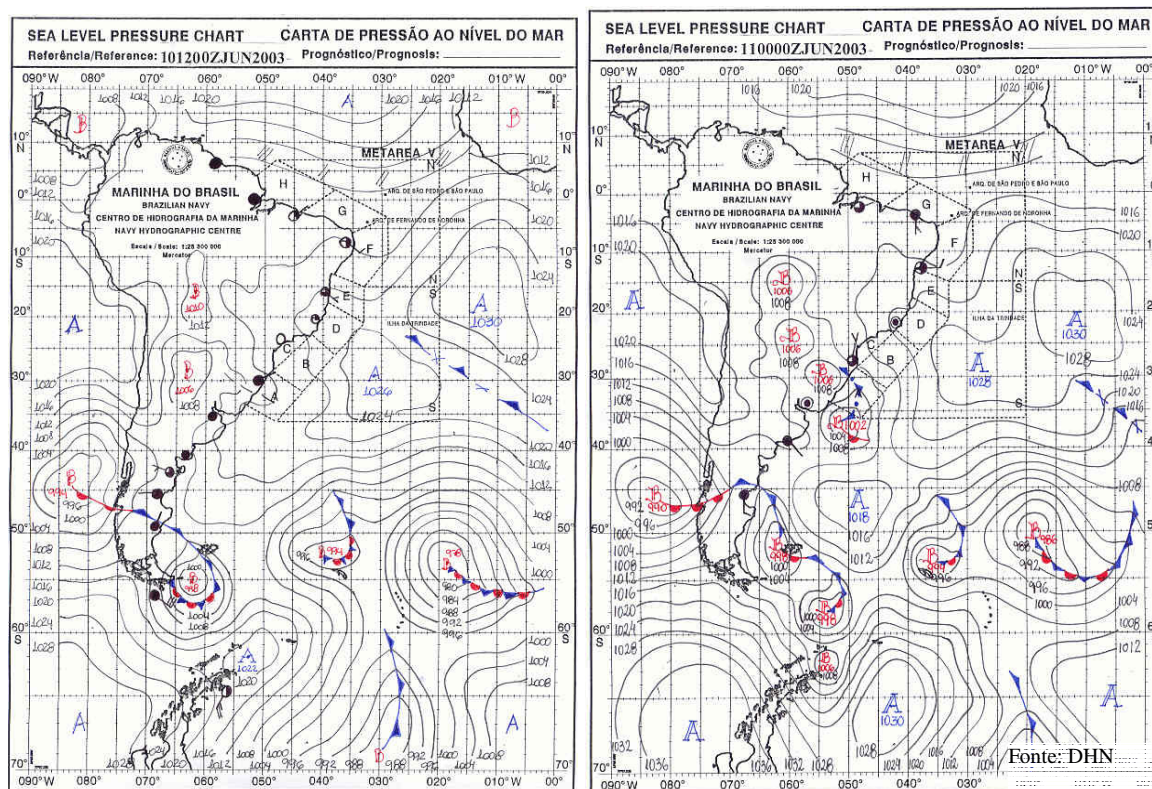
Gráfico 6.10 – Média da temperatura e concentração de CO no Centro

Assim, no subcapítulo 6.4, a investigação se aprofunda na escala microclimática, analisando os espaços internos do bairro Maracanã para avaliar quais características seriam responsáveis pelo ritmo da temperatura verificado na estação meteorológica padrão.

6.4 – Análise dos Dados dos Experimentos de Campo no Bairro Maracanã

6.4.1 - Situação de Inverno

No dia 10/06/2003, embora nesta data ainda seja cronologicamente a estação outono, a situação sinótica já apresentava características típicas de inverno. As condições atmosféricas sobre a cidade eram de predomínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico, garantindo pouca nebulosidade (Figuras 6.1 e 6.2) e temperatura variando entre 24 a 30°C, durante o horário do experimento. Com base nos dados obtidos visualizou-se configurações interessantes da ilha de calor no bairro Maracanã, das quais foram escolhidas quatro como as mais significativas para ilustrar a pesquisa.



Figuras 6.1 e 6.2 – Cartas Sinóticas do dia 10 de junho de 2003

No campo térmico das nove horas (Figura 6.3) tivemos três pontos com temperaturas mais baixas (menores que 25,5°C), sendo que o ponto 14 (no colégio Militar) foi o mais fresco, com 25°C. Apenas o ponto 7 (Gen. Canabarro com Ibituruna) registrou temperaturas superior a 27°C, sendo o core da ilha de calor de moderada intensidade (2,7°C) neste horário.

Quanto ao índice de conforto térmico, o ponto 5 foi aquele que atingiu o mais confortável, sendo o único de todo o bairro a apresentar valores de temperatura efetiva que se enquadraram na zona de conforto térmico. Os demais se situaram na categoria de leve desconforto ($24^{\circ}\text{C} < T.E < 27^{\circ}\text{C}$).

O horário das treze horas (Figura 6.4) revelou a maior amplitude térmica do experimento. O ponto 6 (Estátua do Beline) foi o menos quente com $26,2^{\circ}\text{C}$. Muitos pontos tiveram temperaturas acima de 28°C . O ponto 8 (Instituto de Educação) foi o mais quente, com 31°C , neste horário. Assim, a ilha de calor às 13 horas foi de forte intensidade ($4,8^{\circ}\text{C}$, entre os pontos 6 e 8), sendo, também, neste horário que a ilha de calor se manifestou com a maior intensidade do dia.

Os pontos considerados como o mais confortável e o mais desconfortável, a partir dos índices de temperatura efetiva, coincidiram com o mais fresco e o mais quente, como era esperado. O ponto 8, mais desconfortável, foi o único neste horário a ser enquadrado na categoria de desconforto por aquecimento ($27^{\circ}\text{C} < T.E < 30^{\circ}\text{C}$).

Na medição das quatorze horas (Figura 6.5) também foi encontrada uma grande amplitude térmica. Embora com amplitude inferior à do horário anterior, também é considerada de forte intensidade. O ponto menos quente mais uma vez foi o de número 6 (Estátua do Beline) com $26,2^{\circ}\text{C}$. Dois pontos ficaram acima dos 30°C , o ponto 4 (Praça Maracanã) e o ponto 8 (Instituto de Educação), este último o mais quente, mais uma vez. Neste horário a ilha de calor atingiu $4,4^{\circ}\text{C}$ entre os pontos 6 e 8. Novamente o ponto 8 registrou a temperatura efetiva mais elevada proporcionando maior desconforto e, mais uma vez, foi o único neste horário a ser enquadrado na categoria de desconforto por aquecimento ($27^{\circ}\text{C} < T.E < 30^{\circ}\text{C}$).

Na última medição (Figura 6.6), feita às dezoito horas, a ilha de calor se mostrou com uma configuração semelhante à das treze e quatorze horas. O ponto 6 (Estátua do Beline) também se apresentou como o mais fresco ($25,2^{\circ}\text{C}$) neste horário. Os pontos 1 (Entrada da UERJ) e 8 (Instituto de Educação) apresentaram as temperaturas mais altas (28°C) e a ilha de calor teve intensidade moderada ($2,8^{\circ}\text{C}$), entre os pontos 6 e 8, neste horário.

No início da noite, todos os pontos de medição do bairro apresentaram-se com leve desconforto por aquecimento ($24^{\circ}\text{C} < T.E < 27^{\circ}\text{C}$), mesmo considerando tratar-se de uma situação típica de inverno.

