UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Análise do Campo Térmico de Cidades de Médio Porte:

Estudo de caso no Pólo Têxtil de Americana - SP

Joyce Lima de Sousa

Orientador: Profª Drª Magda Adelaide Lombardo

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Área de Concentração em Organização do Espaço para obtenção do título de Mestre em Geografia

Rio Claro (SP)
2007

551.6 Sousa, Joyce Lima de
S725a Análise do campo térmico de cidades de médio porte : estudo de caso no pólo têxtil de Americana - SP / Joyce Lima de Sousa. – Rio Claro : [s.n.], 2007
374 p f. : il., tabs, gráfs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Magda Adelaide Lombardo

1. Climatologia. 2. Clima urbano. 3. Ilhas de calor. 4. Planejamento urbano. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Comissão Examinadora

Profª Drª Magda Adelaide Lombardo

Profº Drº José Bueno Conti

Profº Dr Marcelo Martinelli

Joyce Lima de Sousa

Aluno (a)

Rio Claro, 26 de outubro de 2007

Resultado: Aprovado

Dedicatória

Dedico esse trabalho a Maria Lindolfa de Andrade (in memorian) e Idália Silva Sousa, minhas queridas avós que tanto contribuíram para a minha educação e para a minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ter me dado o dom da vida e por me proteger em todos os momentos, me dando força e coragem para seguir em frente.

À minha família querida: meus pais Obed e Elza – por me apresentarem ao amor incondicional, me colocando no centro de suas vidas e solidificando as minhas bases como ser humano. À vovó Idália (Mainha) por ter me ensinado a ler e dividido comigo os melhores momentos da minha infância (obrigado, sempre, pelas orações!!). Á vovó Maria (in memorian) por todo o amor, carinho e lição de vida que representou em minha vida (sua falta é irreparável!!). Aos meus tios e tias pelo amor, confiança e palavras de força (não seria quem sou sem a contribuição de vocês). Ao meu amor Thiago (pelo carinho e paciência nas horas de pesquisa).

A minha orientadora Profa.Dra.Magda Adelaide Lombardo (pela amizade e por me abrir as portas para a pesquisa científica).

Ao Prof. Dr. Demóstenes da Silva Filho (pelo auxílio nas técnicas de geoprocessamento) e ao amigo Jefferson Polize pela ajuda inemensurável no desenvolvimento dessa pesquisa.

As minhas queridas amigas e companheiras de luta Larissa Lucciane e Amanda Vasques e pela amizade e ajuda em vários momentos dessa pesquisa.

A amiga-irmã Gisele Souza Valderano pela amizade eterna e pela correção e formatação do trabalho em todas as etapas.

Aos técnicos Carlos Prochnow, Carlo Burigo e Gilberto Donizete pelas conversas, dicas, empréstimos de mapas e pela amizade.

Às Profas. Dras. Sandra Contrim Pitton e Silvia Aparecida Guranieri Ortigoza por todas as considerações feitas por ocasião do exame de qualificação.

Ao parecerista da FAPESP que analisou cada etapa do trabalho, enriquecendo-o com sugestões e dando força para seguir em frente com os elogios.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento desta pesquisa.

Embora o clima já ninguém o considere o senhor deus todo poderoso de antigamente, é impossível negar-se a influência que exerce na formação e no desenvolvimento das sociedades, senão direta, pelos efeitos imediatos sobre o homem, indireta pela sua relação com a produção da terra, com as fontes de nutrição, e, com os recursos de exploração econômica acessíveis ao povoador.

Gilberto Freire
Casa Grande e Senzala

A Primeira e primordial Arquitetura é a Geografia

Paulo Mendes da Rocha

RESUMO

Nos últimos cinqüenta anos as cidades cresceram muito rapidamente. No mundo inteiro tivemos praticamente uma inversão entre o número de habitantes rurais e urbanos. De acordo com o último censo demográfico brasileiro (2000) 81.25% da população vive em centros urbanos. O processo de urbanização nas cidades traz diversas alterações à camada limite urbana o que direta ou indiretamente pode conduzir à formação de microclimas diferenciados em diferentes regiões da cidade, levando a condições adversas de conforto. Os estudos urbanos do clima têm se baseado há muito tempo nas diferenças de temperatura observada entre as cidades e suas regiões rurais, descrevendo coletivamente o efeito urbano da ilha de calor. O desenvolvimento das análises bioclimáticas a respeito do clima urbano deve ter como um objetivo final o estabelecimento de propostas concretas para um planejamento urbano orientado ao clima e a mitigação do efeito das ilhas urbanas de calor. O Pólo Têxtil de Americana é uma região formada por cidades médias do estado de São Paulo. Estas cidades cresceram muito rapidamente nas últimas décadas; tendo como conseqüência a necessidade de uma compreensão dos efeitos antropogênicos na cidade. Esta pesquisa apresenta, assim, uma analise sobre os climas de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara D'Oeste e Sumaré baseada no planejamento urbano e na análise de séries históricas de meteorologia e no sensoriamento remoto. As diferenças térmicas das vizinhanças, da atividade urbana e de componentes urbanos são comparadas. A conclusão mais importante obtida nessa pesquisa é que parte "das mudanças microclimáticas" atribuídas às atividades humanas em áreas urbanas, é reversível a curto prazo (talvez semanas ou meses), se ações eficazes forem realizadas para controlar as fontes de calor e poluição melhorando a qualidade ambiental urbana.

PALAVRAS-CHAVE: clima urbano, ilhas de calor, planejamento urbano.

ABSTRACT

In the last fifty years cities have grown very fast. In the whole world there was practically an inversion between the number of agricultural and urban inhabitants. According to the last Brazilian demographic census (2000) 81,25% of population lived in urban centers. The urbanization process in cities brings several alterations to the urban boundary layer that directly or indirectly may lead to the formation of different microclimates in different regions of the city, causing diverse comfort conditions. Urban climate studies have long been concerned about the magnitude of the difference in observed ambient air temperature between cities and their surrounding rural regions, which collectively describe the urban heat island (UHI) effect. The development of bioclimatic analysis regarding urban climate must have as a final goal the establishment of concrete proposals for a climate oriented urban planning and for mitigated the UHI effect. The Americana Textil Polo is a region formated by medium sizes cities in São Paulo state. This cities has grown very fast in the last decades; consequently it's necessary to understand the anthropogenic effects into the city. This research presents, a analyzes about Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara D'Oeste e Sumaré climates based in urban planning and historical temporary series of meteorology and remote sensing. Data from a fixed metereological station were used to make de measurements. The thermal differences of neighborhoods, urban activity and urban components were compared. The conclusion shows that some evidences of the influence of weekly human activities rhythm on the climate system under anthropic influence. The most important conclusion that could be brought in the future is that part of the "micro-climate changes" attributed to human activity in urban areas, is reversible in short time (maybe weeks or months). If effective actions are taken to control the heat and pollutant sources, we could assume that the urban environmental quality should improve very fast.

KEYWORDS: urban climate, urban heat island, urban planning.

SUMÁRIO

RESUMO ix
ABSTRACT x
SUMÁRIO xi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES xiii
LISTA DE FIGURAS xiv
LISTA DE GRÁFICOS xvi
LISTA DE TABELAS xx
LISTA DE QUADROS xx
LISTA DE SÍMBOLOS xxi
LISTA DE SIGLAS xxiii
INTRODUÇÃO 26
JUSTIFICATIVA 28
..... 30
Parte 1 31
CAPÍTULO 1 32
1. Embasamento Teórico e Metodológico da Pesquisa 32
1.1 Clima e Planejamento Urbano 32
1.2 O Campo Térmico das cidades 46
1.3 As Diferenças de Superfície e o Clima da Cidade 57
1.4 O uso do Sensoriamento Remoto como ferramenta para as Análises do campo Térmico 76
Parte 2 82
CAPÍTULO 2 83
2. Metodologia 83
2.1 Tratamento dos Dados Metereológicos 85
2.2 Tratamento, Análise de Dados de Sensoriamento Remoto e Modelagem Geográfica 91
2.3. Material e Métodos 101
Parte 3 106
CAPÍTULO 3 107
3.O Uso do Solo Urbano na Área de Estudo 107
3.1 Análise da Evolução da mancha urbana através de imagens de satélite 134
Parte 4 152
CAPÍTULO 4 153
4.1. Análise de Dados 153
4.1.1 Análise Climática 153
4.1.2 Análise do Clima Local e dos Impactos Meteóricos 173
4.2 Análise do campo térmico na Região de Estudo 184
4.2.1 A Análise dos da Vegetação – através do NDVI 186
4.2.2 As Ilhas de Calor 200
4.3Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo 218
4.3.1 Desenvolvimento da Metodologia 219
4.3.2 Usos do solo e diferença de temperatura dos materiais 222
4.3.3 Verticalização da Classificação na Cidade de Americana 267
Conclusão 282
..... 287

Referências..... 289
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 290
Apêndice..... 298

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1..... 51
Ilustração 2..... 87
Ilustração 3..... 123
Ilustração 4..... 127
Ilustração 5
Ilustração 6..... 128
Ilustração 5
Ilustração 6..... 128
Ilustração 7..... 130
Ilustração 8..... 141
Ilustração 9..... 232
Ilustração 10..... 233
Ilustração 11..... 234
Ilustração 12 235
Ilustração 13..... 236
Ilustração 14..... 237
Ilustração 15..... 238
Ilustração 16..... 243
Ilustração 17..... 244
Ilustração 18..... 245
Ilustração 19..... 246
Ilustração 20..... 247
Ilustração 21..... 247
Ilustração 22..... 252
Ilustração 23..... 253
Ilustração 24..... 254
Ilustração 25..... 255
Ilustração 26..... 256
Ilustração 27..... 269
Ilustração 28..... 270
Ilustração 29..... 271
Ilustração 30..... 272
Ilustração 31..... 274
Ilustração 32..... 276
Ilustração 33..... 277
Ilustração 34..... 278
Ilustração 35..... 280
Ilustração 36..... 281

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....59
Figura 2.....60
Figura 3.....69
Figura 4.....86
Figura 5.....87
Figura 6.....93
Figura 7.....94
Figura 8.....96
Figura 9.....96
Figura 10.....98
Figura 11.....142
Figura 12.....143
Figura 13.....144
Figura 14.....145
Figura 15.....146
Figura 16.....147
Figura 17.....148
Figura 18 Figura 19 149
Figura 18 Figura 19 149
Figura 20.....150
Figura 21.....150
Figura 22.....151
Figura 23.....180
Figura 24.....181
Figura 25.....182
Figura 26.....183
Figura 27.....196
Figura 28.....196
Figura 29.....197
Figura 30.....198
Figura 31.....199
Figura 32.....200
Figura 33.....206
Figura 34.....206
Figura 35.....206
Figura 36.....227
Figura 37.....228
Figura 38.....228
Figura 39.....229
Figura 40.....229
Figura 41.....230
Figura 42.....230
Figura 43.....231
Figura 44.....239

Figura 45.....240
Figura 46.....240
Figura 47.....241
Figura 48.....241
Figura 49.....242
Figura 50.....248
Figura 51.....249
Figura 52.....249
Figura 53.....250
Figura 54.....250
Figura 55.....251