Figura 6.3 – Campo térmico das 9 horas inverno

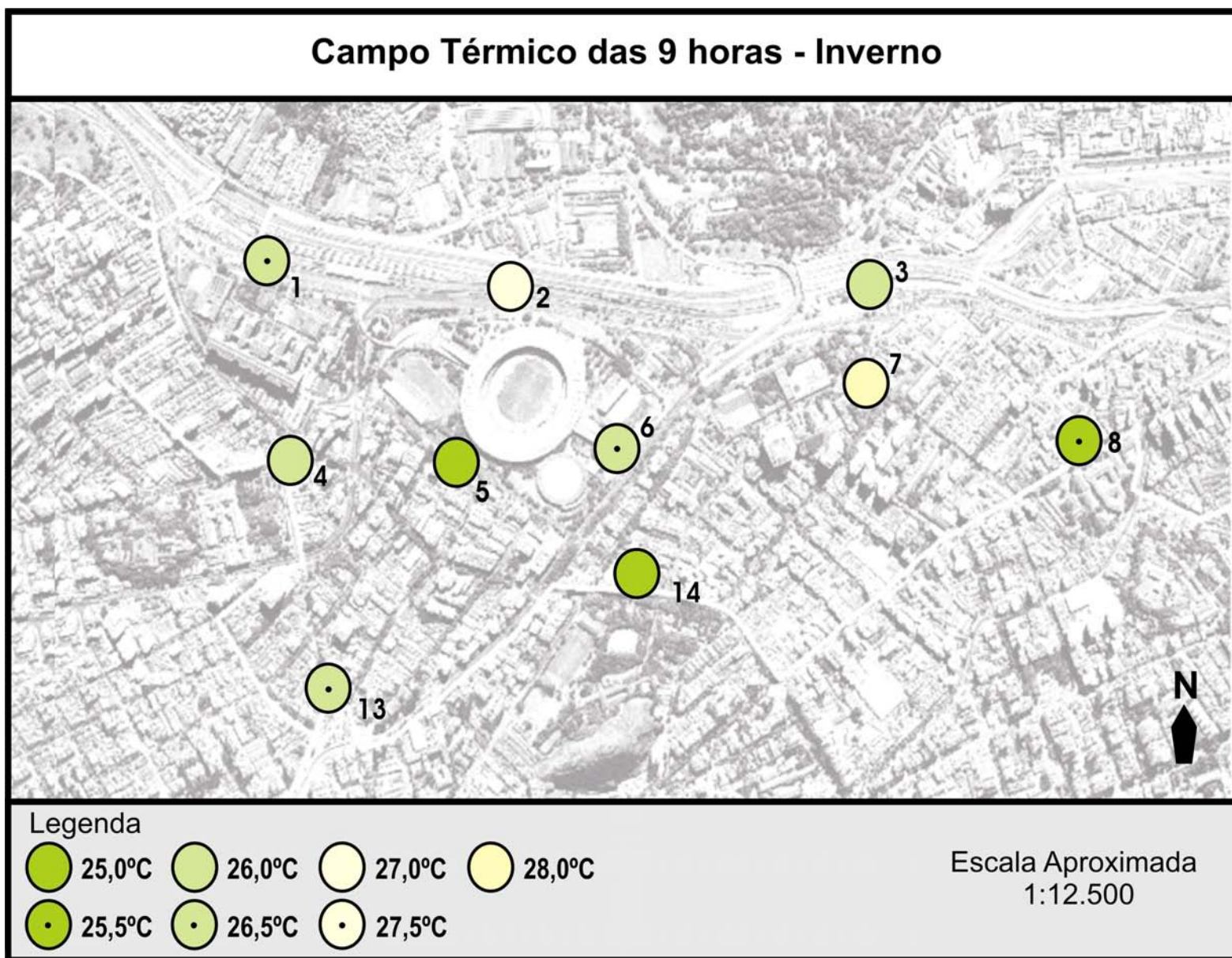


Figura 6.4 – Campo térmico das 13 horas inverno

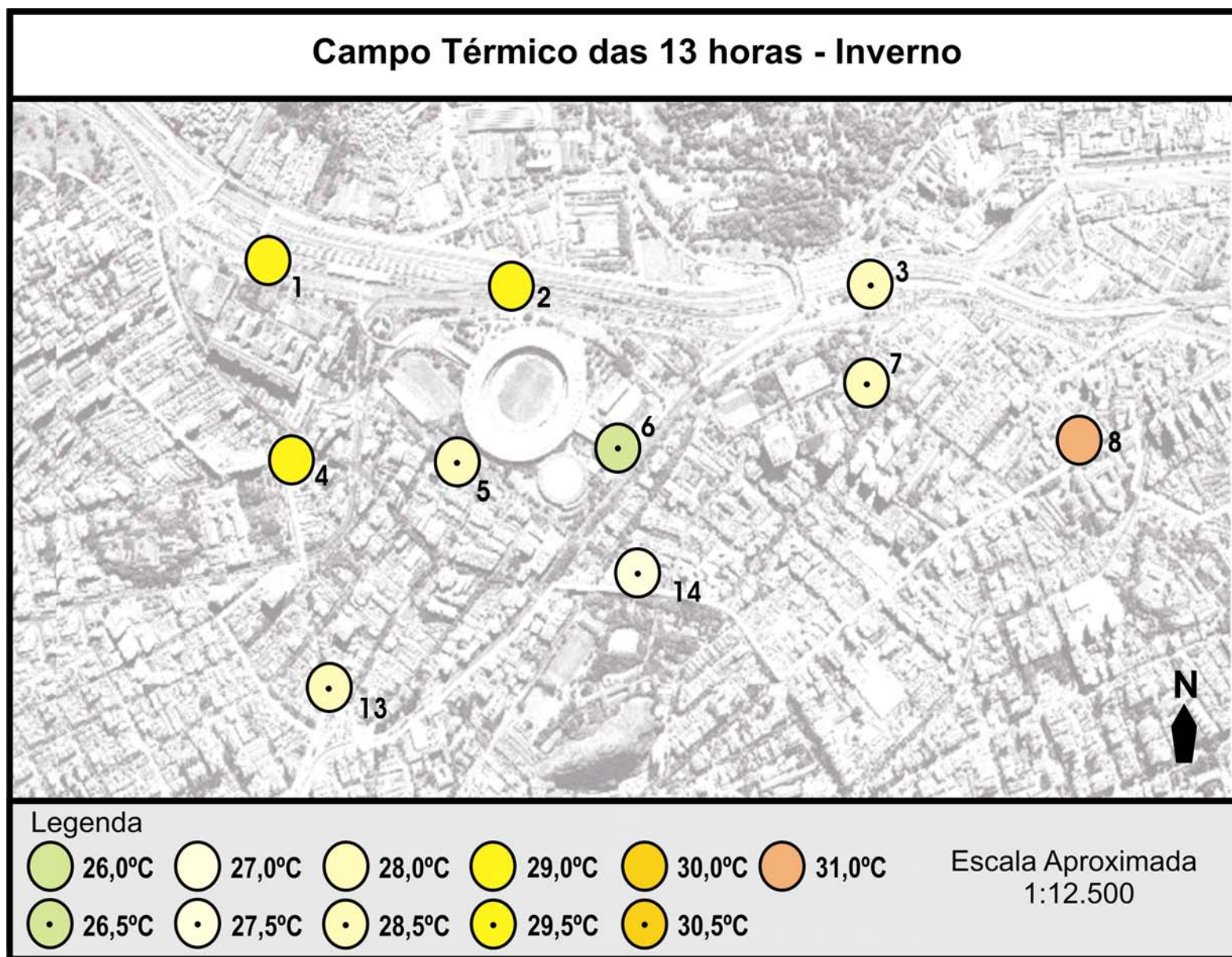


Figura 6.5 – Campo térmico das 14 horas inverno

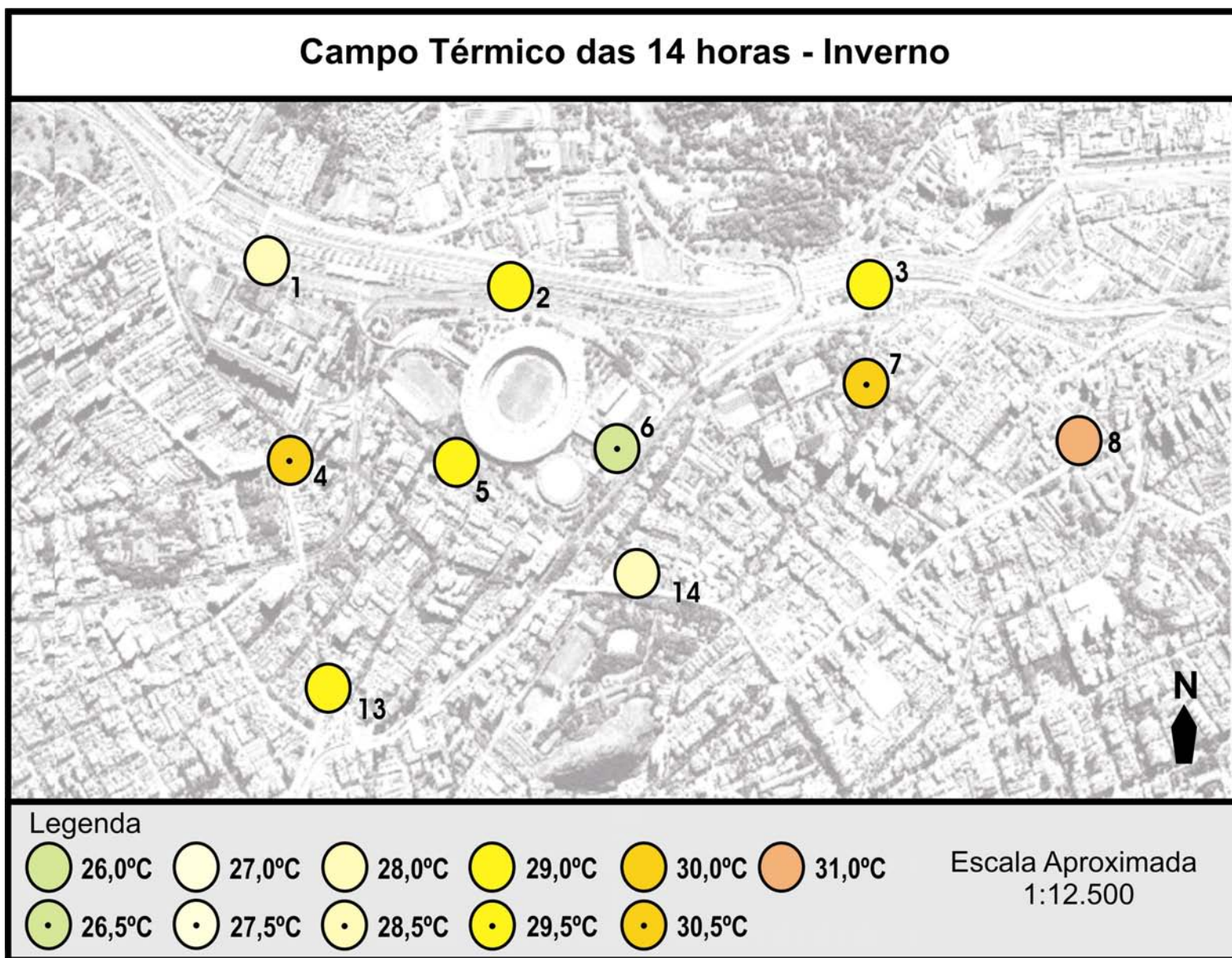
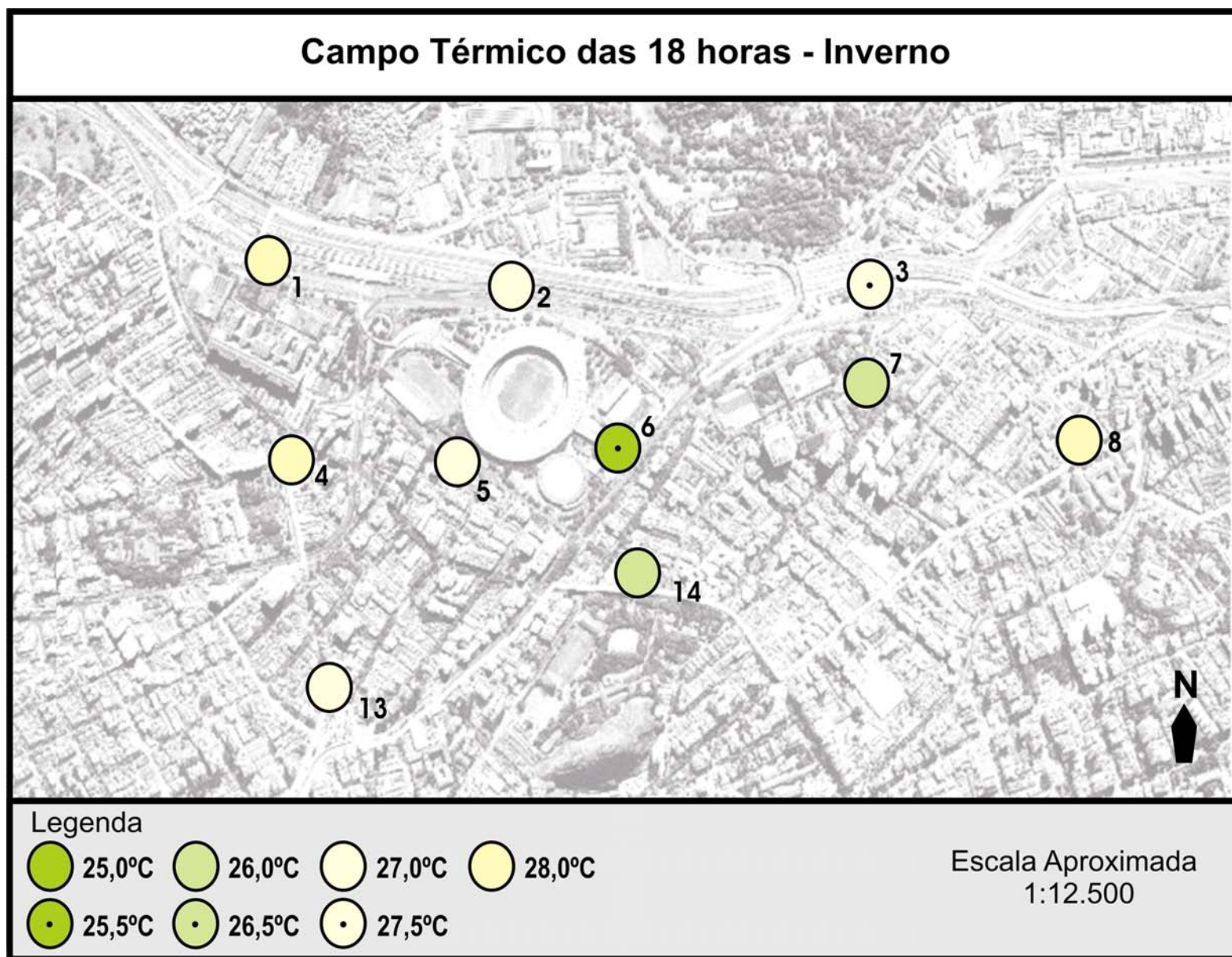
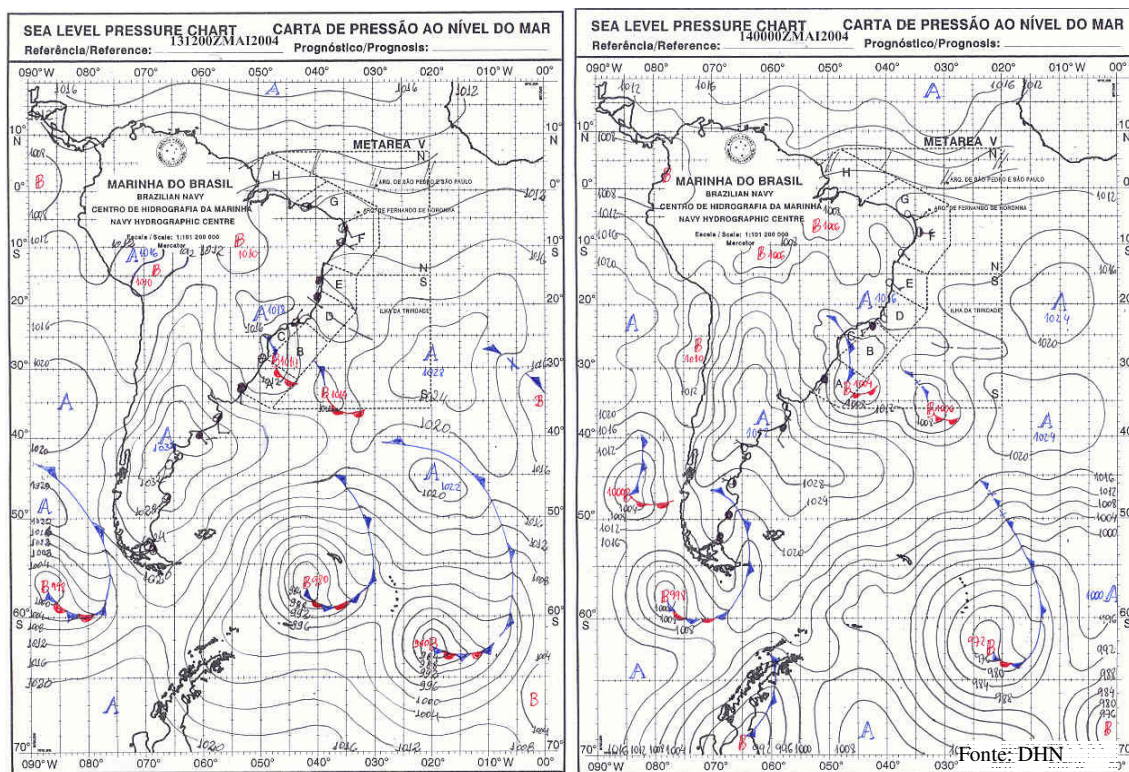


Figura 6.6 – Campo térmico das 18 horas inverno



6.4.2 - Situação de Outono

A situação sinótica do segundo trabalho de campo, dia 13/05/2004 foi de domínio da massa polar em processo de tropicalização, com céu parcialmente nublado (Figuras 6.7 e 6.8) e temperatura do ar variando entre 24 e 31° C. Para facilitar a comparação entre as configurações e intensidades das ilhas de calor verificadas nos trabalhos de campo, destacamos os mesmos horários analisados na situação de inverno.



Figuras 6.7 e 6.8 – Cartas Sinóticas do dia 13 de maio de 2004

Na configuração das nove horas (Figura 6.9), o ponto 7 (Gen. Canabarro com Ibituruna), que estava no núcleo da ilha de calor de inverno, passou a ser um dos pontos com temperaturas mais baixas da medição de outono. Os pontos 4, 5 e 6 se transformaram no grande núcleo de ilha de calor do outono. No entanto, esta ilha de calor foi de fraca intensidade, atingindo 1,6°C de diferença entre a Praça Maracanã (ponto 4) e a Estação Maracanã (ponto 2).

A Praça Maracanã (ponto 4), no início da manhã já apresentou um leve desconforto por aquecimento, sendo o único ponto, às 9 horas, com temperatura efetiva nesta faixa ($T.E. > 24^{\circ}\text{C}$). Os demais encontravam-se sob neutralidade térmica, na zona de conforto ($20^{\circ}\text{C} < T.E. < 24^{\circ}\text{C}$).

Com relação as treze horas (Figura 6.10), a configuração da ilha de calor foi mantida, se comparada com a situação de inverno, pois observou-se dois cores situados nos extremos do bairro. No entanto, no outono o ponto 4 (Praça Maracanã) foi o mais quente, diferentemente do inverno quando o ponto 8 registrou as temperaturas mais elevadas.

O ponto mais fresco se encontrou na Estação Maracanã (ponto 2), mais ao norte do bairro. Outro aspecto importante diz respeito à intensidade da ilha de calor que no outono se manifestou com maior intensidade, atingindo a categoria de muito ($6,6^{\circ}\text{C}$).

Na medição das treze horas a porção oeste do bairro apresentou temperaturas efetivas muito altas. Os pontos 4 (Praça Maracanã) e 9 (Praça Niterói) atingiram a categoria de desconforto por aquecimento ($27^{\circ}\text{C} < \text{T.E.} < 30^{\circ}\text{C}$), enquanto que o ponto 2 (Estação Maracanã) enquadrava-se na categoria de neutralidade térmica. ($\text{T.E.} < 24^{\circ}\text{C}$).

No horário seguinte (Figura 6.11), às quatorze horas, nos dois experimentos, houve uma manutenção da configuração da ilha das treze horas, entretanto, no outono verificou-se uma expansão do core, que às treze horas se concentrava na Praça Maracanã, foi ampliada até a Praça Niterói, às quatorze horas Os pontos mais frescos também se deslocaram. Como no inverno, a ilha de calor configurada no outono foi de moderada intensidade (3°C).

Novamente os pontos 4 e 9 apresentaram-se como os mais desconfortáveis, pois ultrapassaram os 27°C de temperatura efetiva (desconforto por aquecimento).

Na configuração das dezoito horas (Figura 6.12) um dos pontos mais frescos foi o do Colégio Militar, nas duas observações. A ilha de calor se mantém com dois cores nos extremos do bairro, embora com pequena diferenciação. No inverno a Praça Maracanã ainda se mantinha muito quente, neste horário, mas o ponto 1, situado aos fundos da UERJ, se encontrava ainda mais quente. Na situação de outono essa área também se manteve bem quente, neste horário, mas o ponto 12 (Mariz e Barros com Professor Gabizo), porção leste do bairro, se apresentou como o local mais quente do horário ($27,8^{\circ}\text{C}$).

Sendo assim, às dezoito horas, tanto no inverno como no outono, houve uma coincidência nas áreas do bairro que se comportaram, tanto como as mais quentes quanto como as mais frescas. A ilha de calor foi de moderada intensidade ($3,6^{\circ}\text{C}$).