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1..... 129
Gráfico 2..... 132
Gráfico 3..... 133
Gráfico 4..... 154
Gráfico 5..... 155
Gráfico 6..... 155
Gráfico 7..... 156
Gráfico 8..... 156
Gráfico 9..... 156
Gráfico 10..... 157
Gráfico 11..... 159
Gráfico 12..... 159
Gráfico 13..... 160
Gráfico 14..... 160
Gráfico 15..... 161
Gráfico 16..... 162
Gráfico 17..... 162
Gráfico 18..... 162
Gráfico 19..... 163
Gráfico 20..... 165
Gráfico 21..... 165
Gráfico 22..... 166
Gráfico 23..... 167
Gráfico 24..... 167
Gráfico 25..... 168
Gráfico 26..... 168
Gráfico 27..... 169
Gráfico 28..... 169
Gráfico 29..... 170
Gráfico 30..... 170
Gráfico 31..... 171
Gráfico 32..... 171
Gráfico 33..... 191
Gráfico 34..... 192
Gráfico 35..... 211
Gráfico 36..... 211
Gráfico 37..... 215
Gráfico 38..... 215
Gráfico 39..... 258
Gráfico 40..... 258
Gráfico 41..... 258
Gráfico 42..... 259
Gráfico 43..... 259
Gráfico 44..... 259
Gráfico 45..... 260
Gráfico 46..... 260
Gráfico 47..... 261

Gráfico 48.....261
Gráfico 49.....262
Gráfico 50.....262
Gráfico 51.....263
Gráfico 52.....263
Gráfico 53.....264
Gráfico 54.....264
Gráfico 55.....265
Gráfico 56.....265
Gráfico 57.....266
Gráfico 58.....266
Gráfico 59.....299
Gráfico 60.....299
Gráfico 61.....300
Gráfico 62.....300
Gráfico 63.....301
Gráfico 64.....301
Gráfico 65.....302
Gráfico 66.....302
Gráfico 67.....303
Gráfico 68.....303
Gráfico 69.....304
Gráfico 70.....304
Gráfico 71.....305
Gráfico 72.....305
Gráfico 73.....306
Gráfico 74.....306
Gráfico 75.....307
Gráfico 76.....307
Gráfico 77.....308
Gráfico 78.....308
Gráfico 79.....309
Gráfico 80.....309
Gráfico 81.....310
Gráfico 82.....310
Gráfico 83.....311
Gráfico 84.....311
Gráfico 85.....312
Gráfico 86.....312
Gráfico 87.....313
Gráfico 88.....313
Gráfico 89.....314
Gráfico 90.....314
Gráfico 91.....315
Gráfico 92.....315
Gráfico 93.....316
Gráfico 94.....316
Gráfico 95.....317
Gráfico 96.....317
Gráfico 97.....318

Gráfico 98.....318
Gráfico 99.....319
Gráfico 100.....319
Gráfico 101.....320
Gráfico 102.....320
Gráfico 103.....321
Gráfico 104.....321
Gráfico 105.....322
Gráfico 106.....322
Gráfico 107.....323
Gráfico 108.....323
Gráfico 109.....324
Gráfico 110.....324
Gráfico 111.....325
Gráfico 112.....326
Gráfico 113.....326
Gráfico 114.....327
Gráfico 115.....327
Gráfico 116.....328
Gráfico 117.....328
Gráfico 118.....329
Gráfico 119.....329
Gráfico 120.....330
Gráfico 121.....330
Gráfico 122.....331
Gráfico 123.....331
Gráfico 124.....331
Gráfico 125.....332
Gráfico 126.....333
Gráfico 127.....333
Gráfico 128.....334
Gráfico 129.....334
Gráfico 130.....334
Gráfico 131.....335
Gráfico 132.....336
Gráfico 133.....336
Gráfico 134.....337
Gráfico 135.....337
Gráfico 136.....338
Gráfico 137.....338
Gráfico 138.....339
Gráfico 139.....340
Gráfico 140.....340
Gráfico 141.....340
Gráfico 142.....341
Gráfico 143.....341
Gráfico 144.....342
Gráfico 145.....342
Gráfico 146.....343
Gráfico 147.....343

Gráfico 148..... 344
Gráfico 149..... 344
Gráfico 150..... 345
Gráfico 151..... 346
Gráfico 152..... 346
Gráfico 153..... 346
Gráfico 154..... 347
Gráfico 155..... 347
Gráfico 156..... 349
Gráfico 157..... 349
Gráfico 158..... 349
Gráfico 159..... 350
Gráfico 160..... 350
Gráfico 161..... 350
Gráfico 162..... 351
Gráfico 163..... 351
Gráfico 164..... 351
Gráfico 165..... 352
Gráfico 166..... 352
Gráfico 167..... 352
Gráfico 168..... 353
Gráfico 169..... 353
Gráfico 170..... 353
Gráfico 171..... 354
Gráfico 172..... 354
Gráfico 173..... 354
Gráfico 174..... 355
Gráfico 175..... 355
Gráfico 176..... 355
Gráfico 177..... 356
Gráfico 178..... 356
Gráfico 179..... 356
Gráfico 180..... 357
Gráfico 181..... 357
Gráfico 182..... 358
Gráfico 183..... 358
Gráfico 184..... 359
Gráfico 185..... 359
Gráfico 186..... 360
Gráfico 187..... 360
Gráfico 188..... 361
Gráfico 189..... 361
Gráfico 190..... 362
Gráfico 191..... 362

LISTA DE TABELAS

Tabela 1..... 33
Tabela 2..... 66
Tabela 3..... 74
Tabela 4..... 75
Tabela 5..... 76
Tabela 6..... 88
Tabela 7..... 89
Tabela 8..... 105
Tabela 9..... 124
Tabela 10..... 154
Tabela 11..... 157
Tabela 12..... 158
Tabela 13..... 158
Tabela 14..... 160
Tabela 15..... 163
Tabela 16..... 164
Tabela 17..... 164
Tabela 18..... 166
Tabela 19..... 172
Tabela 20..... 173
Tabela 21..... 190
Tabela 22..... 257
Tabela 23..... 260
Tabela 24..... 264

LISTA DE QUADROS

Quadro 1..... 38
Quadro 2..... 49
Quadro 3..... 90
Quadro 4..... 92
Quadro 5: 102

LISTA DE SÍMBOLOS

c Velocidade da luz

Ehn Poder emissivo

K↓ e L↓ Radiação que chega às áreas urbanas

K ↑ e L↑ Radiação originada nas áreas urbanas

K Radiação de ondas curtas

I Intensidade da radiação (w/m²)

λ Comprimento de onda

μm Unidade é o micro ou micrômetro

L Radiação de ondas longas

L* Radiação de ondas longas

Δ QA Quantidade de energia advectiva.

ΔQs Fluxo de energia estocada na cidade.

Qh Fluxos de calor sensível turbulento

Qe Fluxos de calor latente

Qf. Fluxos de calor que adicionado ao ambiente urbano pelas atividades humanas

Q* Radiação total

Qsw Rede de irradiação de microondas

Qew Rede de irradiação de ondas longas

Qsh Superfície de fluxo de calor sensível

Qle Fluxo turbulento de calor latente

Qg Graus de condução de calor

Qa Input e calor antropogênico.

Q* Fluxo total de radiação

QF Fluxo de calor antropogênico

QH Fluxo de calor sensível

QE Fluxo de calor latente

θ Ângulo zênite

ω Ângulo sólido

LISTA DE SIGLAS

ATLAS Advanced Thermal Application Sensor

CATI Coordenadoria de Assistência Técnica Integral

CIIAGRO Centro de Informações Agrometereológicas

CSU Centros Sociais Urbanos

CTEEP Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica

DGI/INPE Divisão de Geração de Imagem do Instituto de Pesquisas Espaciais

ENSO El Niño-Southern Oscillation

EPA Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental

FAO Food and Agricultural Organization

GPS Global Positioning System

HIRI The Heat Islands Reduction Initiative

IAC Instituto Agronômico de Campinas

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IR infravermelhos

ISODATA Iterative Self Organizing Data Analysis

IZ Instituto de Zootecnia

MSS Multiespectral Scanner

NASA National Aeronautics and Space Administration

NDVI Índice de vegetação de diferença normalizada

NIR Near Infra-red

OMM Organização Metereológica Mundial

PDUR Política de Desenvolvimento Urbano e Regional do Estado de São Paulo

PND Plano Nacional de Desenvolvimento do Brasil

R Red (Vermelho)

RGB Red, green e blue

RMSP Região Metropolitana de São Paulo

RMC Região Metropolitana de Campinas

SEADE Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

SEMO Sistema Estadual de Mão de obra

SIGRH Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo

SIG Sistema de Informações Geográfica

TM Thematic Mapper

TIMS Thermal Infrared Multiespectral Scanner

UHI Urban Heat Islands

INTRODUÇÃO

É amplamente aceito pela comunidade científica de que há uma correlação entre variações climáticas urbanas e algumas variáveis relacionadas ao uso e a ocupação do solo. Já é fato comprovado, por fundamentação teórica e dados empíricos, que o espaço construído é um dos fatores que contribuem para a criação de microclimas diferenciados em relação ao clima regional, em alguns casos, inconvenientes ou desconfortáveis para o ser humano; conforme já foi demonstrado em estudos anteriores sobre a existência de ilhas de calor, de ilhas secas ou dos desconfortos relacionados à circulação de ventos em ambientes urbanos.

A investigação de climas urbanos é uma necessidade prioritária para a qualidade ambiental num país onde a população cada vez mais se concentra nas cidades. Assim, dos pesquisadores, espera-se um compromisso científico de revelação das peculiaridades dos nossos climas urbanos, sob regiões tropicais e condições de grandes esforços para o desenvolvimento (MONTEIRO, 1999, p.36).

Quanto mais à cidade cresce, menos as 'condições naturais' são nela respeitadas. Por condições naturais entende-se a presença, em proporções suficientes, de certos elementos indispensáveis aos seres vivos: sol, espaço, vegetação. Uma expansão sem controle privou as cidades desses alimentos fundamentais de ordem psicológica e fisiológica. O indivíduo que perde contato com a natureza é diminuído e paga caro, com a doença e a decadência, uma ruptura que enfraquece seu corpo e arruína sua sensibilidade, corrompida pelas alegrias ilusórias da cidade. (LE CORBUSIER; 1993)

Dessa maneira, através de um conjunto de medidas relacionadas ao planejamento da cidade e ao tratamento dos espaços públicos é possível criar um

microclima mais ameno em regiões de clima rigoroso ou até mesmo construir um microclima que nunca existiu em condições anteriores.

O objeto desse trabalho é o comportamento climático urbano das cidades paulistas situadas na microrregião de Americana, sub-região da Região Metropolitana de Campinas. A construção do objeto de estudo foi fundamentada em uma pesquisa envolvendo o conhecimento do meio físico, particularmente as condições climáticas na região estudada, e os fatos históricos sobre a ocupação urbana, fazendo um levantamento de dados primários a partir de imagens de sensoriamento remoto e de dados secundários (dado microclimaticos do IAC); além da caracterização qualitativa e quantitativa de padrões típicos de ocupação local.

A idéia deste trabalho é estar de acordo com a idéia de que o clima urbano em geral e o campo termo-dinâmico em especial, requer todo um material de características da cidade: uso da terra, padrões de edificações com áreas verdes e espaços abertos, morfologia e estrutura urbana, configuração vertical, etc. (MONTEIRO, 1990).

O objetivo é medir a correlação numérica entre algumas variáveis de uso e ocupação do solo urbano e as variáveis climáticas, sob o ponto de vista das propriedades dos materiais que constituem a cidade, a fim de orientar o conjunto de medidas necessárias para amenizar as condições climáticas nas cidades da área de estudo.

Já é um fato comprovado em estudos internacionais que as modificações no espaço urbano modificam a temperatura, a umidade do ar e a ventilação. Contudo, a relação desses fatores com o planejamento urbano ainda é relativamente recente, ainda mais se pensarmos nas escalas mais próximas do seres humanos – a escala do conforto térmico – ou seja, a escala em que vivemos, estudamos e trabalhamos.

Os modelos de clima urbano existentes geralmente tratam da cidade como um todo para prever a intensidade máxima da ilha de calor e m função:

- Do tamanho da cidade, usando o parâmetro população e algumas vezes com a interferência da velocidade regional do vento;
- Da relação H/W (height/width) ou do fator visão do céu (sky view factor) nos canyons urbanos;
- Ou ainda do balanço de energia e da inércia térmica.

Nessa dissertação busca-se além da previsão da máxima ilha de calor para os municípios estudados, analisar criteriosamente as variáveis urbanas que contribuem para a formação desse fenômeno; ou seja, os diferentes padrões de uso do solo urbano e rural e suas características térmicas ao longo do ano. Buscando-se individualizar feições e relacionar o comportamento de cada uma delas frente ao campo térmico da cidade, considerando tanto o fenômeno das ilhas de calor, quanto os efeitos da inércia térmica.

Vale destacar que os mais recentes estudos nesse âmbito, ainda não conseguiram equacionar totalmente o balanço de energia em áreas urbanas, e concluíram que os efeitos combinados das características da superfície, tais como a disponibilidade de água e as propriedades térmicas dos materiais, interagem de maneira bastante complexa e vão demandar tempo e novos estudos para serem equacionados. Também ainda não se dispõem de uma equação matemática de fácil aplicação ao planejamento urbano.

Os resultados poderão subsidiar o planejamento de novas áreas de ocupação para que elas respondam melhor às condições do clima.

JUSTIFICATIVA

O Estado de São Paulo possui a mais ampla e complexa rede urbana do País, apresentando inter-relacionamentos com os estados vizinhos, e impactando todo território nacional. Estruturada a partir da capital, sua constituição remonta ao século

passado, quando, a partir do dinamismo econômico impulsionado pelo complexo cafeeiro, o território passou por um processo contínuo e permanente de ocupação.

As maiores cidades do interior estão localizadas nas regiões mais industrializadas e de maior desenvolvimento, demonstrando a relação entre a dinâmica populacional e o crescimento econômico no Estado de São Paulo. O deslocamento das atividades econômicas e da população privilegiou as sedes regionais e/ou seus entornos imediatos, notadamente das mesorregiões de Campinas, Macro Metropolitana, do Vale do Paraíba Paulista, e Ribeirão Preto, fortalecendo o papel daqueles centros na rede urbana estadual e levando para o interior um padrão de urbanização até então vigente somente na metrópole.

Andrade e Serra (1998) chegaram a conclusões que justificam o crescimento relativo das cidades médias brasileiras entre a década de 1970 e 1991; já despertando a atenção para a região de influência de Americana (um dos mais importantes pólos têxteis do país), cidade-núcleo cujo crescimento (132%) no período 1970/91 foi, em muito, suplantado pelo crescimento de todas as cidades a ela subordinadas — Nova Odessa (208,6%), Santa Bárbara D'Oeste (370%) e Sumaré (883%) demonstrando as mudanças no padrão de urbanização que essa microrregião vem sofrendo nos últimos 30 anos. Fato esse que em muito contribuiu para mudanças no uso do solo das cidades e consequentemente, diferenciação no padrão do ambiente urbano e rural das mesmas.

Dessa maneira, optou-se por trabalhar com essa microrregião pelos seguintes motivos:

- A localização e posição geográfica que faz com que seja considerado o palco maior do complexo jogo das atuações dos sistemas atmosféricos, visto que é nessa faixa de transição que ocorre o confronto entre os climas controlados pelos sistemas tropicais e pelos extras tropicais (polares), além dos fenômenos frontológicos. O que faz com que

um estudo das chuvas e das temperaturas nessa região pode ser bastante revelador nas alterações climáticas regionais.

- A falta de análises abrangentes a respeito do grau das mudanças climáticas provocadas pelo uso do solo nos municípios dessa região, salientando as interações entre o clima e as transformações antropogênicas; assim como de suas conseqüências. Da área estudada, apenas Americana teve sua área analisada do ponto de vista microclimático e de tendência à formação de ilhas de calor; sendo esse estudo efetuado por Tavares, Viadana, Prochnow, Yamada e Utimura, em 1995.
- O porte médio das cidades e suas altas taxas de crescimento (já evidenciadas acima); além de sua configuração de conurbação urbana (característica chave na Região Metropolitana de Campinas).

Diante desse quadro, uma melhor compreensão do funcionamento da região em seus aspectos climáticos e suas interações com as atividades antrópicas é de fundamental importância. Os estudos de mudanças climáticas de curto prazo relacionadas às atividades humanas são de fundamental subsídio para o aprofundamento das análises, diagnósticos, e monitoramento da qualidade ambiental. Além disso, o clima faz parte imprescindível do planejamento e desenvolvimento sustentado, pois age como insumidor energético em todas as organizações espaciais. Este age tanto sobre as atividades humanas, como as atividades humanas agem sobre suas características de tal forma que levam a considerá-la como principal fator provocador das mudanças de curto prazo, em termos regionais, locais e, conseqüentemente, globais em médio e longo prazo.

CAPÍTULO 1

1. *Embasamento Teórico e Metodológico da Pesquisa*

1.1 Clima e Planejamento Urbano

Existe uma gama de relações sócio-economicas presentes na produção do espaço urbano, caracterizado nas formas de arquitetura (centros comerciais com elevados edifícios, áreas residenciais populares com casas justapostas, sub-habitações ou favelas etc.) e no dinamismo das funções urbanas (fluxo de veículos, atividades industriais etc.), que ocorrem sobre as características geo-ecológicas primitivas do local, e encontram-se implícitas no processo de formação e desenvolvimento do clima da cidade. A afluência da população para as cidades se dá a uma velocidade tal que o planejamento urbano, a ampliação da administração e o estabelecimento de um controle sanitário adequado não podem alcançar. A própria dimensão da cidade cada vez mais se torna um inconveniente à população. O desconforto térmico causado pelos núcleos urbanos que concentram grande número de edificações, produz um stress térmico que ultrapassa a capacidade e o limite da tolerância de seus habitantes (LOMBARDO, 1985).

Só muito recentemente que o clima tem se configurado como elemento essencial do planejamento urbano, principalmente a partir do momento em que a poluição gerada em tais ambientes e sua estreita ligação com a dinâmica atmosférica passaram a ser alvo de atenção dos planejadores, com uma percepção mais aguçada sobre a complexidade e relação direta entre o clima e o conforto humano.

Hoje; é fato conhecido que muitos fatores da estrutura física da cidade podem afetar o clima urbano. Segundo Givoni (1998) “a possibilidade da estrutura da cidade

ser controlada através do planejamento urbano e do desenho torna possível modificar o clima urbano local através das políticas públicas". Assim, as condições biometereológicas humanas têm sido cada vez mais consideradas nos processos de planejamento urbano. Surgindo daí a necessidade de desenvolver critérios para avaliar as condições do clima urbano.

Para melhorar a qualidade do ar e as condições de conforto térmico em uma cidade, é importante ter uma descrição do clima urbano em sua variação espacial. Todos os dados metereológicos devem ser orientados para uma classificação qualitativa de áreas concretas. Havendo a necessidade de esses critérios serem voltados para a questão da poluição do ar, para o aspecto térmico, descrevendo, entre outros padrões, as ilhas de calor.

Uma análise climática deve estar focada num estudo voltado para os Planos Diretores municipais para a escala global do planejamento territorial urbano. Este estudo deve estar concernente ao zoneamento da cidade, quanto às futuras edificações, as zonas industriais e ao planejamento de áreas verdes.

Tabela 1

Objetivos de Planejamento	**Instrumentos Climáticos Urbanos**	**Escalas de Planejamento**
Redução da poluição do ar	Análise do padrão de circulação local, análise da s trajetórias dos fluxos de ar e das zonas de ventilação, localização dos efeitos de barreiras pelas edificações.	Planejamento urbano 1: 25000 e 1:10000
Desenvolvimento da vida urbana	Análise da diversidade do clima urbano, localização das áreas de extremo climático dentro dos parâmetros de conforto. Criação de condições bioclimática, moderadas, análise das condições microclimáticas e redução da ilhas de calor.	planejamentos de áreas externas do entorno das edificações 1: 2000 a 1:500
Melhoria da qualidade de vida nos espaços exteriores		planejamento de áreas externas do entorno das edificações 1: 2000 a 1: 500

Fonte: Sousa, 2006. Adaptado de Katzschener, 2000.

Assim, tanto a análise quantitativa quanto a qualitativa devem ser direcionadas para a escala dos zoneamentos; tornando-se mais importante ainda, quando tratamos do planejamento das áreas verdes, por ser reconhecidamente deficiente na maioria das cidades (a importância de uma política efetiva nesse setor se dá por essas afetarem diretamente os sistemas locais de circulação e as condições de conforto térmico).

O estudo climático deve dar subsídio às regulamentações para áreas onde serão permitidas ou proibidas novas edificações, onde instalar novas indústrias e onde novas áreas verdes deverão ser introduzidas de modo a melhorar as trajetórias do ar e as zonas de ventilação, bem como reduzir as ilhas de calor.

Além dessas recomendações gerais, o estudo também deve estabelecer recomendações de planejamento dentro de cada estrutura urbana quanto à arborização, condições superficiais e afastamento entre as edificações. Estas definições partirão do conhecimento climático dos quarteirões e bairros, orientando-os para o planejamento de áreas livres externas.

Não somente no nível regional, mas também no projeto da edificação, o planejamento paisagístico pode ter um impacto positivo no clima interno ou no microclima ao redor da edificação.

Todas as possibilidades de integrar considerações climatológicas nos diferentes estágios e níveis de planejamento e as vantagens resultantes ressaltam a importância da climatologia aplicada na construção civil.

Assis (1997, p.134 a 139) discute a base teórica para a aplicação da climatologia ao planejamento urbano com enfoque em três questões principais que garantiria tal integração:

- O problema da base teórica para a abordagem da climatologia no planejamento urbano. Os modelos conhecidos do clima urbano desenvolveram-se a partir da perspectiva sistêmica, que tem origem comum à do pensamento racionalista das teorias ecológicas e funcionalistas sobre o espaço e a cidade. A visão sistêmica tem sido criticada por sua falta de perspectiva histórica e por sua dificuldade de tratar os valores humanos, seno apontado como fator de fragmentação social e empobrecimento das relações cidadãs, quando apropriado pela prática do planejamento urbano.
- As escalas de abordagem na climatologia e no planejamento urbano. As escalas climáticas são um assunto polêmico na climatologia geográfica havendo grandes divergências nas taxonomias propostas pelos diversos autores. O que faz dessa questão de fundamental importância para a própria definição e abrangência do clima urbano, além de suas implicações sobre as metodologias, pois se observa que certos tipos de dados, conjunto de procedimentos e de técnicas são mais apropriados a determinadas escalas de estudo. Por outro lado, no planejamento urbano a questão das escalas e de sua integração também carece de consenso.
- O problema do desenvolvimento de uma representação climatológica útil ao planejamento e projetos urbanos o que implicou na necessidade de uma discussão sobre o conceito de 'forma urbana' e de seus atributos relacionados ao clima, para identificar as principais variáveis integradoras que orientariam a geração de um tipo de representação do clima urbano comprometida com o referencial humano e com uma

perspectiva de intervenção através do plano, com vistas à gestão da qualidade física o ambiente urbano.

Assis, em trabalhos anteriores (ASSIS, 1990), já colocava que é possível extrair informações sobre o impacto das estruturas urbanas sobre as mudanças climáticas, cruzando dados climáticos com uma classificação do uso do solo, densidade de ocupação e tipologia predominante de edificação, além de integrar dados de sensoriamento remoto em canal termal que auxiliam na percepção de áreas relativamente mais quentes e mais frias da área urbana.