Figura 6.9 – Campo térmico das 9 horas outono

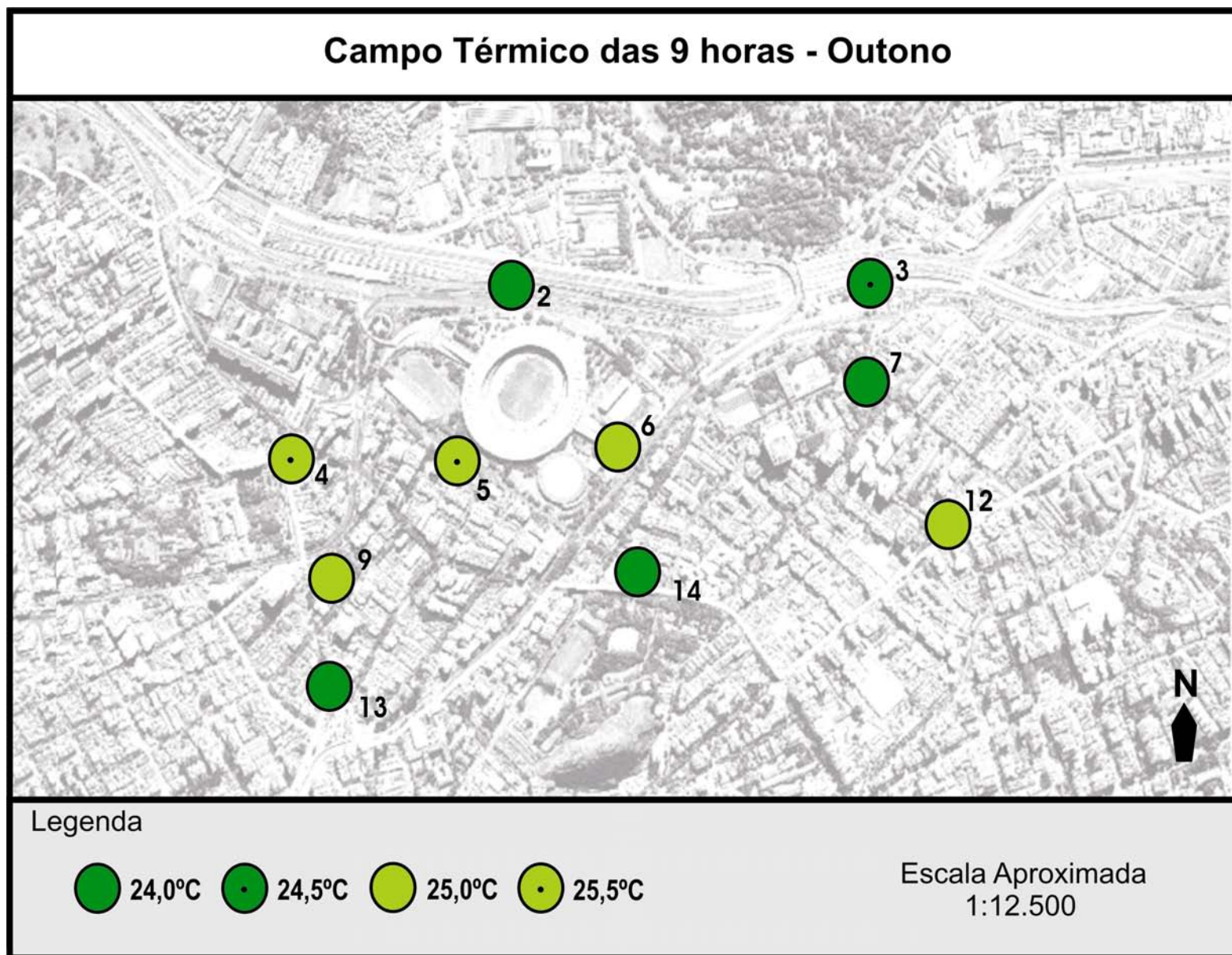
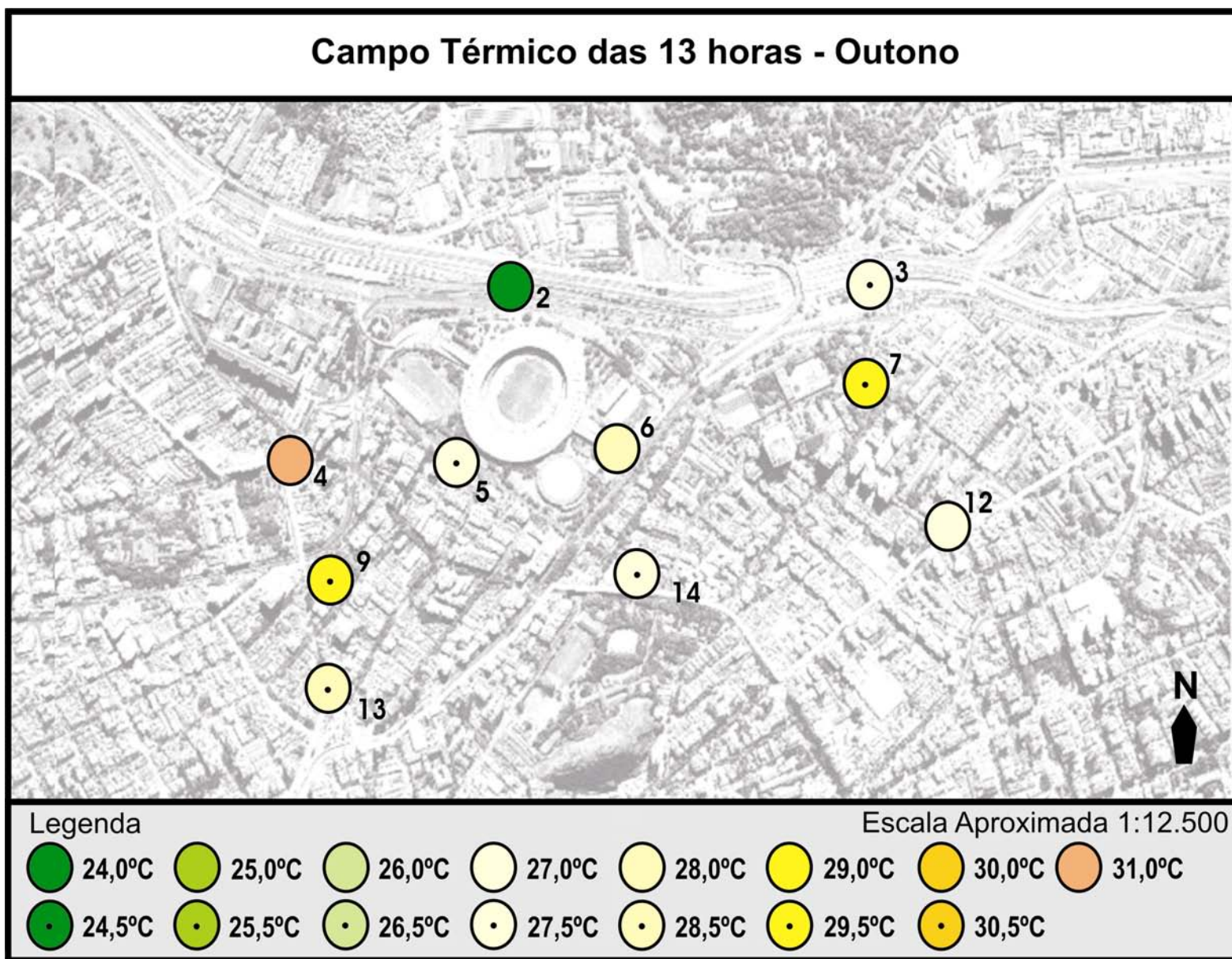
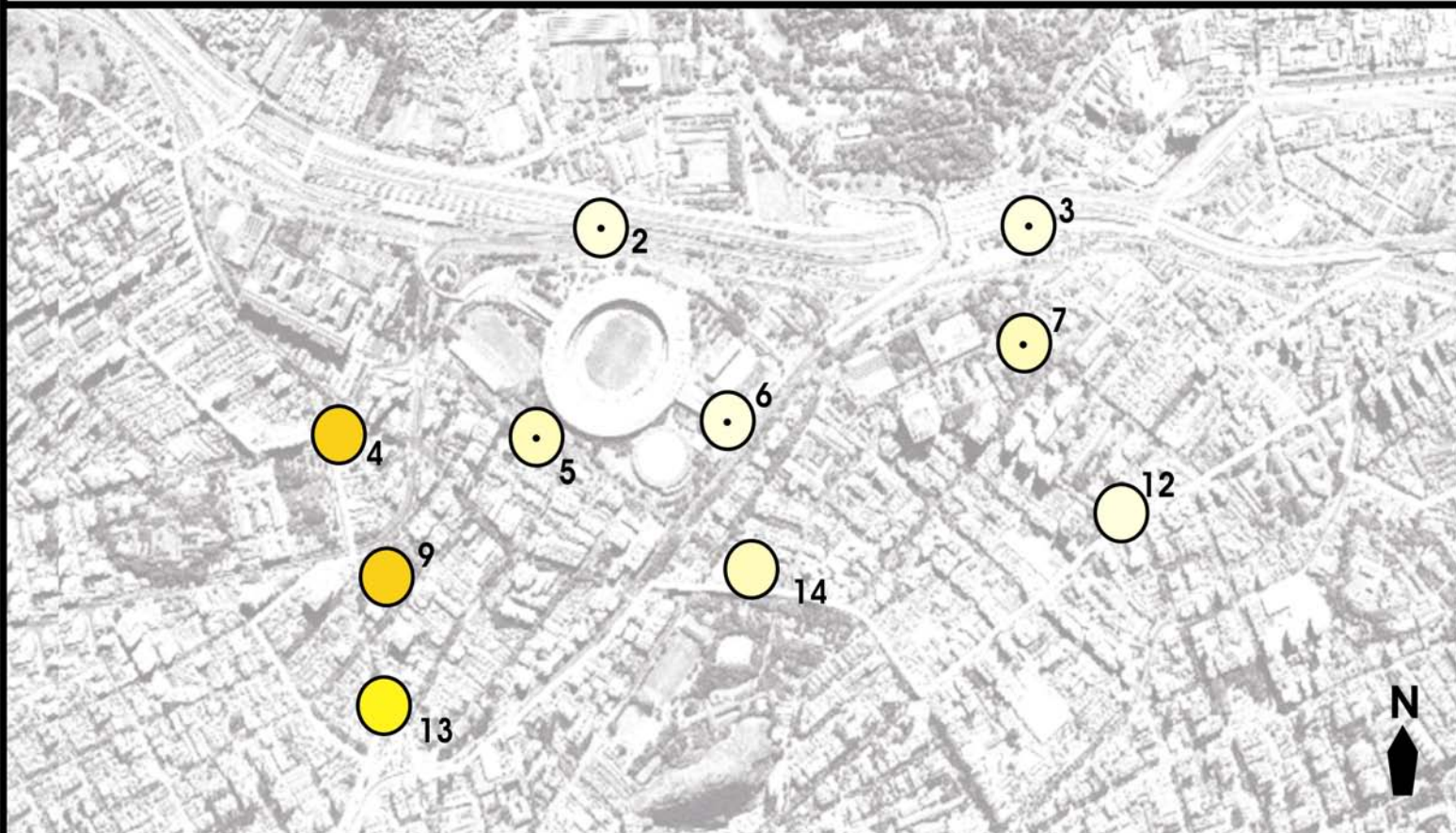


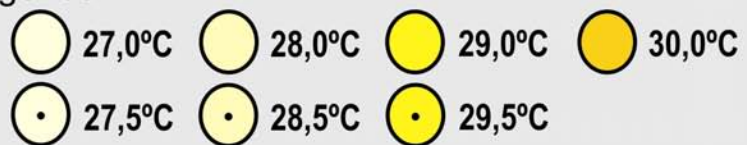
Figura 6.10 – Campo térmico das 13 horas outono