Desde o advento da Revolução Industrial, no século XVIII a humanidade tem vivenciado um processo histórico, cada vez mais acelerado, de concentração nos centros urbanos. Tal concentração trouxe consigo uma transformação quase que completa da paisagem natural substituída pelas edificações urbanas (casas, indústrias, ruas etc.); fato que trouxe uma considerável transformação no clima.

Desse modo, o geógrafo deve considerar a cidade como ambiente que revela um clima urbano como um produto da transformação de energia configurada entre o ar atmosférico e o ambiente urbano construído pelo homem. Para tal abordagem podemos considerar a definição de clima urbano dada por Landsberg (1956, apud Grilo, 1992) que o define como "modificação substancial do clima local que, em relação às condições climáticas das demais áreas circunvizinhas, apresentam maiores quantidades de calor e modificações na composição da atmosfera, na ventilação e na umidade". Podemos destacar, ainda, que no contexto do clima urbano, as alterações são notáveis não só nas derivações climáticas distintas em relação ás áreas circunvizinhas, mas também dentro do interior de uma mesma cidade.

Ao grande maioria dos estudos de clima urbano no Brasil, seguem a linha teórica de Monteiro (1976); que considera três linhas de pesquisa, as quais constituem os canais

de percepção denominados conforto térmico, impactos meteóricos e qualidade do ar, estando os três intimamente ligados a canais da atmosfera. Nos últimos 30 anos têm-se dado uma especial atenção aos estudos do campo térmico (ilhas de calor), refletindo-se num menor número de estudos, nas outras duas linhas de percepção. Nessa linha de pensamento, este estudo segue o canal do conforto térmico, relacionando o clima urbano ao balanço de energia nas cidades e a geração de ilhas de calor e ao canal dos impactos meteóricos, que é constituído por tipos de tempo especiais, aptos a produzir precipitações intensas.

Quadro 1

Ordens de Grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de Superfície	Escalas Cartográficas de Tratamento	Espaços Climáticos	Espaços Urbanos	Estratégias de Abordagem		
					Meios de Observação	Fatores de Organização	Técnicas de Análise
II	10^6 Milhões de km	1: 45.000.000 1:10. 000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude, centros de ação. atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	10^4 Milhões de km	1:5. 000.000 1:2. 000.000	Regional	-	Cartas sinóticas, sondagens aerológicas, rede metereológica de superfície.	Sistemas metereológicos (circulação secundaria)	Redes, Transectos
IV	10^2 Centenas de km	1:1. 000.000 01h50min.000	Sub-regional (Fácies)	Megalópole Grande área metropolitana		Fatores geográficos regionais	Mapeamentos sistemáticos
V	10 dezenas de km	1:250.000 1:100.000	Local	Área Metropolitana metrópole	Porto metereológico, rede complementar.	Integração geoecológica, ação antrópica.	Análise espacial
VI	10^{-2} Centenas de km	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (episódicos)	urbanismo	especiais
	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade, fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	arquitetura	
I	metros	1:2000	Microclima	Grande edificação Habitação	Baterias de instrumentos Especiais	habitação	

Categorias Taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano

Fonte: Monteiro, 1976, Org. Sousa, 2007.

A percepção de que o desenvolvimento dos organismos urbanos cria sobre as cidades condições climáticas peculiares é bem antigo, datando dos fins do século XVIII. Tornou-se célebre o trabalho de Howard, 1833, que comparou a temperatura de Londres com os arredores, verificando a existência de uma "ilha de calor" sobre a cidade, fato, aliás, que o francês H. Renow, em 1862, teve também a oportunidade de constatar para Paris (JAUREGUI, 1974 apud CAMARGO e TAVARES, 1985).

O primeiro crescimento real da climatologia urbana vem com o trabalho de Schimidt (1917), que introduziu veículos a motor e bicicletas na pesquisa de clima urbano, e nos trabalhos de Schmauss (1927), que já alertava para a influência da atmosfera urbana no aumento das chuvas (LANDSBERG, 1981).

Segundo Geiger (1961), foi no período após a Segunda Guerra Mundial (década de 50), período de intenso crescimento da industrialização, que a climatologia urbana ganhou uma enorme importância. Segundo ele, foi nesse período que A. Kratzer publicou uma monografia sobre o clima da cidade, de que apareceu em 1956 a segunda edição, contendo 563 referências bibliográficas. Landsberg (1956) publicou uma revisão muito clara, tendo em especial atenção às experiências americanas. Esse período, possui ainda, descrições de cidades isoladas, das quais muito se pode aprender, como por exemplo já em 1951 à monografia sobre Upsália de Sundborg (1951) e os extensos trabalhos de grupo sobre Viena (1955 – 1959) e Linz (1959).

Esse crescimento da importância dos estudos climatológicos, segundo Monteiro (1976), se deveu a necessidade de um equacionamento dos fatores climáticos e econômicos; quando ao atingir a segunda metade do século XX, as regiões desenvolvidas ingressando na chamada civilização pós-industrial, defrontam-se com regiões fornecedoras de matérias-primas lutando pela emancipação política e pelo

desenvolvimento econômico que as coloquem na fase por aquelas já ultrapassados. Agora, defrontava-se o problema do exaurimento de recursos numa natureza degradada e poluída, com um ritmo vertiginoso de crescimento e num mundo de relações político-econômicas cada vez mais globalizantes.

Na década de 60, os estudos de clima urbano tiveram um grande crescimento e se firmaram no âmbito da ciência geográfica; através de avanços nas técnicas estatísticas e de quantificação e dos grandes progressos na observação metereológica, sobretudo com o desenvolvimento dos satélites metereológicos.

Na década de 70, os trabalhos passaram a revelar uma tendência quantitativa, de acordo com as tendências quantitativas, da denominada Geografia Teorética. Contudo, nesse período, devemos ressaltar que a maioria das pesquisas em clima urbano ainda eram realizadas apenas em cidades de latitudes médias e em países desenvolvidos. Até 1980, os estudos em cidades de clima tropical representavam apenas 2% do total anual (OKE, 1981).

Não foi difícil detectar que o crescimento não planejado das cidades impactavam além das questões sociais, o clima das mesmas; dando-lhe um clima particular. Na década de 80, já haviam estudos conclusivos sobre esse fenômeno. Changdon (1983) já contatava que especialistas já haviam comprovado as modificações feitas pela urbanização nos seguintes elementos: temperatura, precipitação, circulação dos ventos, umidade, nebulosidade, visibilidade e radiação re-emitida.

Segundo Monteiro (2000):

> Todo o histórico da evolução dos estudos de clima urbano (..) evidenciam o caráter fundamental da cidade como espaço localizado, de uma contínua, cumulativa e acentuada "derivação antrópica" do ambiente. Isso já seria razão suficiente

> para que ela viesse a implicar em sua própria composição química tanto "sobre ela" e até mesmo com "exportação" para o ambiente circundante. Nada mais legítimo, pois, que para a ótica do metereologista a cidade seja um aparatus produtos de "anomalias" na atmosfera. E não apenas isto. A expressão consagrada de "air over cities" confirma a concepção metereológica de que algo n negligenciável "camada de mistura" está ultrapassando seus limites. A preocupação com a faixa limite ou o "boundary layer" é uma must entre os geógrafos. "Ali estaria a chave para a compreensão do caráter climático da cidade".

Em 1982, Oke correlacionou a intensidade da ilha de calor ao tamanho da população urbana das cidades. Nessa pesquisa, ele propõem a existência de duas linhas de regressão para representar as intensidades de ilha de calor encontradas na América do norte e na Europa. Ao analisar profundamente este fenômeno nessas duas regiões, Oke obteve valores de maior intensidade nas cidades dos Estados Unidos; afirmando que isso se devia ao fato das cidades norte-americanas contarem com prédios muito altos em sua área central e com mais altas densidades populacionais que a cidades européias.

Em 1986, Jauregui, realizou complementou o trabalho de Oke, ao estudar a intensidade da ilha de calor em várias metrópoles localizadas na América do Sul e Índia; tendo como resultado, uma intensidade baixa do fenômeno. Essa diferença na intensidade foi por ele atribuída, como sendo resultado das diferenças na estrutura física das cidades sul-americanas e indianas, se comparadas às norte-americanas e européias.

No Brasil, os estudos de clima urbano iniciaram-se em meados da década de 70. Em 1976, Monteiro produziu um estudo pioneiro destacando o clima urbano. Este

estudo de cunho teórico utilizou a análise sistêmica para relacionar o ambiente urbano com suas transformações atmosféricas.

Juntamente com os estudos de clima urbano, a análise das características térmicas, topográficas e higrométricas fez com que se iniciasse, no Brasil, estudos de clima urbano, relacionando o fenômeno das ilhas de calor (nos trópicos úmidos a intensidade da ilha de calor é compreendida como a diferença entre a maior temperatura da área urbana e a menor temperatura da zona rural).

Um dos trabalhos pioneiros a mencionar o fenômeno que mais tarde se consagraria como ilhas de calor no Brasil foi o de Tavares (1974). Nesse trabalho, Tavares se refere à presença de ilhas térmicas na área central de Campinas que se destacam em relação a outras porções da cidade, provavelmente devido aos altos prédios presentes ali. Outro fator importante atentado por ele foi à possibilidade de relação entre a circulação regional e a circulação total; destacando o fato de essas ilhas térmicas contribuírem para a formação de chuvas convectivas e para a acentuação da instabilidade frontal.

Segundo Zavattini (2004, p. 104) :

> Sartori foi uma das primeiras (senão a primeira geógrafa) a trabalhar com o Sistema Clima Urbano (SCU) proposto por Monteiro (1976) (...) cremos que foi (também) com esse trabalho que se iniciaram os estudos de clima urbano voltados para o fenômeno das ilhas de calor (...) pois, se tratando de ilhas de calor, cremos, que realmente, o de Sartori é pioneiríssimo". No seu trabalho, a autora analisou o ambiente urbano em 3 níveis: o regional, o local e o urbano; propondo um modelo hipotético de clima urbano para Santa Maria (RS), numa tentativa (preliminar e

precária) de verificação dos efeitos da ilha de calor, através de trabalho de campo intra-urbano.

Na década de 80 iniciaram-se uma intensificação nos trabalhos sobre ilhas de calor. Em 1981, podemos destacar o trabalho de Fonzar sobre Presidente Prudente, onde se buscou identificar o campo térmico da cidade através da verificação da presença de ilhas de calor, medidas em sete pontos da cidade (temperatura e umidade) durante três dias do mês de janeiro de 1980. No mesmo ano, Sampaio buscou analisar a correlação entre o uso do solo e as ilhas de calor em Salvador, analisando como episódio o período de 31/03 a 02/04 de 1980. Sampaio, contudo, não conseguiu apontar uma correlação linear entre a variação de temperatura e o uso do solo; destacando - se também o fato de ao autor concluir que Salvador não cabe no modelo de Oke (1973) de relacionar as ilhas de calor à população. Mesmo com essas dificuldades, Sampaio foi pioneiro a comprovar contrastes entre áreas edificadas e áreas livres nas temperaturas máximas e médias.

Em 1984, Lombardo desenvolveu uma metodologia de análise de ilhas de calor de modo a gerar um modelo para baixas latitudes, visto que os que existiam (para médias latitudes) nem sempre eram adequados às características das cidades tropicais. A autora integrou o trabalho de campo à análise de imagens de Sensoriamento remoto, desenvolvendo um algoritmo para o cálculo das temperaturas superficiais dos alvos em função da distância que chega ao satélite e da estimativa das emissividades superficiais. Lombardo registrou diferenças de até 10 °C em estado de calmaria na cidade de São Paulo.

Danni (1987) estudou a distribuição das temperaturas do ar na cidade de Porto Alegre; encontrando ilhas de calor sobre as áreas densamente edificadas ou ainda sobre as áreas industriais. Também foram encontradas ilhas frias sobre a periferia da cidade. Outras cidades foram analisadas por esse ponto de vista no período, Curitiba (Danni –

Oliveira, 1992a e 1992b), Florianópolis (Sezerino e Monteiro, 1990); Cuiabá (Maitelli, Zamparoni e Lombardo, 1991); Patos e Campina Grande (Imamura – Bornstein, 1991), Maringá (Santos e Ribeiro, 1991) e Rondonópolis (Sette e Tarifa, 1993).(CRUZ, 1995)

Mendonça (1994) baseou-se no uso e ocupação do solo urbano como importante derivador dos ambientes climáticos de cidades de pequeno e médio porte. Na sua abordagem, Mendonça considerou o espaço construído como importante, porém não o único fator responsável pelas características do clima urbano, atribuindo valor também as características do sítio onde a cidade está assentada. Dessa maneira, ele encontrou uma ilha de calor noturno, sobretudo, mais expressiva nas noites de verão, atingindo até 9 e 10 °C.

Zamparoni (1995) analisou a formação do fenômeno de ilhas de calor em Barra do Bugres e Tangará da Serra (MT) utilizando para tal, medidas moeis e fixas realizadas em duas estações do ano (seca e chuvosa) no ano de 1993; revelando uma ilha de calor de intensidade 2°C na estação seca e 3,6 °C na estação chuvosa para Barra do Bugres e 4 °C e 5,4 °C para Tangará da Serra. No mesmo ano, Cruz analisou as características térmicas da camada intra-urbana de Rio Claro (SP), estabelecendo relações entre os tipos de tempo e a ocorrência de ilhas de calor em períodos diversos (inverno e verão). Martins (1996) comparou dados reais (medidos no verão e inverno) com as médias apresentadas nas normais climatológicas para a cidade de Juiz de Fora (MG), encontrando uma tendência de formação de ilhas de calor de forte intensidade tanto diurnas, como noturnas. Brandão (1996) analisou o clima urbano da cidade do Rio de Janeiro analisando conjuntamente medidas de campo e imagens de satélites metereológicos detectando a formação de ilhas de calor de moderada a forte intensidade (entre 4 e 5°C) as 15 e 21 horas no outono e inverno. Pitton (1997) estudou cidades médias (Rio Claro e Araras) e pequenas (Cordeirópolis e Santa Gertrudes) buscando

analisar o campo térmico das mesmas, utilizando para tais medidas móveis e estabelecendo unidades térmicas homogêneas. Heyer (1997) buscou correlacionar os fatores de uso do solo com a localização de possíveis ilhas de calor, verificando a configuração climática da cidade através de medidas móveis num transecto que atravessou a cidade até as regiões florestadas e comparando esses dados com os obtidos de pontos fixos espalhados pela cidade.

Em todos os estudos concluiu-se pela influência da urbanização na elevação da temperatura, ainda que com intensidades e feições diversificas pelas peculiaridades e localização de cada cidade e pela ocasião dos experimentos.

Do ponto de vista da correlação do campo térmico com o ambiente construído pode-se destacar o trabalho de Assis (1990) que apresenta um método para processamento de dados climáticos a fim de se determinar o comportamento médio do campo térmico urbano durante os períodos críticos de verão e inverno e o correlacionou com a topologia de uso e ocupação do solo; abordando a questão das ilhas de calor como sendo um estudo necessário para o estabelecimento de diretrizes de planejamento urbano para o controle das condições térmicas. Vecchia (1997) buscou estabelecer uma relação entre o clima e os ambientes humanos, sob a ótica do conforto ambiental. Neste trabalho foi possível estabelecer uma relação entre os fenômenos térmicos dos ambientes com os fatores geográficos e os componentes locais e específicos das edificações e do arranjo urbano. Santana (1997) relacionou a temperatura o ar, a forma urbana e o uso do solo na cidade de Fortaleza, de modo a levantar parâmetros de qualidade do meio ambiente urbano e de mostrar como a paisagem na cidade vem sendo descaracterizada. Duarte (2000) correlacionou os microclimas urbanos ao uso e ocupação do solo através de variáveis numéricas.

Analisando o levantamento acima, podemos afirmar que foi a partir da década de 90 que a climatologia urbana teve seu período de maior crescimento no Brasil. Juntamente com esse aumento do interesse pelos estudos climáticos, em particular do clima urbano, observou-se uma procura maior de métodos e equipamentos que possam fornecer dados para as análises de pesquisadores (Cruz, 1995). Tal interesse pode ser traduzido nos usos de imagens de radar, satélite e de fotografias aéreas; além do desenvolvimento de equipamentos de medição de temperatura e de umidade do ar móveis.

Nos dias atuais, a informatização da coleta de dados é sem dúvida um dos mais consideráveis avanços, pois torna a informação o menos manual possível. Isto se traduz no avanço das pesquisas de instrumentação computadorizada, sendo desenvolvidos hardwares e softwares para medição de grandezas ambientais; tais como: temperatura, umidade, índice pluviométrico etc (SOUSA, 2004).

1.2 O Campo Térmico das cidades

A necessidade de se estudar as condições térmicas do ambiente em detrimento do bem-estar das populações ainda é algo recente no cenário mundial, o que reflete na não-existência de regulações nesse âmbito por parte das agências governamentais. As maiorias dos índices que tratam desse tema estão relacionadas às variáveis climáticas do conforto térmico e da arquitetura bioclimática. Contudo, estes índices fornecem pouca informação sobre a Camada Intra-Urbana (UCL), se fazendo necessário desenvolver uma descrição que mescle as escalas quantitativas e qualitativas, para ser usada por planejadores urbanos.

Dessa maneira, como fatores que provocam alterações no ciclo térmico da cidade podemos citar:

- As mudanças na superfície física da Terra, pela densa construção e pavimentação, fazendo com que a superfície se torne impermeável, aumentando sua capacidade térmica e rugosidade e, ao mesmo tempo, alterando o movimento do ar;
- O aumento do estoque de calor graças a mudanças no albedo;
- Aumento da emissão de poluentes que alteram as condições da atmosfera local;
- Modificações no fluxo material de energia etc.

Esses fatores apresentam um grau de complexidade e interação que faz com que uma das maiores dificuldades na formulação e na avaliação o balanço térmico das cidades esteja na escala da definição de suas superfícies. Nas regiões urbanas, a grande diversidade de tamanho, formas, composição dos materiais, torna tarefa quase impossível determinar uma informação individualizada da superfície da cidade para fins metereológicos. O que se tem é um mosaico de feições individuais (ruas, telhados etc.) que permitem ser agrupados segundo sua homogeneidade, permitindo a realização de medidas logo acima do nível dos telhados. Na definição de vários autores, as mudanças no armazenamento de calor (no ar, nas construções etc.) e as fontes internas de calor oriundas da queima de combustível só podem ser representadas através de uma camada ativa no topo do seu volume.

Essa energia impacta diretamente nas circulações termicamente forçadas, produzidas pela topografia ou pelos obstáculos construtivos, tais como os edifícios e efeito dos contrastes térmicos derivados de vários fatores, onde o que mais se destaca é a variação de usos do solo.

Todos esses fatores atuam conjuntamente implicando em modificações na Camada Limite da Influência Urbana (Urban Boundary Layer), sendo um dos seus principais mecanismos a formação das ilhas de calor urbanas (Urban Heat Islands – UHI). Esse fenômeno tem sua origem a partir da ação dos materiais artificiais que compõem a cidade, o que provoca alterações nas propriedades termais de capacidade de armazenamento de calor, na inércia termal e na sua conversão em calor sensível; nas disfunções no albedo das superfícies e no calor antropogênico decorrente das áreas urbanas. Oke (1972, 1978, 1981,1985) verificou que à medida que correntes de ar vindas das áreas rurais chegam à cidade, encontram uma atmosfera diferenciada e estratificada com características próprias. Considerando esses fatores, Oke propôs a divisão da atmosfera urbana em 2 camadas, sendo essas amplamente aceitas:

- Canopy Layer (Camada Intra-Urbana) – estratificada abaixo do nível dos telhados. É produzida pelos processos em micro-escala localizados nas ruas, entre os prédios etc. A natureza ativa dessa superfície produz uma considerável complexidade de fatores atuantes.
- Urban Boundary Layer (Camada Limite da Influência Urbana) – estende-se acima do nível dos telhados. É um fenômeno localizado, com características produzidas pela natureza da superfície urbana, cuja rugosidade, proporcionada pela presença de prédios relativamente altos, provoca uma aerodinâmica particular. A velocidade do vento se reduz, mas ocorre um aumento da turbulência e no arrasto produzidos pela fricção do ar.

Assim, é possível dizer que a Camada Limite Urbana apresenta um perfil vertical térmico diferente das áreas adjacente rurais, devido principalmente ao fluxo de calor sensível, antropogênico ou não; liberado pela camada intra-urbana, além de um

previsível arrasto do ar friccionado, em movimentações provocadas pela Ilha de Calor. Isto demonstra que as alterações climáticas produzidas pela urbanização, não se restringem apenas ao nível local, mas são também exportadas para o ambiente circundante.

Segundo esse raciocínio, pode-se afirmar que a intensidade da ilha de calor aumenta das áreas centrais para as áreas periféricas; pois nessas concentram-se os principais fatores de formação de ilhas de calor: adensamento das edificações, tráfego intenso de veículos automotores, atividades industriais etc.

Quadro 2

Causas comuns de surgimento das ilhas de calor na cidade

Condições de equilíbrio de energia alterada que conduzem a anomalias térmicas positivas	Características de urbanização subjacentes as mudanças do equilíbrio da energia
1 - Aumento da absorção da radiação de ondas curtas	Geometria do canyon - aumento da área de superfície e multiplicação da reflexão
2 - Aumento da radiação de ondas longas advindas do céu	Poluição do ar - grande absorção e re-emissão
3 - Diminuição da perda de ondas longas	Geometria do canyon - redução do fator visão do ceú
4 - Aquecimento antropogenico das fontes de calor	Perdas no aquecimento dos prédios e no tráfego
5 - Aumento do armazenamento de calor sensível	M Materiais de construção: diminuição da admissão térmica
6 - Diminuição da evapotranspiração	Materiais de construção: aumento dos materiais à prova d'água
7 - Diminuição do transporte total de turbulências quentes	Geometria do canyon: redução da velocidade do vento

Fonte: Adaptado de Oke, 1985; 295.

Segundo Lombardo (1995, p.61), a intensidade dos fenômenos no campo térmico, a magnitude da ilha de calor e o tamanho da área urbanizada é variável; pois se trata de uma relação não-linear, embora seja evidente que quanto maior a estrutura urbana, maior será a alteração da superfície a quantidade de fontes produtoras de calor.