Campo Térmico das 14 horas - Outono



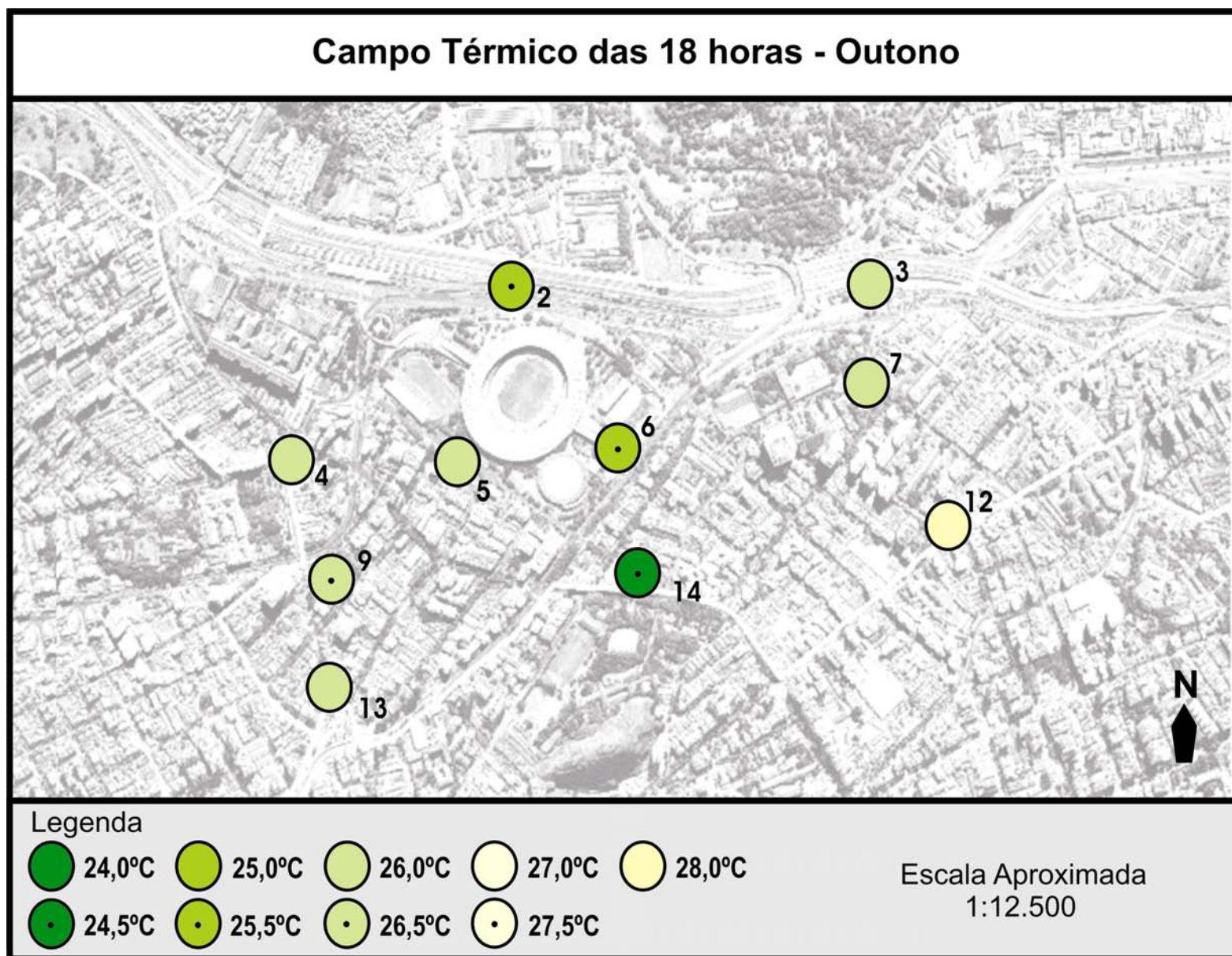
Legenda



Escala Aproximada
1:12.500

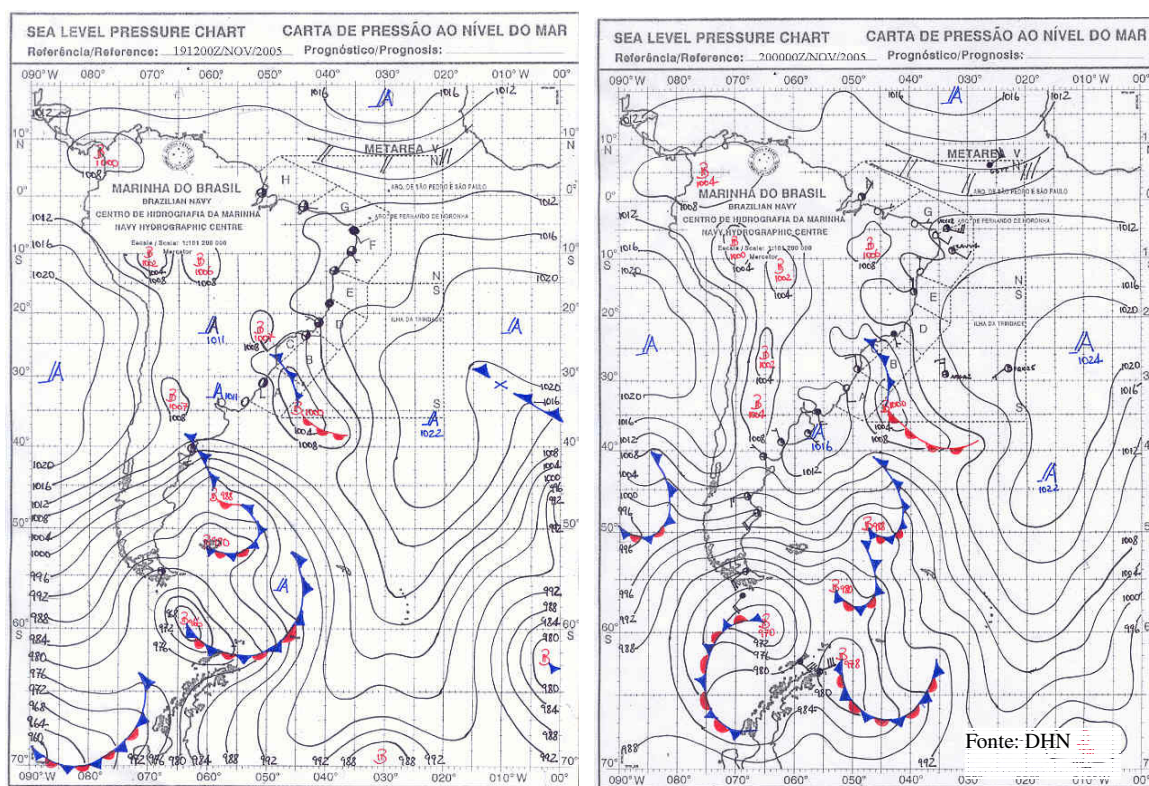
Figura 6.11 – Campo térmico das 14 horas outono

Figura 6.12 – Campo térmico das 18 horas outono



6.4.3 - Situação de Primavera

A situação sinótica do terceiro trabalho de campo, dia 19/11/2005 foi também de predomínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico sob a influência de um aquecimento pré-frontal, antecedendo a entrada de uma frente fria (Figuras 6.13 e 6.14). Durante o dia observou-se o céu claro e temperatura do ar elevada, variando de 29 a 37° C, até às 17:00 (horário de verão; 16:00 horário normal). O experimento foi interrompido por uma forte chuva que caiu às 17:30 horas. Desta maneira, com os horários de acompanhamento reduzidos, destacou-se os horários das 9, 13 e 14 (relativos aos horário convencional), também analisados nas situações de inverno e outono, para uma melhor comparação



Figuras 6.13 e 6.14 – Cartas Sinóticas do dia 19 de novembro de 2005

Na configuração das nove horas (Figura 6.15), o ponto 7 (Gen. Canabarro com Ibituruna), que estava no núcleo da ilha de calor de inverno, passou a ser um dos pontos com temperaturas mais baixas da medição de outono, permaneceu, também, como um dos menos quentes, na primavera. No entanto, os pontos 3 e 8 se transformaram no grande núcleo de ilha de calor da primavera, diferentemente do outono, onde os pontos 4, 5 e 6 eram os mais quentes neste horário. A configuração da ilha de calor ficou diferente do outono, mas muito próxima da configuração do inverno, quando os cores se localizaram nos extremos do bairro.

A ilha de calor alcançou uma intensidade moderada, atingindo 3,8°C de diferença entre o Instituto de Educação (ponto 8) e o Colégio Militar (ponto 14).

Já neste horário algumas áreas do bairro já apresentavam temperaturas efetivas superiores aos 30°C, enquadrando-se no último nível de desconforto térmico, o stress por aquecimento elevado.

Com relação às treze horas (Figura 6.16) houve uma alteração na configuração da ilha de calor, pois a área central do bairro estava mais quente (ponto 5), mostrando um comportamento bastante diferente em relação aos outros dois experimentos, quando os cores da ilha de calor estavam posicionados nos extremos do bairro, neste mesmo horário. O segundo ponto mais quente foi o ponto 4 (Praça Maracanã).

O Colégio Militar, mais ao sul do bairro, foi o ponto menos quente e mesmo assim, registrou desconforto por aquecimento. O ponto mais desconfortável se localizou na Rua Eurico Rabelo (ponto 5) que alcançou 32,1°C de temperatura efetiva, a mais alta entre os três trabalhos de campo, incluindo-se na categoria de stress térmico por aquecimento elevado.

Outro aspecto importante diz respeito a ilha de calor da primavera, que mesmo tendo atingido valores mais altos em cada ponto de medição, alcançou menor diferença entre o maior e o menor valor, se comparada ao outono. Desta forma, na primavera a ilha de calor foi de 5,2°C, com forte intensidade, enquanto que no outono atingiu a categoria de muito forte intensidade (6,6°C).

No horário das quatorze horas (Figura 6.17), assim como nos dois primeiros experimentos, a configuração da ilha de calor foi semelhante ao horário anterior (treze horas). O ponto 5 (Rua Eurico Rabelo) novamente foi o mais quente, no entanto apresentou uma redução bastante significativa na temperatura, que caiu 3°C em relação às treze horas.

Neste horário, os pontos 4 e 5 (Praça Maracanã e Rua Eurico Rabelo, respectivamente) foram os mais desconfortáveis. Com temperaturas efetivas superiores a 30°C, eles atingiram a categoria de stress térmico por aquecimento elevado.

Como no inverno e no outono, a ilha de calor configurada na primavera foi de moderada intensidade (2,8 °C).

Figura 6.15 – Campo térmico das 9 horas primavera

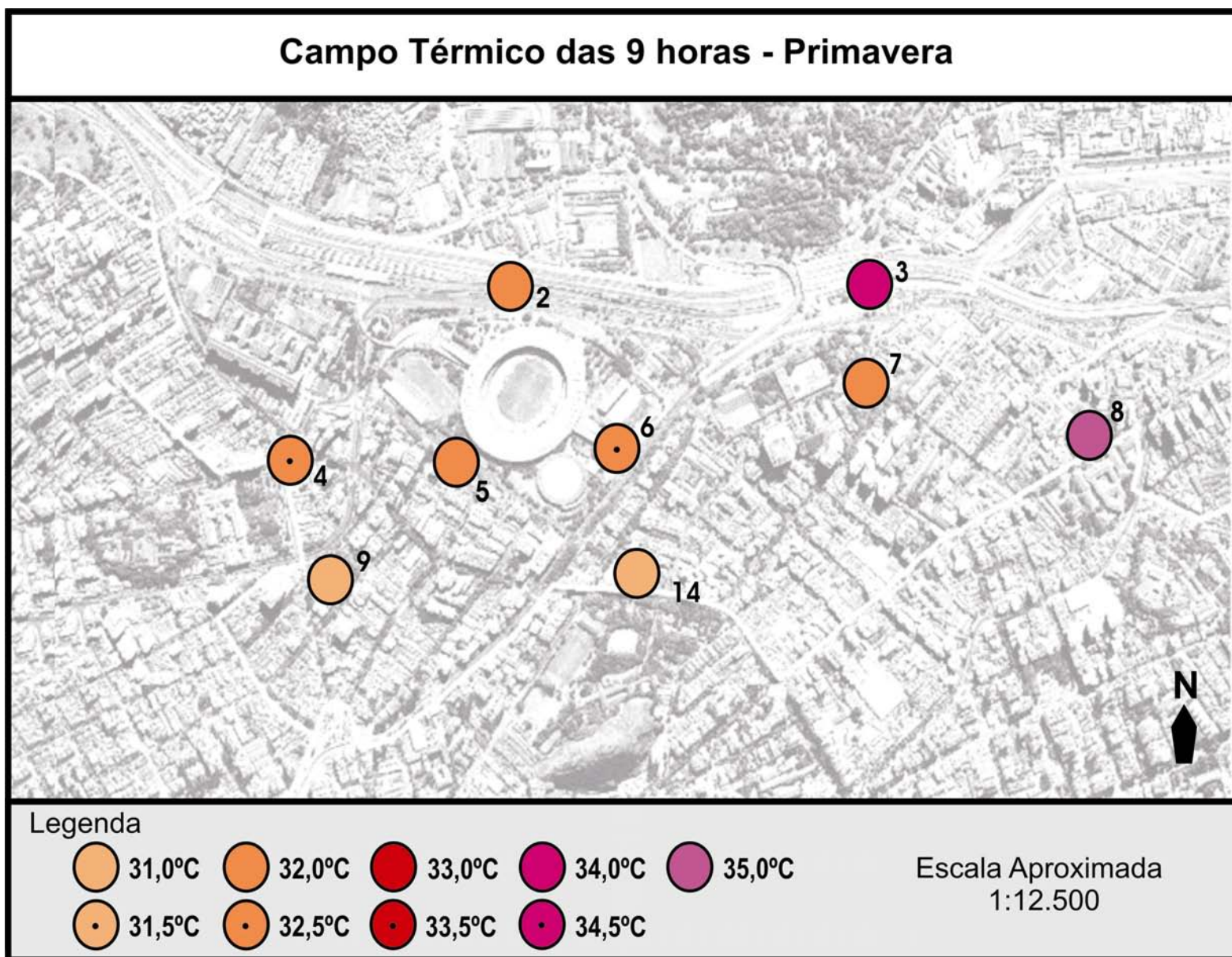


Figura 6.16 – Campo térmico das 13 horas primavera

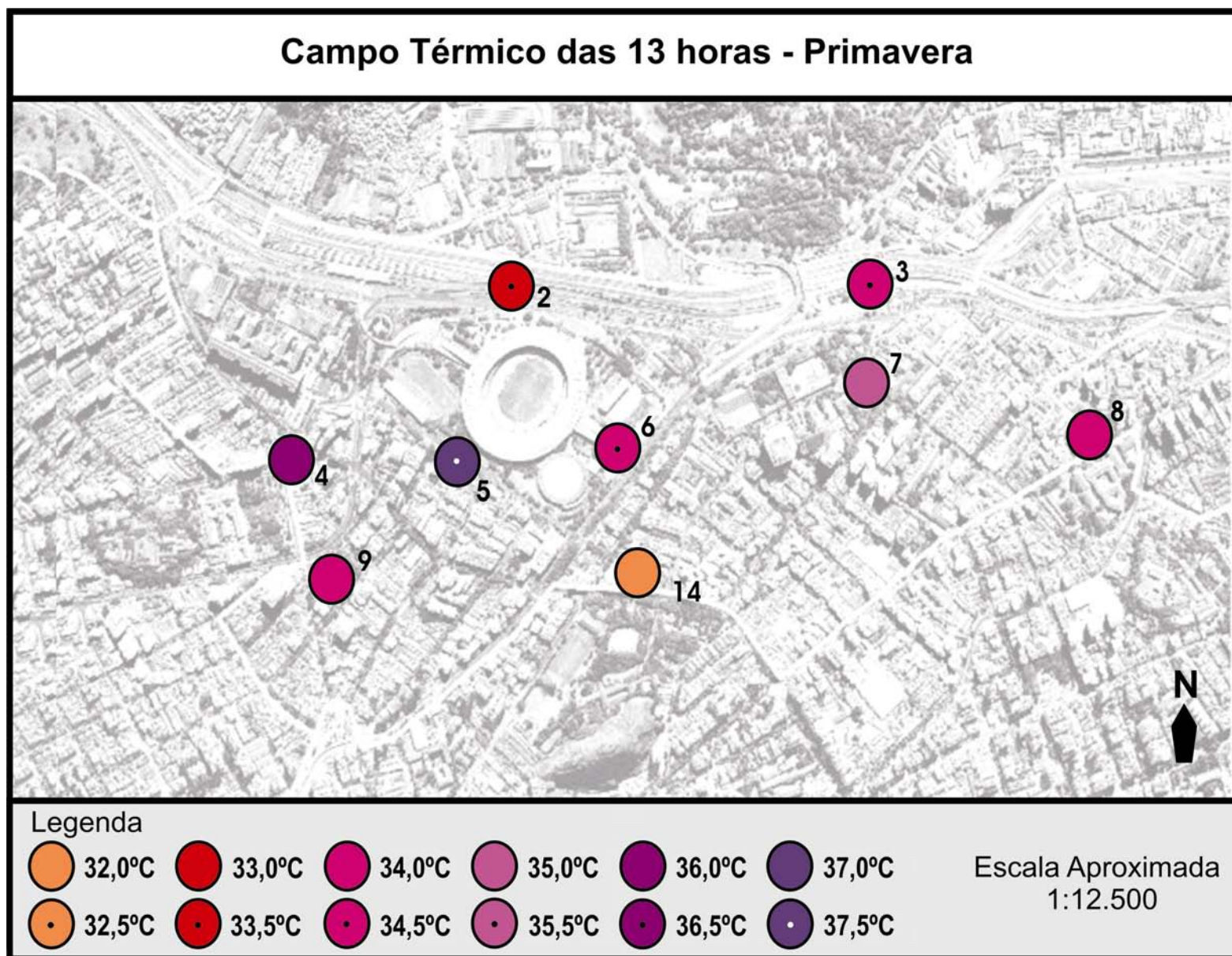
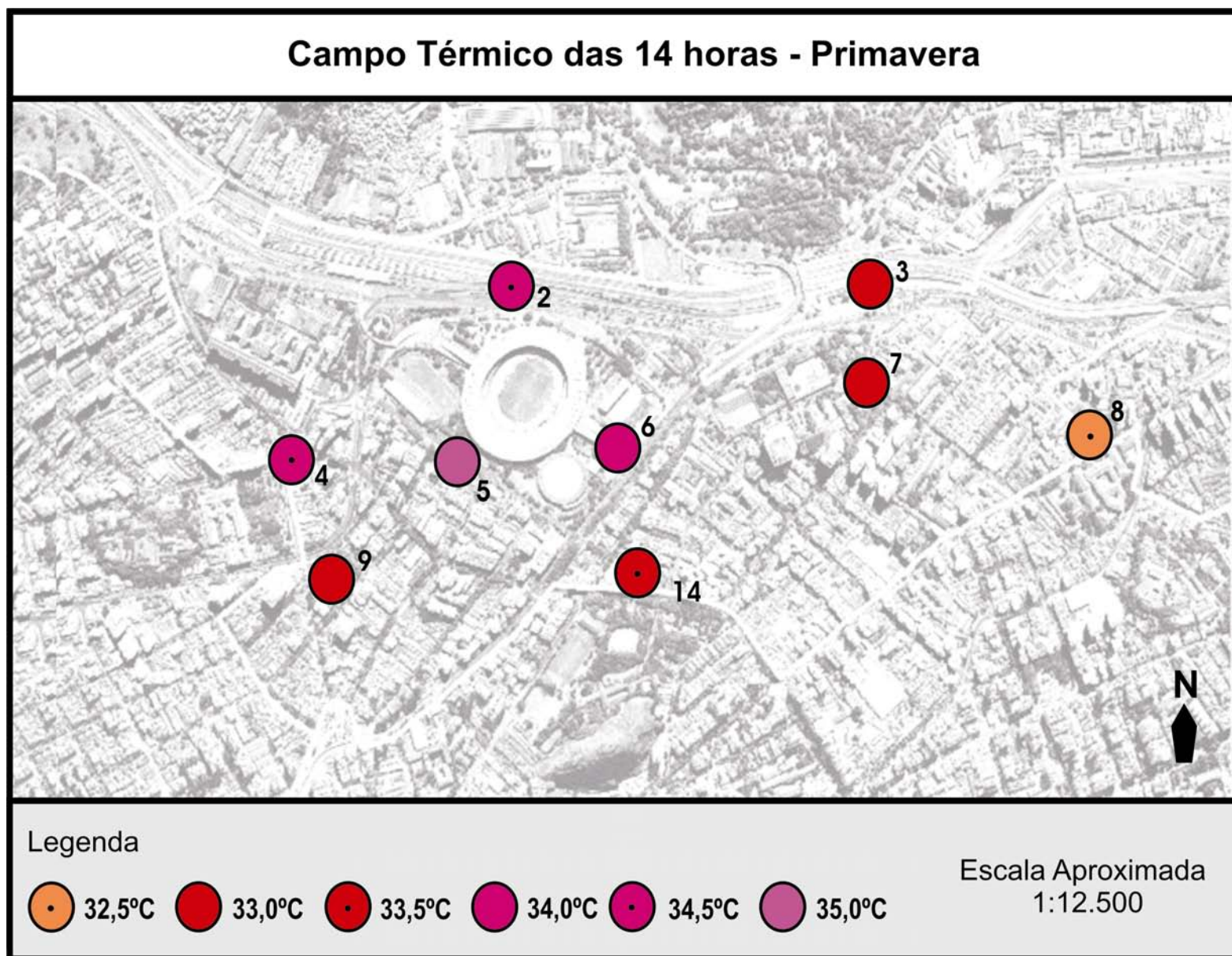