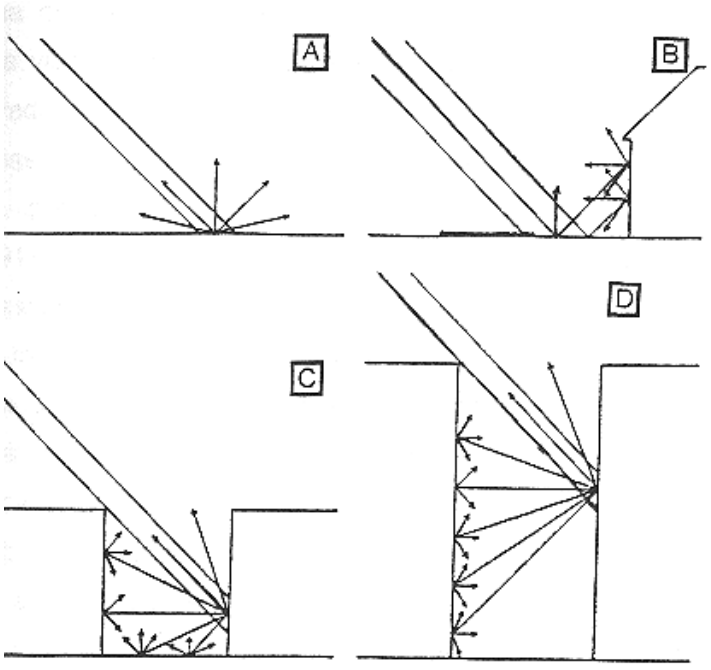
Contudo, o uso da variável população não é suficiente para explicar o fenômeno físico das alterações climáticas urbanas, estando esse relacionamento muito mais ligado

às diferenças de temperatura relacionadas à geometria das ruas e dos prédios das áreas centrais comparadas a das áreas livres.

A densidade da área construída nas cidades afeta o clima local de maneira discreta nas áreas urbanas. Contudo, o efeito cumulativo dessa densidade determina a modificação do clima regional pela urbanização. Tais modificações ocorrem principalmente nas condições de ventilação, na temperatura do ar, no balanço de radiação, na iluminação natural, assim como a presença e a duração de nevoeiros.

O nível dos efeitos depende dos detalhes físicos da estrutura urbana. A cor dos telhados e das paredes (controle da reflexão e absorção da radiação solar), o tamanho e a forma dos prédios e sua posição (efeitos sobre a trajetória do vento) podem modificar o efeito da densidade urbana sobre o aquecimento. Aliado a esses parâmetros, devemos considerar o fato que áreas densamente edificadas por prédios altos contam com uma fração muito pequena de área verde (isto, quando ela existe), o que contribui para as maiores temperaturas urbanas.

Ilustração 1



Efeito das Construções sobre as radiações solares

A. Espaços abertos. As radiações retornam livremente à atmosfera.

B. Áreas suburbanas de edificações térreas isoladas. Parte das radiações é absorvida pela relva e parte é refletida até as paredes das casas e daí até o solo ou para a atmosfera.

C. Áreas internas de edifícios de baixa altura. As radiações incidem sobre a fachada e são refletidas até os muros dos edifícios em frente, até o solo da rua e para a atmosfera.

D. Áreas internas de edifícios altos. Ao nível das ruas só chegam às radiações refletidas pela parte mais baixa dos edifícios, após difusão de energia no canyon urbano.

Fonte: Martins, 1996; p. 8 apud Nodari, 2000; 18. Org. Sousa, 2004.

Nas zonas centrais urbanas tende-se a estar concentrados vários fatores que contribuem para a geração de calor nas mesmas: tráfego intenso, pessoas correndo de um lado para o outro, aparelhos de aquecimento e ar condicionados; entre outros processos domésticos e industriais de geração de calor. Segundo Givoni (1998,p.283, tradução nossa)

> a densidade dos prédios altos comerciais nos grandes centros resultam em uma concentração de geração de calor originada no interior das luzes elétricas, do aquecimento dos exaustores dos sistemas das centrais de ar condicionado, computadores, fotocopiadoras e máquinas de fax; assim como a advinda do alto fluxo de veículos gerada pela alta densidade do uso do solo nessas áreas; fatores esses, que contribuem de fato pra maiores intensidades de ilha d calor e que são geralmente encontrados na maioria dos centros das cidades[1].

Os exaustores dos sistemas de ar condicionado quando localizados próximos ao nível das ruas que circundam o prédio podem afetar a temperatura dali, provocando desconforto nos pedestres; sendo que o mesmo não ocorre se esses são instalados próximos ao telhado dos prédios.

Em relação à largura das ruas, as mais estreitas proporcionam maior sombreamento para os pedestres nas calçadas; no entanto, a sombra pode ser obtida mesmo em ruas mais largas, com a adoção de alguns dispositivos nos edifícios ou pela vegetação. Outro importante aspecto se refere ao posicionamento das mesmas, pois terá uma melhor ventilação nas ruas se elas forem paralelas ou inclinadas em até certo ponto em direção dos ventos predominantes no período da tarde (o máximo da temperatura do ar).

Assim, como principais fatores físicos da cidade que podem influenciar no clima são:

- Localização da cidade;
- Tamanho da cidade;

[1] Considerando para tal análise cidades de médio e grande portes.

- Densidade da área construída;
- Cobertura do solo;
- Altura dos prédios;
- Orientação e largura das ruas;
- Subdivisão das construções nos lotes;
- Detalhes do estilo das construções que afetam os condicionantes externos.

Ilha de calor, como já foi analisada anteriormente, é o aumento de temperatura (raios solares), modificando composições atmosféricas como a ventilação, a umidade e, às vezes, causando chuvas intensas, em determinadas épocas do ano. Esses efeitos climáticos acontecem, principalmente, pela ausência de arborização na cidade, pelos materiais usados para a construção de edifícios e gases liberados pelas indústrias. As ilhas de calor também alteram o clima e é mais intenso onde há indústrias e está ligado ao uso de concentrações de edifícios ocasionando o aumento do calor.

Deve-se considerar também que a freqüência e o tamanho da ilha de calor são proporcionais ao tamanho da cidade, contudo, isso não significa que seu crescimento seja homogêneo a partir do centro da cidade, pois, a estrutura urbana e as condições da superfície proporcionam variações em pequena escala. Dessa maneira, para uma análise efetiva, além dos parâmetros metereológicos, a localização dos alvos a serem estudados se faz importante para identificação desses microclimas urbanos.

Se pensarmos do ponto de vista do conforto térmico, as ilhas de calor interferem nos mecanismo termos-reguladores do organismo humano. O conforto térmico é, em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores, ambientais ou pessoais, governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução. De acordo com a literatura o Conforto Térmico Humano e sua

resposta fisiológica ao estresse térmico dependem da produção de calor metabólico, do nível de fatores ambientais (velocidade do evento, temperatura do ar, umidade relativa e temperatura média radiante) e do tipo de vestimenta que o indivíduo estiver usando. O efeito conjugado dos mesmos é que definirá o grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas.

A temperatura do ar afeta a perda de calor convectivo do corpo humano e a temperatura do ar expirado. Uma temperatura elevada é um verdadeiro obstáculo à dissipação do calor por convecção (inclusive, pode causar um aporte de calor se for mais quente que a temperatura da pele). Assim como a temperatura do ar, a velocidade do vento é determinante na troca de calor por convecção entre o corpo e o meio ambiente; pois, quanto mais intensa a ventilação, maior será a troca e consequentemente maior será a sensação de calor.

Os efeitos mais deletérios no ponto de vista do conforto são as manifestações da ilha de calor no verão; pois torna a cidade desconfortável para seus habitantes, se fazendo necessário o uso de aparelhos de ar condicionado.

Desse modo, podemos afirmar que as condições de ilha de Calor afetam o organismo humano, gerando impactos socioeconômicos, de saúde e metereológicos no ambiente urbano.

A presença de vegetação nas cidades tem sido considerada um dos mais importantes itens para a obtenção de qualidade de vida dos citadinos. Nas cidades, ambientes altamente alterados, encontramos vegetação nas poucas áreas remanescentes naturais ou em áreas implementadas (parques, jardins, praças, indústrias, residências etc.).

As áreas verdes são os elementos mais frágeis nas cidades, uma vez que sofre diretamente os efeitos da ação antrópica, representada pelas pressões da urbanização e

do adensamento populacional. Superfícies construídas como asfalto e concreto absorvem, armazenam e irradiam mais energia térmica por unidade de área do que as plantas e o solo. Assim, as áreas antropofizada da cidade ao perder suas superfícies de solo natural, também aumentam a superfície de fuga da água, reduzindo a quantidade de água no solo e a evapo-transpiração que resfriava o ar.

Como medida mitigadora para esse problema, muitos planejadores tem se valido das florestas urbanas para modificar os micro-climas através de sombreamento e evapo-transpiração; sendo uma boa estratégia para apaziguar o aquecimento urbano em diferentes escalas. As florestas urbanas podem ser definidas como a soma de toda a vegetação lenhosa que circunda e envolve os aglomerados urbanos desde pequenas comunidades rurais até grandes regiões metropolitanas (MILLER, 1997). As florestas urbanas são ecossistemas compostos pela interação entre sistemas naturais e sistemas antropogênicos (NOWAK et al 2001).

Árvores e edificações existindo isoladamente ou em conjunto criam uma grande variabilidade espacial local interferindo nos fluxos de troca de calor na camada limite urbana em diversos micro-climas. Apaziguando as trocas na Camada limite Urbana, consequentemente se terá uma redução na meso-escala das ilhas de calor; além do fato, de essa ser a escala de vida das populações, sendo de grande interesse para o planejamento por seus efeitos se manifestarem na zona do conforto humano. As árvores em vias públicas e demais áreas livres de edificação são constituintes da floresta urbana, atuam sobre o conforto humano no ambiente, por meio das características naturais da vegetação arbórea, proporcionando sombra para pedestres e veículos, redução da poluição sonora, melhoria da qualidade do ar, redução da amplitude térmica, abrigo para pássaros e harmonia estética amenizando a diferença entre a escala humana e outros componentes arquitetônicos como prédios, muros e grandes avenidas.

Porém, um planejamento de áreas verdes tem que ser muito bem estudado antes de sua implementação; pois como coloca Katzschner (2000,p.4),

> a influência do verde é frequentemente restrita a sua própria área. Especialmente nas áreas densamente construídas, os efeitos do verde podem não infiltrar nas escalas do conforto humano. Devido a isso, a estrutura e o tipo de vegetação aplicado dentro dessas áreas de tornaria mais importante do que a instalação, por exemplo, de um parque na vizinhança; demonstrando que para melhorar as condições ecológicas na cidade, melhores resultados são obtidos em pequena escala".

Givoni (1998) compactua com a mesma idéia, para ele a influencia de parques urbanos e espaços abertos ao clima urbano se estendem somente a uma curta distância nos arredores densamente construídos. Por esta razão, a contribuição dos parques é principalmente proporcionar áreas ao ar livre para descanso e lazer, com clima agradável para os visitantes ou para os que moram ou trabalham nos seus arredores.

Desse modo, são muitos os estudos para se avaliar o impacto da vegetação no ambiente térmico urbano. Um exemplo bem sucedido é o programa Sacramento Shade, na cidade de Sacramento, Califórnia. O principal objetivo do programa era plantar árvores para reduzir o consumo de energia elétrica, contudo, muitos outros benefícios foram alcançados, entre eles, a mitigação das ilhas de calor. O programa consiste em um cadastro da população no SMUD'S Conservation Department onde se recebe orientação de como tirar o máximo proveito da arborização para baixar seu consumo de energia, escolhendo as melhores espécies e fornecendo quantas mudas forem necessárias. Esta

iniciativa conseguiu plantar mais de 500.000 árvores na cidade e ganhou diversos prêmios.