Figura 6.17 – Campo térmico das 14 horas primavera



6.4.4 – Síntese dos Trabalhos de Campo no Bairro Maracanã

6.4.4.1 – Configurações Espaciais da Ilha de Calor

Os mapas com a espacialização das temperaturas nos experimentos de campo, ora apresentados, contém círculos coloridos que quantificam a intensidade da temperatura do ar em cada ponto de medição. Os círculos foram escolhidos, em detrimento das isolinhas, pois o autor acredita que este modelo seja mais fiel à realidade, na medida que caracterizam a área analisada, e somente esta, sem a pretensão de expandir, aleatoriamente, sua área de influência, pelo artifício de interpolação.

Já a representação por isolinhas faz uso da interpolação como método para o traçado das isotermas e, mesmo que sejam feitas de forma minuciosa, esta técnica admite valores para áreas em que não foram realizadas medições. Como os diferentes ambientes do bairro possuem peculiaridades capazes de influenciar diretamente os elementos do clima, ainda que na escala microclimática, tem-se a convicção de que a utilização das isotermas não foi adequada naquele momento.

No entanto, o traçado das isoietas não foi descartado, pois permitem uma melhor compreensão da configuração das ilhas de calor, facilitando a visualização da localização dos seus cores e sua mobilidade ao longo dos experimentos.

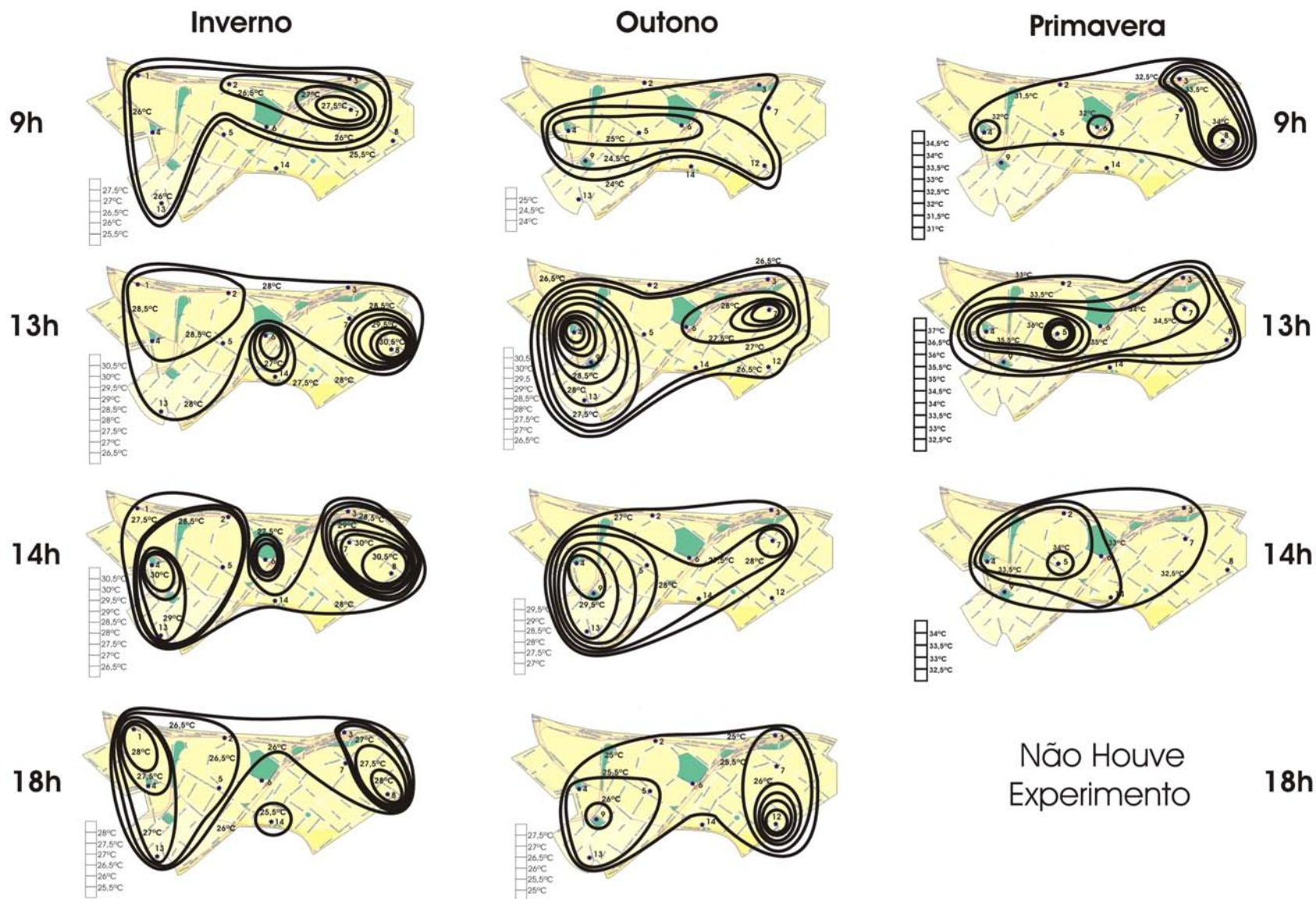
No esquema (Figura 6.18) utilizou-se as isoietas para espacializar as ilhas de calor, demonstrando, sucintamente, o seu comportamento nos horários destacados anteriormente em cada dia de observação (9h, 13h, 14h de inverno, outono e primavera e 18h de inverno e outono)

Observa-se que tanto no inverno (10/06/2003 - terça-feira) quanto no outono (13/05/2005 - quinta-feira) as ilhas de calor apresentam configurações semelhantes em todos os horários: iniciam às 9 horas com o core mais próximo do centro do bairro e a partir das 13 horas inicia-se a formação de dois cores nos extremos leste e oeste do bairro. Este comportamento se repete às 14 horas e também às 18 horas.

Na primavera (19/11/2005 – sábado) a configuração da ilha de calor apresenta um core bastante quente a leste do bairro já no primeiro horário, às 9 horas, e a partir das 13 horas o ponto mais quente passa a ser aquele localizado no centro do bairro. Este comportamento se repete às 14 horas.

Assim temos uma similaridade nas configurações espaciais das ilhas de calor nos dias úteis da semana, que são bastante diferentes daquelas verificadas no final de semana, sobretudo quando comparadas nos mesmos horários. A localização dos cores está sendo influenciada pela concentração veículos e pessoas?

Figura 6.18 – Esquema com as configurações de todos os campos térmicos



6.4.4.2 –Intensidades das Ilhas de Calor

O quadro abaixo apresenta a síntese das intensidades das ilhas de calor registradas em todos os horários de medições dos três experimentos de campo.

Quadro 6.1 – Síntese das Intensidades das Ilhas de Calor

Horários	Inverno (10/06/2003)	Outono (13/05/2004)	Primavera (19/11/2005)
8 horas	Intensidade Moderada (2°C) Praça Vanhargen (ilha de calor) Estátua do Beline (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3,2°C) Estátua do Beline (ilha de calor) Praça Maracanã (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3°C) Estação Maracanã (ilha de calor) Praça Niterói (ilha de frescor)
9 horas	Intensidade Moderada (2,4°C) Rua Ibituruna (ilha de calor) Colégio Militar (ilha de frescor)	Intensidade Fraca (1,6°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estação Maracanã (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3,8°C) Instituto de Educação (ilha de calor) Praça Niterói e Colégio Militar (ilhas de frescor)
10 horas	Intensidade Moderada (2,9°C) Estátua do Beline (ilha de calor) Praça Vanhargen (ilha de frescor)	Intensidade Fraca (1,6°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estação São Cristóvão e Professor Gabizo (ilhas de frescor)	Intensidade Forte (4°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estação São Cristóvão (ilha de frescor)
11 horas	Intensidade Moderada (2,6°C) Entrada da UERJ (ilha de calor) Colégio Militar (ilha de frescor)	Intensidade Forte (5°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estação Maracanã (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3,4°C) Estação Maracanã (ilha de calor) Colégio Militar (ilha de frescor)
12 horas	Intensidade Moderada (2,3°C) Instituto de Educação (ilha de calor) Estação São Cristóvão (ilha de frescor)	Intensidade Forte (4°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estação Maracanã (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (2,8°C) Instituto de Educação (ilha de calor) Praça Maracanã (ilha de frescor)
13 horas	Intensidade Forte (4,2°C) Instituto de Educação (ilha de calor) Estátua do Beline (ilha de frescor)	Intensidade Muito Forte (6,6°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estação Maracanã (ilha de frescor)	Intensidade Forte (5,2°C) Eurico Rabelo (ilha de calor) Colégio Militar (ilha de frescor)
14 horas	Intensidade Moderada (3,7°C) Instituto de Educação (ilha de calor) Estátua do Beline (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3°C) Praça Niterói (ilha de calor) Professor Gabizo (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (2,8°C) Eurico Rabelo (ilha de calor) Instituto de Educação (ilha de frescor)
15 horas	Intensidade Moderada (3,3°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estátua do Beline (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3,4°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Professor Gabizo (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (2,8°C) Eurico Rabelo (ilha de calor) Estátua do Beline (ilha de frescor)
16 horas	Intensidade Moderada (3,4°C) Praça Maracanã (ilha de calor) Estátua do Beline (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3,2°C) Praça Niterói (ilha de calor) Colégio Militar (ilha de frescor)	Intensidade Fraca (1,6°C) Eurico Rabelo (ilha de calor) Praça Niterói (ilha de frescor)
17 horas	Intensidade Moderada (2,4°C) Entrada da UERJ (ilha de calor) Colégio Militar (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3,5°C) Estátua do Beline (ilha de calor) Estação Maracanã (ilha de frescor)	Não foi realizado experimento. (Chuva)
18 horas	Intensidade Moderada (2,7°C) Entrada da UERJ e Instituto de Educação (ilhas de calor) Estátua do Beline (ilha de frescor)	Intensidade Moderada (3,2°C) Professor Gabizo (ilha de calor) Colégio Militar (ilha de frescor)	Não foi realizado experimento. (Chuva)

Observa-se que na Praça Maracanã registrou-se a temperatura mais elevada em 9 das 31 medições enquanto no Instituto de Educação, foi registrada a temperatura mais elevada em 6 medições. Juntos estes dois pontos comportaram-se como os mais quentes na metade das medições.

No entanto o primeiro trabalho de campo (inverno) contou com três pontos de observação na porção oeste, com quatro no centro e com três na porção leste. O segundo trabalho de campo (outono) também tinha a mesma distribuição: porção oeste com três pontos, o centro com quatro e a porção leste com três. Já na terceiro trabalho (primavera), com a redução de um dos pontos de observação, o arranjo foi de dois pontos na porção oeste, quatro no centro e três na porção leste.

Assim, fazendo as devidas correções quanto ao número de pontos de observação e a distribuição equitativa, percentualmente a porção oeste do bairro, representada pelos pontos 1, 4, 9 e 13, esteve mais quente em 54% dos registros de temperatura; enquanto o centro do bairro, com os pontos 2, 5, 6 e 14, foi o mais quente em 21% dos registros e a porção leste, com os pontos 3, 7, 8 e 12, comportou-se como a mais quente em 25% dos registros.

Nota-se uma tendência ao aquecimento na parte leste do bairro, onde localiza-se a Praça Maracanã (ponto 4), que mais vezes foi apontada como o core da ilha de calor do bairro. Sendo a Praça Maracanã, um local de concentração e passagem de pessoas e, uma das esquinas com maior fluxo de veículos do bairro, este aquecimento verificado em vários registros será um reflexo destas características? O subcapítulo 6.5 se detém na investigação da influência da concentração de pessoas.

6.5 – Experimento de Campo Realizado no Estádio Mário Filho

Nos dias 18, 19, 20 e 21/07/2006 as condições atmosféricas sobre a cidade eram de predomínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico, garantindo tempo bom (Figuras 6.19 a 6.23) e temperatura variando entre 17 a 30°C durante o experimento. De acordo com as imagens de satélite abaixo, referentes aos dias de experimento, observa-se a aproximação de um Anticiclone Polar no sul do Brasil que, no entanto, vai se deslocando em direção ao Oceano Atlântico sem provocar alterações nas condições do tempo no Rio de Janeiro. Com base nos dados obtidos com os *data loggers* visualizou-se resultados interessantes da curva de temperatura no Estádio durante o evento ocorrido no dia 19 de julho de 2006. (Gráfico 6.11)

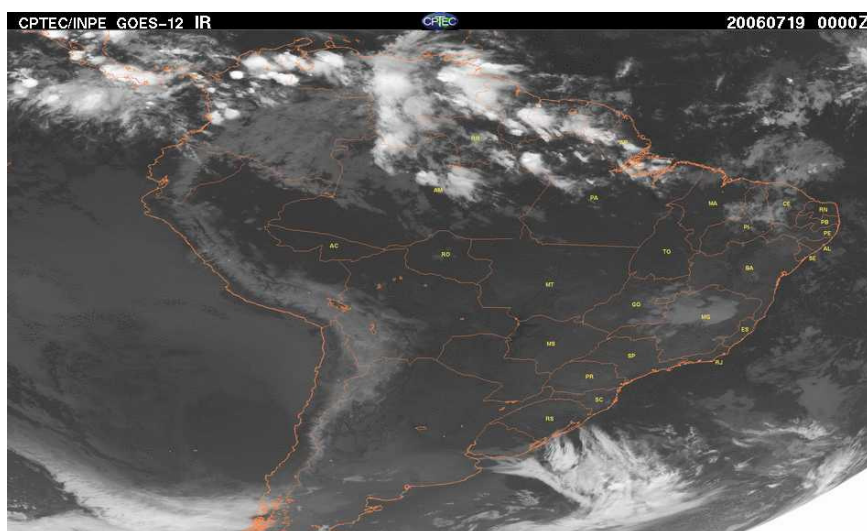


Figura 6.19 – Imagem de Satélite do dia 18/07/2006 – 21horas

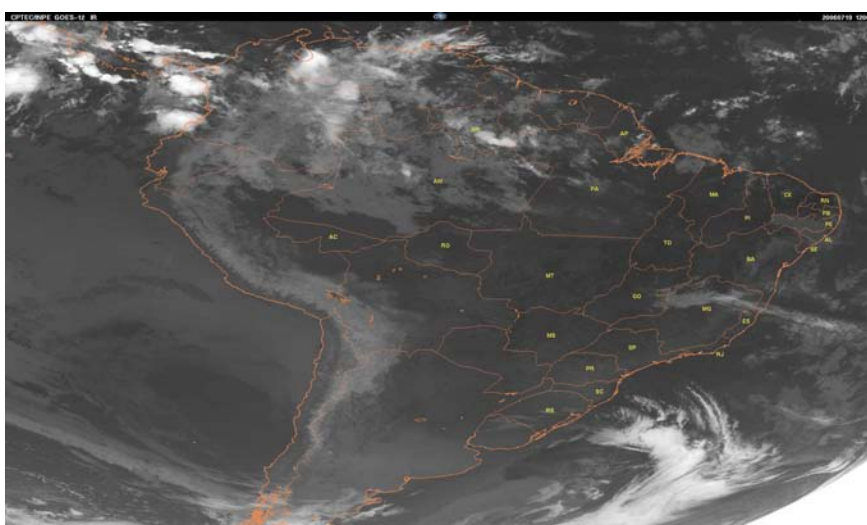


Figura 6.20 – Imagem de Satélite do dia 19/07/2006 – 9 horas

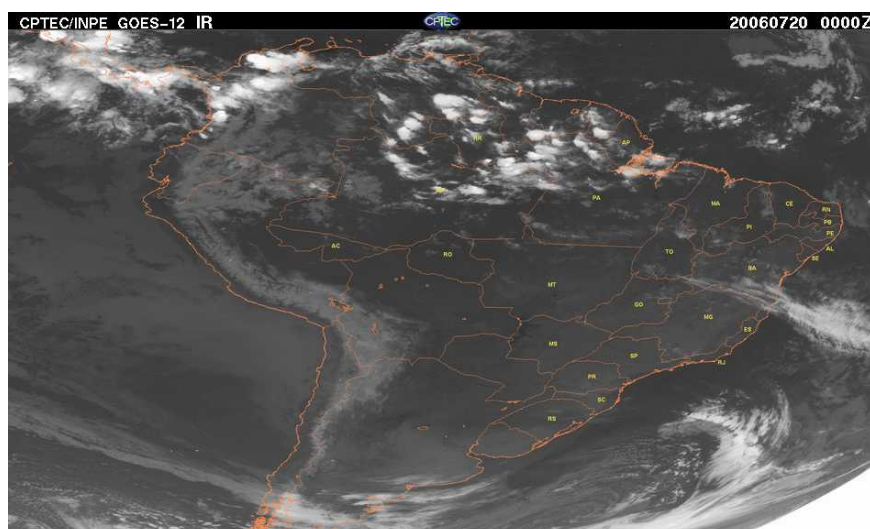


Figura 6.21 – Imagem de Satélite do dia 19/07/2006 – 21 horas

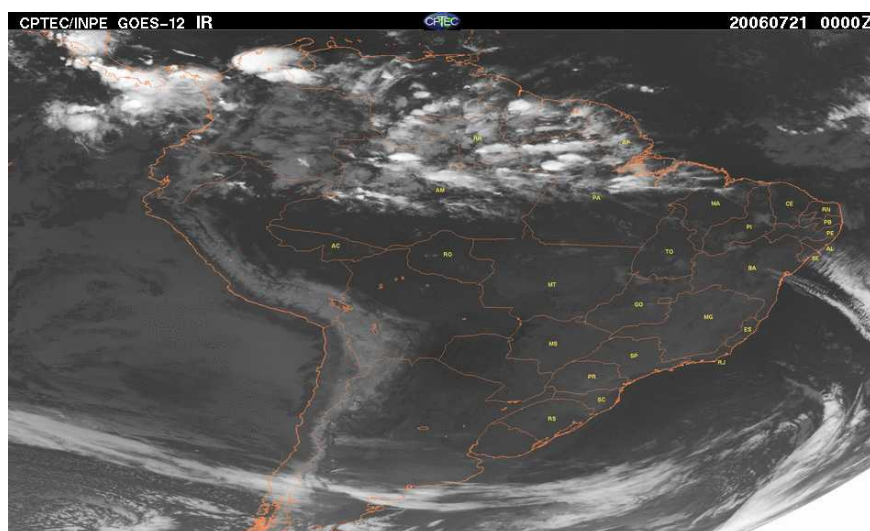


Figura 6.22 – Imagem de Satélite do dia 20/07/2006 – 9 horas

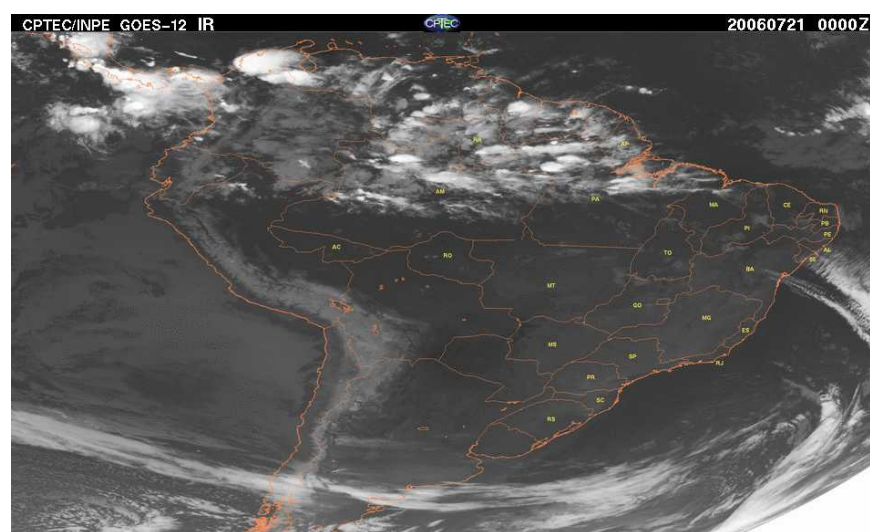


Figura 6.23 – Imagem de Satélite do dia 20/07/2006 – 21 horas

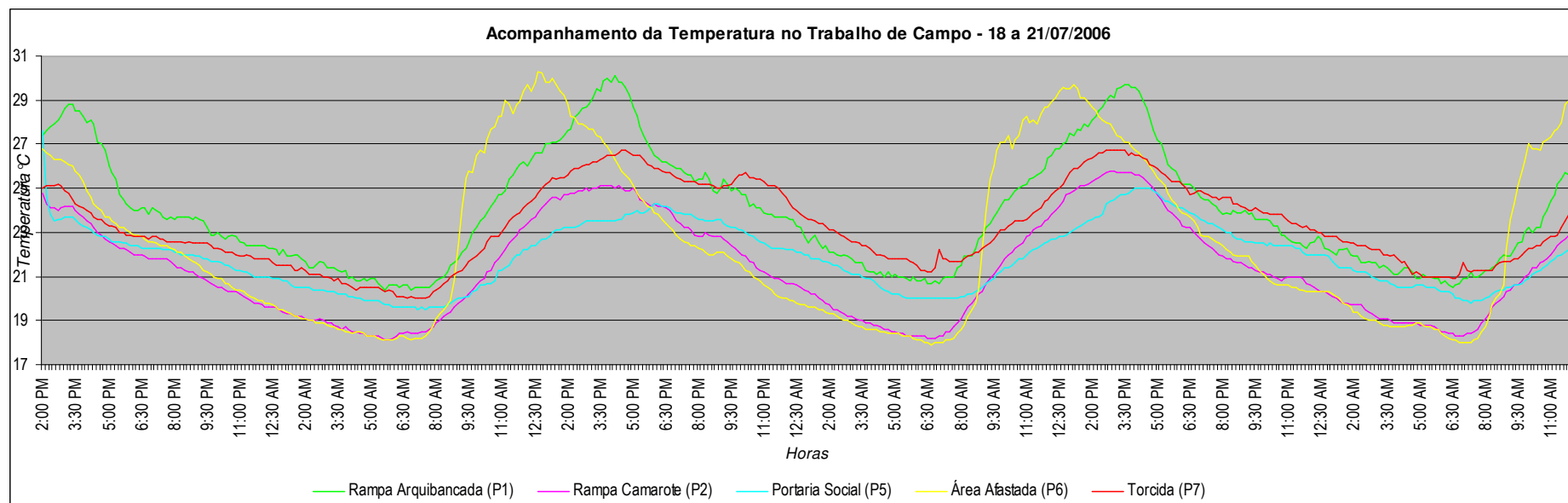


Gráfico 6.11 – Temperatura do Ar Experimento 18 a 21/07/2006

No gráfico 6.11, que mostra as temperaturas registradas pelos *data loggers*, continuamente nos cinco pontos de monitoramento dentro e fora do estádio Mário Filho, desde às 14 horas do dia 18 de julho até às 12 horas do dia 21 de julho, destaca-se que:

- ainda que todos os *data loggers* tenham sido colocados dentro de abrigos de madeira, a uma altura superior a 1,5 metros da superfície e, sejam perfurados para a renovação do ar, dois dos pontos de observação ficaram expostos aos raios do sol, a rampa da arquibancada (P1) e área afastada (P6), apresentando as temperaturas mais elevadas no início da tarde.

- o ponto 6 (área afastada) ficou em frente a minha residência, uma vila distante 800 metros do Estádio Maracanã. A vila, composta por 20 casas, tem em sua vizinhança um número grande de casas. Assim, sem a presença de grandes edificações que obstruam a passagem dos ventos, este ponto, que ficou muito exposto, mas também é bastante ventilado, apresenta um aquecimento abrupto logo no início da manhã e uma queda da temperatura a partir das 14 horas. A amplitude térmica neste ponto é a mais acentuada, registrando as mais altas e mais baixas temperaturas do experimento.

- já o ponto 1 (rampa da arquibancada), apesar de ficar exposto ao sol, não está em uma área aberta, o que dificulta o seu resfriamento.

- o ponto 2 (rampa do camarote) ficou próximo a copa das árvores, a 15 metros do solo, altura alcançada pela rampa. Estes fatores podem justificar a temperatura amena registrada durante a tarde, mesmo tendo também ficado em uma área exposta aos raios solares. Durante a noite, este ponto alcançou temperaturas tão baixas quanto o ponto 6.

- os pontos 5 e 7, relativos a portaria social e a torcida, respectivamente, ficaram dentro do estádio em áreas cobertas o que justifica as pequenas amplitudes térmicas diárias verificadas nos dois pontos. No entanto, o ponto 7 (torcida) apresentou as temperaturas mais elevadas no período noturno do segundo e terceiro dias de observação. Estes valores alcançados devem-se, provavelmente, a sua localização, pois ficou sob a marquise superior do estádio que recebe radiação solar durante todo o dia. Este calor que fica retido no concreto e materiais utilizados na edificação vai sendo liberado lentamente durante a noite.

6.5.1 – A Final do Copa do Brasil: Flamengo x Vasco

A noite do dia 19/07/2006 foi o momento mais esperado, pois os times do Flamengo e do Vasco disputavam no Maracanã o primeiro jogo da final da Copa do Brasil. As suas torcidas, as maiores do Rio de Janeiro, prometiam encher o estádio, que estava sendo monitorado pelos *data loggers* e pela equipe de estudo.

Apesar de ter sua capacidade reduzida, em consequência das obras que objetivam adequar o Estádio Mário Filho às exigências da FIFA, o público presente foi superior a 50.000 pessoas no momento da partida, de 21:45 horas às 23:40 horas. (Figura 6.24).



Figura 6.24 – Grande presença do público no estádio

Para avaliar se houve a influência da concentração de pessoas no comportamento da temperatura, nos diferentes pontos, pode-se observar a temperatura do ar registrada no dia 19/07/2006 (gráfico 6.12) e durante o jogo (gráfico 6.13), uma ampliação do primeiro. O gráfico 6.13, que mostra as temperaturas do monitoramento no momento do jogo, inicia-se a contagem às 18:30 horas pois foi neste momento que os portões foram abertos para o acesso do público. O horário final escolhido para o acompanhamento deste gráfico foi 00:30 horas, pois a partida tendo sido disputada de 21:45 horas às 23:40 horas, o público já havia sido dispersado.