1.3 As Diferenças de Superfície e o Clima da Cidade

Analisar o calor das cidades exige que se pense nos mecanismos de radiação, absorção e reflexão que rodeiam o mundo em que habitamos. A energia é a fonte básica de vida na Terra. As diferentes formas de vida são todas acompanhadas por mudanças energéticas, apesar de nenhuma energia ser criada, nem destruída (1ª Lei da termodinâmica). Temperatura é o registro da energia do movimento das moléculas. O estudo da agitação das moléculas é assim definido pelo nível energético das partículas e constitui o aquecimento de um corpo. A temperatura de um corpo é determinada pelo balanço entre a radiação que chega e a que sai pela sua transformação em calor latente e sensível, numa dinâmica que demonstraremos nas próximas linhas.

A nossa fonte primária de energia é a energia solar. Esta é transmitida através de ondas eletromagnéticas que atravessam o espaço e atingem a atmosfera, sendo absorvidas e espalhadas pela poeira e gases atmosféricos. Apenas uma porção dessa radiação é espalhada e atinge a superfície, sendo a restante refletida, e, retornada ao espaço; fazendo com que a radiação que chega até nós seja composta de radiação direta e de radiação difusa. Assim, considerando os fatores e condições atmosféricas, temos que num dia claro 90 % da radiação que chega a superfície seja direta; enquanto que em um dia nublado, a maior parte da radiação será difusa. Estes fatores nos levam a conclusão de que a radiação que chega à superfície terrestre é tanto advinda do sol, quanto da atmosfera. Desse modo, a energia que chega a superfície terrestre sob a forma de luz é equilibrada pela energia que sai da superfície sob a forma de radiação térmica.

A essência da vida reside na progressão dessas mudanças, pois, sem a transferência de energia, que acompanham todas essas mudanças não haveria vida, sendo a nossa civilização apenas uma das extraordinárias proliferações naturais que dependem do influxo constante da energia concentrada. A radiação é também refletida pela superfície terrestre. Em média aproximadamente 25% da radiação solar que atinge a terra é refletida de volta ao espaço através das nuvens.

Contudo, as transformações no meio físico natural, sobretudo na cidade se evidenciam a utilização de modelos de planejamento, materiais e técnicas de construção inadequadas às características geo-ecológicas locais. Assim, o excessivo revestimento do solo e o adensamento urbano contribuem pra o aumento da temperatura pela reduzida difusão do calor e pelos menores índices de evapo-transpiração. Para uma análise efetiva do clima da cidade é assim, muito importante analisarmos a capacidade de absorção e reflexão dos materiais que ela possui.

No que tange as propriedades dos materiais; sua distribuição espectral foi analisada por Planck, que considerou essa medida para um corpo irradiante ideal, chamada por ele de corpo negro. O conceito de corpo negro é ideal, porém é de grande utilidade, pois é o padrão de comparação das propriedades de radiação nas superfícies reais. Segundo Planck, o poder emissivo de um material é a taxa de energia emitida por um irradiador ideal para uma superfície envolvente, sendo uma função do comprimento de onda e da temperatura da superfície irradiante (considerando, nesse experimento, o vácuo).

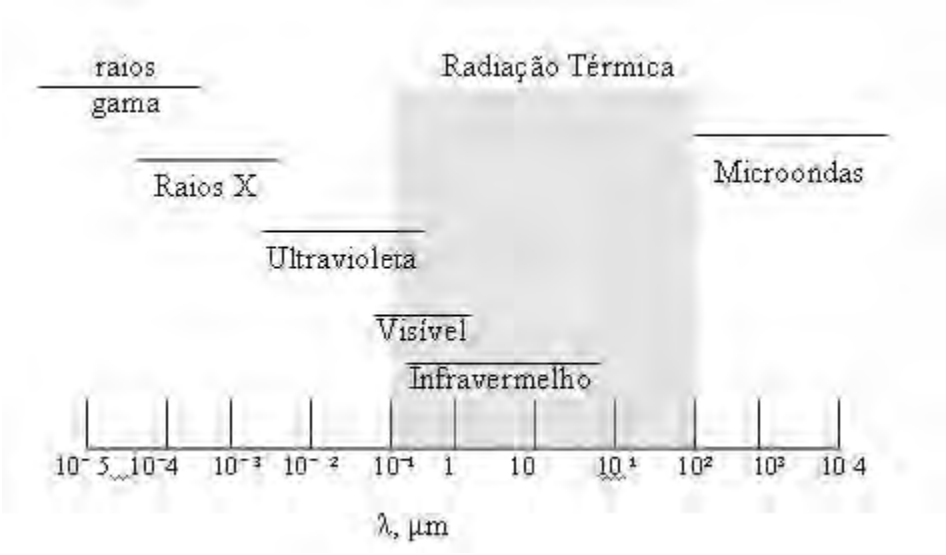
Exemplificação da equação de Planck:

Equação 1

$$Ehn = \frac{C^1}{\lambda^5 \left[\exp\left(C^2 / \lambda +\right) - 1 \right]} \quad W/m^2\,\mu m$$

Sendo, (Ehn) o poder emissivo; (c) a velocidade da luz e (λ) o comprimento de onda. A unidade é o micro ou micrômetro (μm); sendo que a região de luz visível se localiza entre 0,4 e 0,7 μm e a região espectral entre O,1 e 100 μm é a de radiação térmica.

Figura 1

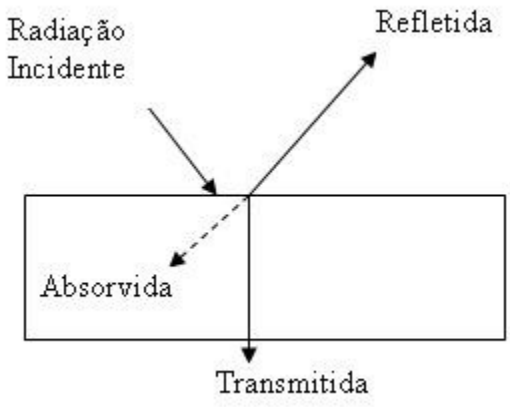


Distribuição Espectral da Radiação Eletromagnética

Adaptado por Sousa, 2006.

Quando a radiação atinge a superfície é chamada de irradiação. Essa irradiação é parte absorvida, parte refletida e a parcela restante, transmitida através do corpo. Assim, ao considerarmos um corpo real (nosso caso, nesse artigo) é importante que se reconheça quando as características de radiação das superfícies de um corpo real podem ser aproximadas de um corpo cinzento, contudo para se considerar se essa aproximação será possível ou não se deve considerar a distribuição espectral da radiação emitida pelo corpo e a radiação incidente (em valores normais).

Figura 2



Esquema da Irradiação num corpo real

Adaptado por Sousa, 2006.

A terra tem um balanço de radiação que se conceitua como sendo a diferença entre a quantidade de radiação que é absorvida e emitida por um dado corpo ou superfície. Esse balanço, em geral, é positivo durante o dia e negativo durante a noite. No decorrer do ano o balanço terrestre também tende a ser positivo, enquanto o da atmosfera é negativo. Para o sistema terra – atmosfera como um todo, o balanço é positivo entre as latitudes 30° S e 40° N, e negativo no restante; sendo esses padrões, muito importantes para a circulação geral da atmosfera.

No ambiente urbano o balanço térmico faz com que esse difira das áreas rurais. O calor antropogênico adquirido dos automóveis e dos sistemas combustíveis, o maior estoque de radiação solar e o bloqueio da emissão de radiação infravermelha pelos canyons urbanos faz com que o balanço de radiação global nas áreas urbanas seja mais positivo (inclusive durante a noite). As mudanças também aparecem em relação ao balanço de energia do sistema superfície terrestre – atmosfera (no fluxo de radiação líquida somada à transferência de calor latente e sensível). O balanço de energia urbano

é governado pelos ganhos e perdas de energia, assim como pela energia estocada nos elementos opacos da cidade, principalmente nos edifícios e nas ruas. Num esquema onde:

Equação 2

Ganho de energia = energia perdida + energia estocada

Quando a radiação solar atinge uma área livre ou aberta (ambiente natural), ela freqüentemente encontra uma área florestada ou com algum tipo de vegetação, tendo como resposta a divisão da radiação em outros componentes. Givoni (1998,p. 243) define algumas das respostas dadas pelo ambiente natural ao balanço de radiação:

1. A radiação é absorvida pelas folhas das plantas, que têm um coeficiente muito alto de absorção de radiação solar (por volta de 0,8%). A radiação presente nas folhas é perdida nos processos de evapo-transpiração da água presente no vegetal. Dessa maneira, a resposta dada pela planta é um aumento da umidade e não um aumento da temperatura.
2. A radiação que penetra no solo é também parcialmente absorvida e parcialmente refletida, de acordo com o coeficiente de absorção solar do solo, o qual depende da sua cor (de 0, 4 – areia a 0,8 – solos escuros). Dessa maneira, a taxa de radiação muda à temperatura do solo; o que faz com que nas áreas rurais (exceto em regiões desérticas), uma parte da energia seja perdida para a evaporação da água presente no solo, reduzindo a elevação da temperatura na superfície; e outra parte, penetre até camadas profundas do solo, retornando a superfície durante a noite e reduzindo a taxa de resfriamento causada pela perda da radiação de ondas longas.
3. A radiação que não é absorvida nem pelo solo e nem pela vegetação retorno para a atmosfera, sem nenhum efeito na temperatura e na umidade.

A quantidade de radiação solar que chega ao domo urbano é essencialmente a mesma que chega às áreas livres rurais. Contudo o grande problema das áreas urbanas densamente edificadas é a penetração da radiação solar nos edifícios, o que torna a relação extremamente complexa. No ambiente urbano, a radiação solar é absorvida primeiramente pelos telhados por estarem no nível mais alto do ambiente. Num segundo momento, outra parcela significativa da radiação alcança as superfícies verticais, ou seja, as fachadas dos prédios. Só uma pequena parcela da radiação alcança o solo urbano (ruas e espaços livres).

A radiação ao alcançar as fachadas dos prédios é parcialmente refletida, na maior parte das vezes, para outras fachadas de prédios próximos (a porcentagem de radiação refletida pelas fechadas é muito grande, alcançando entre 20 e 80% do total, dependendo da cor da parede); sendo que a parte que permanece é parcialmente absorvida pela superfície da parede. Com a concentração de edifícios tão comuns nos centros urbanos, uma grande parte dessa transmissão de radiação ocorre para prédios adjacentes; o que inicia um processo de constante reflexão e devolução da radiação entre esses prédios; o que faz com que no fim do processo, só uma pequena parte da radiação solar presente nas paredes é refletida de volta para a atmosfera; enquanto a maior parcela foi absorvida pelas fechadas e, independente da sua cor, é lançada ao domo urbano no fim da tarde e a noite. Assim, são criadas condições especiais de circulação até mesmo nas proximidades do solo, através de trocas energéticas entre feições ou estruturas particularizadas (edificações, plantas, objetos etc.), gerando alterações microclimáticas.

Nesse contexto, Oke (1981) propôs o conceito de canyons urbanos. Sendo esse composto da totalidade dos microclimas dos canyons urbanos a estrutura térmica da

cidade sentida pelos citadinos. Conceitua-se como canyons urbanos, os corredores de edificações altas e concentradas separadas por ruas; devendo se considerar para tal a relação entre as dimensões altura, largura e comprimento das construções urbanas e as propriedades térmicas dos materiais que os constituem (cobertura do solo, materiais de construção etc.).

A perda da energia radiante é o principal fator dos processos de resfriamento do solo e do ar próximos ao solo durante a noite, quando a velocidade dos ventos diminui. Essa redução efetiva da radiação nas áreas baixo dos níveis dos telhados dos canyons urbanos é expressa numa mais lenta taxa de resfriamento das áreas urbanas durante a noite, em comparação com as áreas livres rurais; o que é um dos principais fatores causadores das ilhas urbanas de calor. A absorção da radiação pode não afetar a temperatura perto do solo imediatamente próximo do edifício onde ela é absorvida; mas, no entanto, ela eleva a temperatura do ar no dossel urbano e a temperatura dos ambientes no entorno dos prédios.