Nota-se, no gráfico 6.12, que ao se aproximar do final da tarde, as temperaturas de cinco dos seis pontos começam a cair. A exceção é o ponto 6 (área afastada) que, pelos motivos descritos anteriormente, tem uma queda mais acelerada já a partir das 14 horas. No entanto, percebe-se uma alteração na curva de todos os pontos durante a descendência. Os pontos sofrem um leve aquecimento por volta das 20 horas, enquanto que o ponto 7 apresenta maior irregularidade a partir das 21:30 horas.

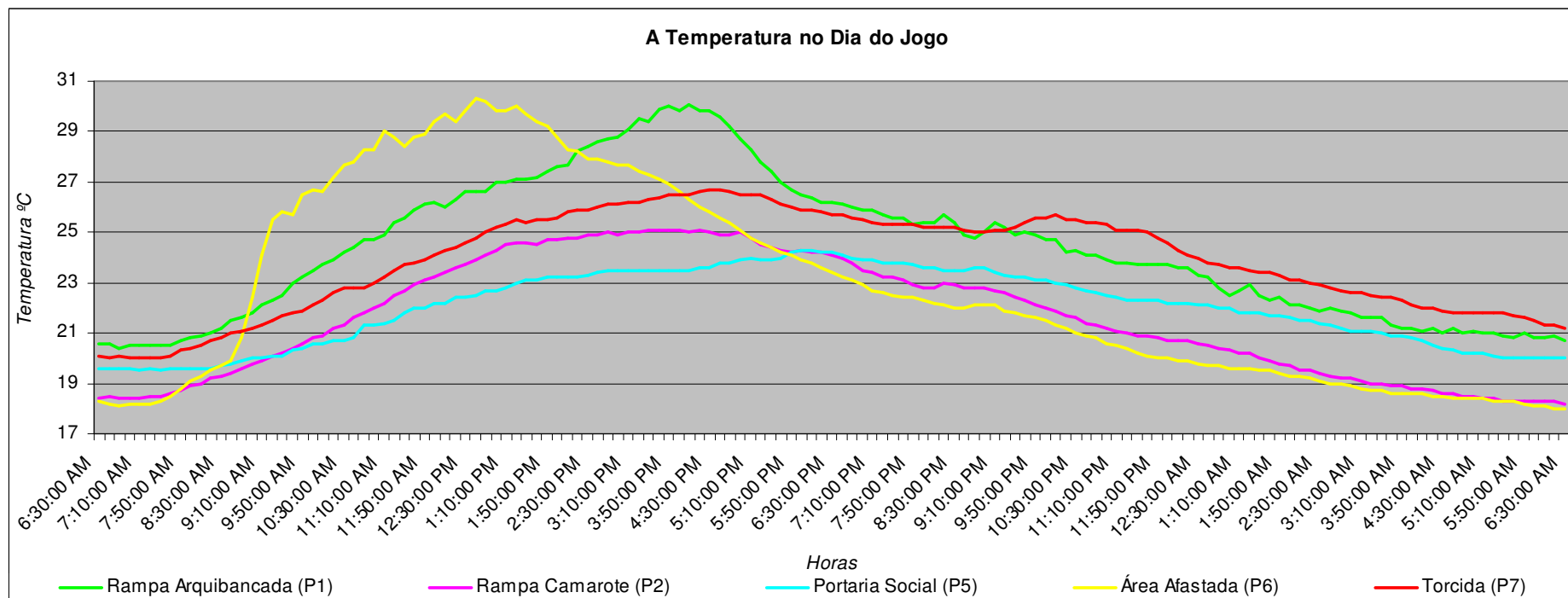


Gráfico 6.12 – Temperatura do Ar no dia 19/07/2006

No gráfico 6.13, com a redução do intervalo de tempo as curvas são ampliadas e acentuam-se as alterações no ponto 1, pontualmente às 20:20 horas e às 21:10 horas, e no ponto 7, contínua de 21:30 horas até 23:50 horas quando volta a cair.

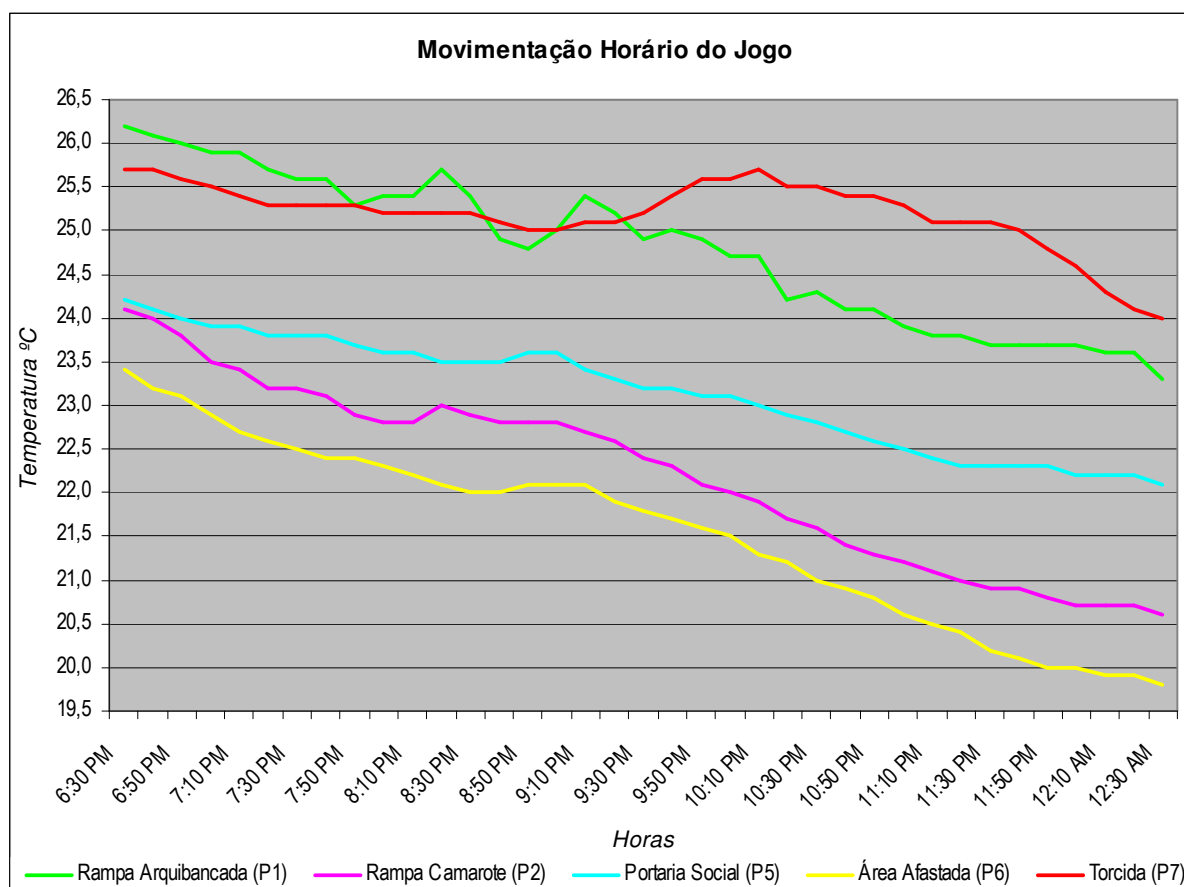


Gráfico 6.13 – Temperatura do Ar nas Horas Próximas ao Jogo do dia 19/07/2006

Sendo assim, por destacarem-se dos demais, estes pontos foram analisados de acordo com a linha de tendência de cada um, nos gráficos 6.14 o ponto 1 e 6.15, o ponto 7.

No gráfico 6.14, às 20:10 horas a temperatura registrada foi de 25,4°C, alcançando o primeiro pico às 20:20 com 25,7°C, e, volta a cair às 20:30 horas para 25,4°C. Às 20:40 horas a temperatura desce para 24,9°C e na marcação seguinte, 20:50 horas, cai para 24,8°C. Às 21:00 horas a temperatura volta a 25,0°C, com um novo pico de 25,4°C às 21:10 horas.

Ao utilizar a linha de tendência do gráfico 6.14 como um referencial, observa-se aumentos de 0,5°C nos picos registrados para a temperatura do ar nos horário de 20:20 horas e 21:10 horas no ponto 1 situado na rampa de acesso às arquibancadas.

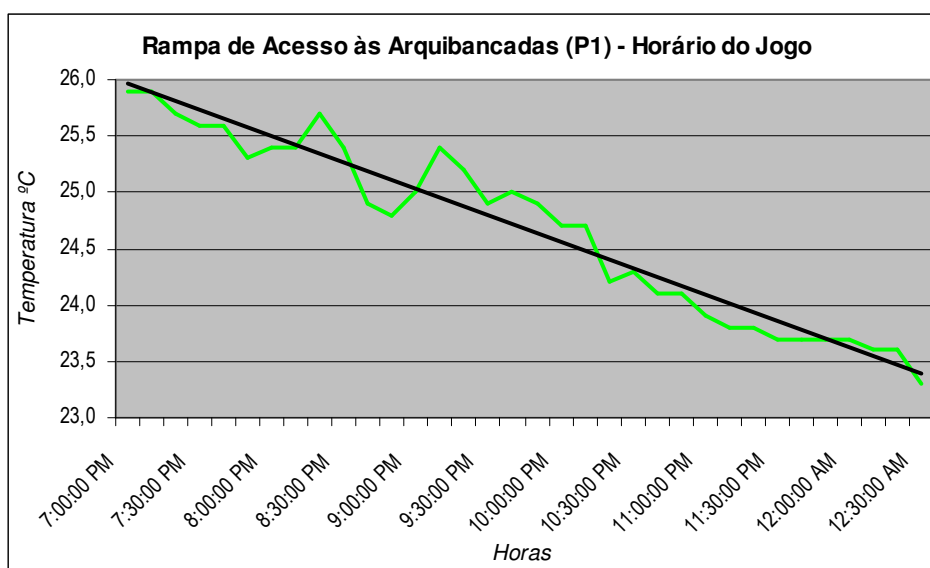


Gráfico 6.14 – Temperatura do ar no ponto 1

No Gráfico 6.15 a temperatura do ar vai diminuindo até às 21:00 horas, quando atinge 25,0°C. As 21:10 horas novamente regista-se 25,0°C e, a partir deste horário a temperatura torna a elevar-se alcançando os valores de 25,6°C as 21:50 horas, com o máximo registrado as 22:10 horas, de 25,7°. Depois deste horário a temperatura volta a cair, num ritmo bem mais lento, retomando os 25,0°C somente as 23:40 e, a partir deste momento tem uma queda mais acelerada de 0,2°C a cada 10 minutos.

O horário de alteração da curva coincide com o horário do evento, quando foi atingida a concentração máxima de pessoas nas arquibancadas do estádio e, ao comparar a temperatura máxima registrada durante a partida com o início do aquecimento percebe-se uma elevação de quase 1°C na temperatura onde localizou-se o ponto 7.

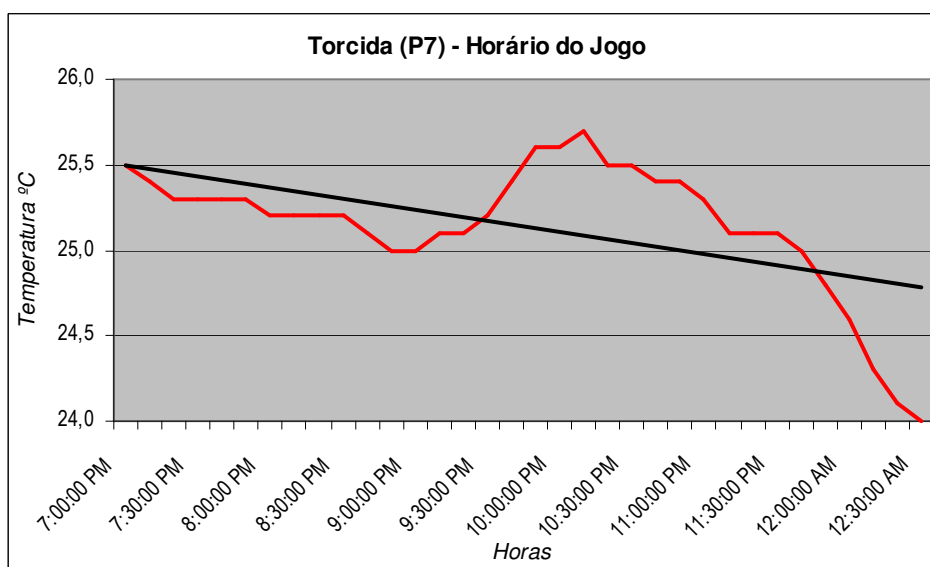


Gráfico 6.15 – Temperatura do ar no ponto 7

7 – Considerações Finais

As hipóteses levantadas a partir dos questionamentos apresentados no subcapítulo 3.4 foram investigadas em cinco etapas e parcialmente comprovadas. Nas duas etapas iniciais verificou-se a existência de um ritmo semanal do clima nos dados do período que compreende janeiro de 1992 à março de 2002 da estação climatológica do Maracanã, como também nos dados correspondentes ao primeiro trimestre de 2002 das estações da Tijuca, São Cristóvão e Centro. Neste bairros a temperatura se eleva a partir da segunda-feira, atingindo o máximo na terça e na quarta-feira, diminuindo na quinta e sexta-feira, até alcançar as temperaturas mais baixas no sábado e no domingo, indicando que este ritmo climático semanal, provavelmente, esteja relacionado a própria escala da cidade do Rio de Janeiro.

Assim, a partir das similaridades do comportamento observado nos gráficos construídos com os dados das estações meteorológicas, tentou-se comprovar a hipótese de que este ritmo da temperatura é influenciado por atividades antrópicas.

Na terceira etapa, que avaliou o ritmo semanal como um reflexo da concentração de veículos, devido a liberação de gases estufa na queima de combustíveis fósseis, não foi encontrada relação significativa entre os dados médios diários de temperatura e de concentração de monóxido de carbono. Assim ainda que os dados utilizados nesta etapa correspondam a um período curto, estes não foram capazes de confirmar a hipótese de interferência dos veículos na temperatura. Isso porque em bairros como a Tijuca e São Cristóvão a curva da temperatura não foi influenciada pelo comportamento da curva de concentração do monóxido de carbono.

Esta tendência, onde valores mais baixos tanto de temperatura quanto de concentração de CO são encontrados nos finais de semana, foi observada no bairro Centro que tem um ritmo semanal bem marcante, dada as características das atividades comerciais e de serviços preponderantes no bairro. No entanto as oscilações da curva de temperatura durante os dias úteis não foram acompanhadas pela curva de concentração de CO que estava mais homogênea. Diante desta pequena divergência observada entre as curvas conclui-se que apesar de os ritmos verificados no Centro confirmarem a hipótese levantada, esta etapa necessita de estudos específicos mais detalhados para as necessárias conclusões.

Como os dados das estações climatológicas não foram suficientes para explicar a variação semanal da temperatura, na quarta etapa a investigação foi verticalizada com o objetivo de estudar os ambientes internos do bairro Maracanã. Nesta etapa os registros, coletados nos diferentes ambientes encontrados nas ruas e praças do bairro, permitiram observar que apesar dos dois primeiros experimentos terem sido realizados em estações do

ano cujas temperaturas costumam ser mais amenas e, as situações de desconforto por calor sejam menos frequentes, ainda assim, os índices para temperatura efetiva calculados atingiram a classe de desconforto, principalmente nos horários de maior insolação como as 13 e 14 horas.

Entretanto deve-se observar que a fórmula de Thom apresenta algumas limitações do ponto de vista metodológico para sua aplicação. A sensação de conforto depende também da ação de outros elementos como vento, umidade, pluviosidade, nebulosidade, entre outros, além de características físicas e socioeconômicas dos indivíduos entre elas, idade, sexo, tipo de trabalho que desenvolvem, estado de saúde, dieta, estado emocional, grau de ajustamento às condições climáticas predominantes etc. Além do mais a fórmula foi desenvolvida para atender as características de regiões temperadas do que as verificadas em climas tropicais.

Após a espacialização dos dados de temperatura, observou-se que os *cores* das ilhas de calor localizaram-se em pontos de maior movimento de veículos e pessoas. O maior exemplo é a Praça Maracanã que mais vezes se comportou como o ponto mais quente e mais desconfortável do bairro, onde registrou-se o *core* de uma ilha de calor de mais de 6°C no outono de 2004. É um local de passagem e, principalmente de encontro de pessoas como também de convergência de vias e por isso grande trânsito de veículos. Esta etapa da pesquisa indicava que a grande concentração de pessoas poderia contribuir com a elevação da temperatura local nos ambientes do bairro.

A quinta etapa, de monitoramento da temperatura e umidade relativa dentro do estádio por quatro dias consecutivos, com um grande evento ocorrendo neste intervalo, confirmou a hipótese de que grandes aglomerações de pessoas interferem no clima na escala local, além das redondezas próximas, como indicaram os *data loggers*.

Durante a primeira partida da final da Copa do Brasil, disputada entre Flamengo e Vasco no Maracanã, diante de um público superior a 50 mil pessoas, as curvas de temperatura de todos os *data loggers* registraram uma “perturbação”, mesmo no ponto localizado a um quilômetro de distância do estádio.

O instrumento que registrou maior interferência na temperatura estava localizado próximo à torcida em uma área aberta, e apontou uma elevação de 1°C aproximadamente. Este aumento de temperatura verificado próximo a torcida correspondeu à uma situação extrema de concentração de pessoas em micro escala, o que não foi observado durante os três experimentos realizados na escala do bairro, nas diferentes estações do ano. Assim, a participação da concentração de pessoas deve corresponder a uma pequena parcela da intensidade da ilha de calor verificada nos experimentos de campo. Isso porque é significativa

a contribuição de outros fatores, tais como: uso do solo, altura das edificações, confluência de vias de circulação, traçado urbano e arborização urbana na configuração e na intensidade das ilhas de calor.

Desta maneira apesar dos resultados da terceira etapa, que avaliou a interferência da concentração de CO na temperatura, refutar a influência das atividades no ritmo semanal do clima na escala local, há a ressalva de que uma série com melhor quantidade e qualidade nos dados possa indicar o contrário. Entretanto, apesar do relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) apontar o CO₂ como o grande vilão do aquecimento global e, que os veículos têm contribuído no lançamento deste gás, o mesmo documento indica que há uma exceção para as menores escalas. Nas menores escalas a “variação natural do clima é relativamente maior devido a forças externas. Incertezas com relação às forças locais e *feedbacks* também tornam difícil estimar a contribuição do aumento do gás estufa na mudança de temperatura em escala menor”. (IPCC, 2007:10)

No entanto, também há uma outra hipótese para o ritmo semanal da temperatura do ar: não seria este um fenômeno natural estabelecido pela circulação atmosférica regional atuante sobre o Rio de Janeiro? Esta é uma hipótese a ser pesquisada e, se confirmada, não invalida os resultados alcançados com base nos trabalhos de campo no bairro, os quais apontam para a necessidade urgente de mudanças no planejamento da cidade, em especial do bairro Maracanã.

A existência de ilhas de calor de intensidade muito forte foi comprovada e a localização dos pontos mais quentes indicam que áreas com grande densidade de edificações, associada à altura e aos materiais das construções, se mostram como armazenadoras térmicas. Estas áreas, também conhecidas como *canyons* urbanos, impedem a livre circulação dos ventos dificultando a dissipação do calor e das partículas em suspensão para a atmosfera. Os pontos localizados em áreas como a Avenida Radial Oeste, por exemplo, não se mostraram tão quentes, pois são áreas abertas que não ficam “sufocadas” pelas barreiras de edificações.

As ilhas de calor são produto do clima urbano, socialmente transformado, e cabe aos cidadãos a reversão dos efeitos térmicos desconfortantes que podem ser amenizados através do cumprimento à regulamentação de parâmetros urbanísticos existente, como:

- gabarito (altura máxima permitida para as edificações em uma dada zona, que pode ser limitado de acordo com a largura da rua);
- afastamentos (recurso obrigatório em relação as divisas do lote, tanto um recuo frontal em relação à rua quanto um recuo lateral em relação às outras edificações);

- taxa de permeabilização (percentual da área do terreno que permite a infiltração da água, evitando a impermeabilização excessiva);
- índice de áreas verdes (percentual da área do terreno que é coberto por vegetação).

Além disso, ter a estação climatológica como um referencial é extremamente importante para o planejamento da cidade, principalmente quando se pode contar com séries históricas longas que permitem analisar os efeitos da urbanização na temperatura por décadas e até séculos, como em muitos países europeus.

No Brasil o que se percebe é um descaso das autoridades que têm se mostrado incompetentes na manutenção do funcionamento destas aparelhagens. A estação Maracanã, cujos dados foram utilizados, parou de funcionar assim como: Marambaia, Bangu e outras tantas na cidade do Rio de Janeiro que foram desativadas recentemente.

Da mesma forma o projeto da Prefeitura do Rio de Janeiro que fazia o acompanhamento dos elementos do clima, além de partículas em suspensão, teve uma curta duração de apenas 5 anos, interrompendo a coleta de dados importantes. Assim, concomitantemente à fiscalização do cumprimento das exigências de parâmetros urbanísticos, deve haver a implementação e manutenção de programas de monitoramento ambiental, reafirmando a necessidade de mudança de postura e consciência por parte da população, para que haja melhoras na qualidade de vida dos moradores dos grandes centros urbanos.

Referências Bibliográficas

- ABREU, M. DE A. A cidade, a montanha e a floresta. In: ABREU, M. DE A. (org.): Natureza e sociedade no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esporte, 1992.p.54-103.
- AGUIAR, F. E. O. (1995). As Alterações Climáticas em Manaus no Século XX. Universidade Federal do Rio de Janeiro/PPGG. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro.
- ALCOFORADO, M. J. (1993). O clima da região de Lisboa. Centro de Estudos Geográficos. Universidade de Lisboa. Lisboa.347p.
- AZEVEDO, T. R. (2001). Derivação antrópica do clima da Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas. São Paulo. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Tese de Doutorado.
- BARRING, L., MATTSSON, J. O. and LINDQVIST, S. (1985) Canyon Geometry, Street Temperatures and Urban Heat Island in Malmo, Sweden. Journal of Climatology, Vol. 5, pp. 433-444.
- BRANDÃO, A. M. P. M. (1987). Tendências e Oscilações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Dissertação de Mestrado. São Paulo.
- BRANDÃO, A. M. P. M. (1992). As Alterações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influencia do clima urbano. In: ABREU, M. DE A. (org.): Natureza e sociedade no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esporte.p.143-200.
- BRANDÃO, A. M. P. M. (1996). O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Tese de Doutorado. São Paulo.
- BRANDÃO, A. M. P. M. (2001). Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.): Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2001.pp.47-109.

CARDOSO, A. L. e RIBEIRO, L. C. DE Q. (1996). Dualização e Reestruturação Urbana: o caso do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. IPPUR/FASE.

CENSO DEMOGRÁFICO 2000. IBGE. Disponível em www.ibge.org.br

CHANDLER, T. J. (1965) The Climate of London. London Hutchison. University Library Publishers. Pp. 287.

CONGRESSO MUNDIAL MICHELIN. Disponível em www.challengebibendum.com

CORRÊA, R.L. (1999). O Espaço Urbano. São Paulo. Editora Ática.

CPTEC. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagens de Satélites e Previsões Numéricas Regionais do Tempo para a Cidade do Rio de Janeiro.

DANNI, I. M. (1987). Aspectos Temporo-Espaciais da Temperatura e Umidade Relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982: Contribuição ao Estudo do Clima Urbano. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Tese de Livre-Docência. São Paulo.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRANSITO. Disponível em www.denatran.gov.br

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. Cartas Sinóticas de Superfície, Cartas de Pressão ao Nível do Mar.

EAGLEMAN, J. R. (1974) A Comparison of Urban Climatic Modifications in Three Cities. Pergamon Press. Great Britain. Atmospheric Environment, Vol. 8, pp. 1131-1142

FANGER, P. O. (1970). Thermal Confort: Analysis and Applications in Environmental Engeneering. McGraw-Hill, New York.

FARIAS, H. S. (2004). O Campo Térmico no Bairro Maracanã/RJ. Departamento de Geografia da UFRJ. Dissertação de Monografia. Rio de Janeiro.

- FIALHO, E. S. (2002). Análise Têmporo-Espacial do Campo Térmico na Ilha do Governador/RJ em episódios de verão e inverno. Departamento de Geografia. IGEO/UFRJ. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro.
- FRANÇA, D. A. (2003). Clima e Percepção Ambiental no Bairro Méier/RJ. Departamento de Geografia da UFRJ. Dissertação de Monografia. Rio de Janeiro.
- GARCIA, M.C.M. (1993). Estúdio Del Clima Urbano de Barcelona: La “Isla de Calor”. Barcelona. Editora Solgraf. 193p.
- GARCÍA, M.C.M. (1999). Climatología urbana. Departament de Geografia Física i Anàlisi Geográfica Regional. Universitat de Barcelona. Textos Docents. 160p.
- GERSON, B. (2000). História das ruas do Rio: e da sua liderança na história política do Brasil. Lacerda Editores. Rio de Janeiro. 514p.
- GONÇALVES, N. M. S. (2003). Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C.A.F. e MENDONÇA, F. (org).: Clima Urbano. São Paulo. Contexto. pp.69 – 91.
- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em www.ipcc.ch.
- INVENTÁRIO DE GASES DO EFEITO ESTUFA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (2003). Prefeitura do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. 103p.
- JACOBS, J. (2000). Morte e Vida de Grandes Cidades. Livraria Martins Fontes Editora. São Paulo. 510p. Tradução Carlos Rosa
- LANDSBERG, H. E. (1956). The Climate of Towns. In: THOMAS, W.E. ec. Man’s Role in Changing the Face of Earth. USA: The Wenner Gren Foundation Antropolgical Research. The University of Chicago Press. Pp.584 – 606.

- LEITE, B.C.C. (2003). Sistema de Ar Condicionado com Insuflamento pelo Piso em Ambientes de Escritório: Avaliação do Conforto Térmico e Condições de Operação. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo. 162p.
- LOMBARDO, M.A. (1985). A Ilha de Calor nas Metrôpoles: O Exemplo de São Paulo. São Paulo. HUCITEC, 244p.
- LUCENA, A. J. (2004). O Campo Térmico na Zona Oeste do Rio de Janeiro/RJ: Uma Contribuição ao Estudo do Clima Urbano. Departamento de Geografia da UERJ. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro.
- MACEDO, L. V. (2001). Problemas Ambientais Urbanos Causados pelo Trânsito na Região Metropolitana de São Paulo. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org).: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2001.pp.305-345.
- MALHEIROS, T. S. (2006). A Geografia do Clima em Copacabana. Departamento de Geografia da UFF. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro.
- MORENO, M. Del C. (1990). Modificaciones térmicas em lãs ciudades. Avance sobre la islã de calor em Barcelona. In: Documents Dánàlisi Geogràfica 17. Barcelona. Pp 51-77.
- MENDONÇA, F. (2003a). Clima e Planejamento Urbano em Londrina: Proposição Metodológica e de Intervenção Urbana a partir do Estudo do Campo Termo-Higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. (org).: Clima Urbano. São Paulo. Contexto. pp.93 – 120.
- MENDONÇA, F. (2003b). O Estudo do Clima Urbano np Brasil: Evoluções, Tendências e Alguns Desafios. In: MONTEIRO, C.A. F. e MENDONÇA, F. (org).: Clima Urbano. São Paulo. Contexto. pp.175 – 192.
- MONTEIRO, C. A. F. (1976). Teoria e Clima Urbano. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Tese de Livre-Docência. São Paulo.

- MONTEIRO, C. A. F. (1990). Campo Térmico na Cidade de Florianópolis: Primeiros Experimentos. Departamento de Geociências. CCH/USC. Revista Geosul nº9. Santa Catarina. Pp 20 – 60.
- MONTEIRO, C. A. F. (1991). Clima e Excepcionalismo. Conjeturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico. Editora da UFSC. Florianópolis.
- MONTEIRO, C. A. F. (1992). Interação Homem-Natureza no Futuro da Cidade. Departamento de Geociências. CCH/USC. Revista Geosul nº14. Editora da USC. Santa Catarina. Pp 7 – 48.
- NASA. Disponível em www.ghcc.msfc.nasa.gov
- OKE, T.R. (1987). Boundary Layer Climates. London: Methuen e Co-LTD, 1978. 372p
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. Disponível em www.wmo.ch
- RUAS, A. C. (2002). Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificadas e sua aplicação num software. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. 183 p. Tese de Doutorado.
- SANTOS, J. W. M. C. (1996). Clima Urbano de Maringá: Ensaio Metodológico para Cidades de Porte Pequeno e Médio. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Tese de Livre-Docência. São Paulo.
- SANZ DONAIRE, J. J. (1999). Variabilidad natural y antropoinducida em el “cambio climático”: el caso de la pluviometria de Soria. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología. Barcelona. Pp 491-500.
- SOUZA, M. L. DE (2000): O Desafio Metropolitano. Um estudo sobre a problemática sócio-espacial nas metrópoles brasileiras. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil.

TERJUNG, W.H. (1966). Physiologic Climates of the Conterminous United States: A Bioclimatic Classification Based on Man. Annals Assm. Of American, vol 56. Pp 141-179.

THOM, E.C. (1959). The Discomfort Index. Weaherwise (V). 2:57-60.

ZAMPARONI, C. A. G. P. (1995). Ilha de Calor em Barra dos Bugres e Tangará da Serra – MT: Uma contribuição ao estudo do clima urbano em cidades de pequeno porte em área tropical. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Tese de Livre-Docência. São Paulo.