A magnitude do efeito da radiação que alcança os telhados depende da porcentagem da área urbana que é coberta por eles e da cor (albedo) de seus materiais. É a cor que determina o quanto da radiação será absorvida por ele e o quanto será refletida de volta para a atmosfera. Quando a maioria dos prédios têm a mesma altura, a emissão de radiação de onda longa dos telhados funciona como numa área livre e a intensidade da perda de radiação é máxima. Contudo, quando os edifícios apresentam alturas diferentes, as paredes dos edifícios mais altos absorvem parte da refletividade e emitem radiação, bloqueando parte do céu, reduzindo a quantidade de reflexão solar e a emissão de ondas longas para os telhados dos edifícios mais baixos. O resultado disso é uma perda total d calor radioativo pelo dossel urbano.

As diferenças no balanço de radiação urbano e rural influenciam diretamente nas condições de conforto as pessoas nas ruas e áreas livres, especialmente no verão, em regiões mais quentes. Durante o dia, a exposição à radiação solar faz com que se tenha uma maior estresse térmico quente nas áreas rurais. Na cidade, por sua vez, a carga térmica da radiação solar é similar à temperatura do ar e é geralmente conjunta a uma maior velocidade do vento. A diferença aparece durante a noite, quando o ambiente urbano é exposto a cargas mais altas de calor do que as ocorrentes no ambiente rural no mesmo período. Isto demonstra que a quantidade de energia solar absorvida na cidade não é maior no dossel urbano e pode até, muitas vezes, ser menor do que a absorção das áreas verdes, cultivadas ou livres. A diferença no quoficiente é no resultado térmico da absorção da radiação; enquanto nas áreas livres rurais uma parcela significativa é absorvida e transformada em calor latente, no processo de evapo-transpiração, com apenas a parte restante sendo convertida em calor sensível; nas áreas urbanas, a maior parte da radiação solar é absorvida e convertida diretamente em calor sensível, o que alcança a temperatura do ar e durante a noite, contribui para a formação de ilhas de calor.

A redução da perda de radiação de onda longa que modifica a absorção de energia solar perto do solo nas áreas urbanas pode ser um dos fatores mais significativos no desenvolvimento das ilhas de calor noturnas. Isto explica a ocorrência máxima desse fenômeno durante noites claras. Nessas noites, o balanço de energia pode ser expresso pela equação:

Equação 3

$$L^* = \Delta Q_S$$

Onde L* é a radiação de ondas longas e o ΔQs é o fluxo de energia estocada na cidade.

Analisar as áreas urbanas exige que se estabeleça relações entre o comportamento dos materiais do tecido urbano e os fluxos de radiação líquida de ondas longas. Oke realizou estas análises em 1981 e obteve como resultado uma combinação que permitiu produzir um esquema que considerasse os aspectos da heterogeneidade do sistema urbano. Oke assim concluiu que a intensidade da radiação de onda longa e a capacidade de armazenamento de calor nas superfícies são efetivamente as variáveis que determinam as diferenças no balanço de energia e taxas de resfriamento entre os meios urbanos e rurais.

Segundo Lombardo (1985, p. 58), o efeito denunciador da mudança climática local é o aumento da temperatura nos centros mais densos, o que provoca o surgimento de uma circulação de ar centrípeta em direção ao centro, fenômeno realçado no período noturno, que tem sido chamado de “ilhas de calor urbanas”.

Assim, podemos afirmar que o fenômeno apresenta sua circulação durante o dia, período onde à pressão do gradiente urbano-rural tem sua mistura vertical; produzindo suas manifestações predominantemente após o pôr-do-sol.

No Balanço de Energia das Ilhas de calor o balanço de energia da superfície calcula todas as trocas de energia ocorrentes no sistema. Isso inclui fluxos radioativos (de ondas curtas – K e ondas longas - L), fluxos de calor sensível turbulento (Qh) e latente (Qe) conjuntos com a atmosfera e os fluxos de energia estocados (ΔQs). Um termo adicional que deve ser adicionado é o fluxo de calor que adicionado ao ambiente urbano pelas atividades humanas (Qf). Na maioria das vezes, raro poucas exceções, o Qf é um componente pequeno no balanço de energia das ilhas de calor. Assim, o balanço pode ser representado como:

Equação 4

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S$$
$$Q^* = K\downarrow - K\uparrow + L\downarrow - L\uparrow = K^* + L^*$$

Onde, a radiação total (Q*) é composta da radiação que chega às áreas urbanas ↓ e a originada nelas ↑, isto é, a advinda da atmosfera e a originada das áreas vizinhas (pelo efeito cânion urbano).

Equação 5

$$L\downarrow = L\downarrow_{sky} + L\downarrow_{terrain}$$

A quantidade dessa radiação vai depender das taxas de emitância e do fator visão do céu de cada área.

Tabela 2

Prováveis Causas das Ilhas Urbanas de Calor		
Balanço térmico de energia	**Fatores Urbanos**	**Efeito urbano**
Aumento K*	Geometria do cânion	Aumenta a superfície e multiplica a reflexão
Aumento L↓sky	Poluição do ar	Grande absorção e re-emissão
Diminuição L*	Geometria do cânion	Redução do fator visão do céu
Q F	Construções e tráfego	Adição direta de calor
Aumento ΔQs	Materiais de Construção	Diminuição da admitância térmica
Diminuição QE	Materiais de Construção	Diminuição da evapo-transpiração
Diminuição (QH + QE)	Geometria do cânion	Redução da velocidade do vento

Fonte: Sousa, 2006. Adaptado de Mills (1998).

O calor antropogênico é geralmente relacionado aos sistemas de transporte, ao poder de geração de energia e as fontes de calor. Segundo a EPA (2006) "o calor antropogênico é o calor feito pelo homem, isto é, gerado através dos prédios, pessoas ou máquinas. Estima-se que esse calor pode ser gerado pela totalidade de toda a energia usada para aquecimento e resfriamento, aplicações de movimento, transportes e processos industriais". No ambiente urbano, o calor antropogênico pode afetar significativamente os efeitos da temperatura ambiente e o aumento da intensidade das ilhas de calor. Esta importante característica já teve sua comprovação em Nova Iorque, onde o calor antropogênico representa quase o dobro do insumo de radiação solar.

O efeito do calor antropogênico na temperatura urbana tem apresentado valores diferentes para as cidades já analisadas sob esse ponto de vista; contudo, nenhum desses trabalhos versava sobre os efeitos nas cidades de baixas latitudes. Taha et al, baseado no aquecimento antropogênico diurno e no perfil que envolve a rejeição de aquecimento dos prédios e dos veículos estimou o impacto do calor antropogênico na temperatura ambiente; demonstrando que o calor antropogênico no centro de uma grande cidade pode criar uma ilha de calor de 2 a 3 °C durante o dia e a noite.

Segundo Sheperd (2005, p.4), o equilíbrio ideal seria dado pelo balanço representado pela equação abaixo:

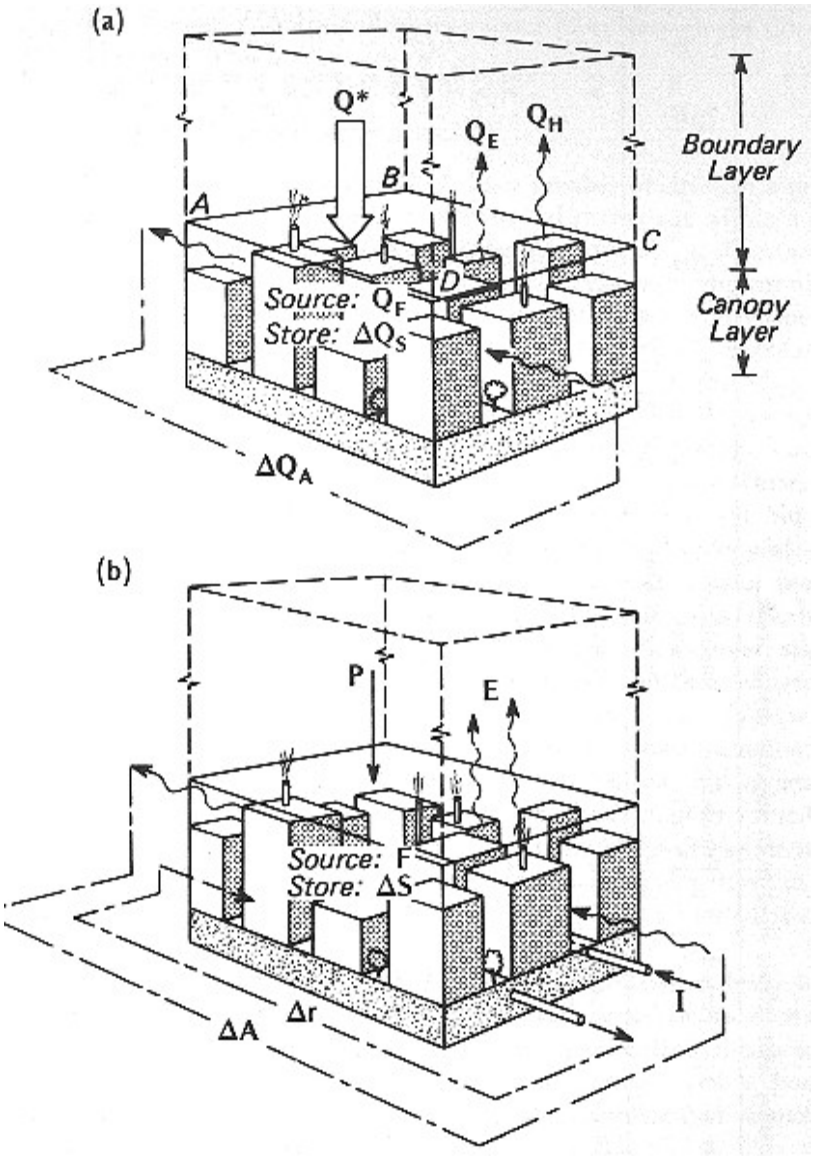
Equação 6

$$Qsw + Qew + Qsh + Qle + Qg + Qa = 0$$

Onde,

Qsw = rede de irradiação de microondas, Qew = rede de irradiação de ondas longas, Qsh = superfície de fluxo de calor sensível, Qle = fluxo turbulento de calor latente, Qg = graus de condução de calor e Qa = input e calor antropogênico.

Figura 3



Representação esquemática dos fluxos na área de atmosfera de uma área construída envolvendo em (a) os fluxos de energia e em (b) o balanço hídrico; abrangendo as camadas limites urbana e intra-urbana , dada à equação: Q* + QF = QH

+ QE + Δ QS + Δ QA, onde: Q* = fluxo total de radiação; QF = fluxo de calor antropogênico; QH: fluxo de calor sensível; QE: fluxo de calor latente; Δ QS : quantidade de energia estocada e Δ QA = quantidade de energia advectiva. (Oke, 1981, p. 275). Adaptado por Sousa, 2006.

Tanto na equação de Sheperd (2005), quanto na de Oke (1987), temos a representação de que na superfície, o calor não é estocado é conduzido; resultando as diferenças de aquecimento do gradiente horizontal em um ou mais termos. Sendo assim, o gradiente espacial em equilíbrio da temperatura é a conjunção do gradiente termodinâmico e da estratificação misturada, dominando o fluxo de calor para cima ou para baixo, forçando assim, o sistema térmico. Dessa relação, resultam os gradientes de temperatura horizontais requeridos para dirigir a circulação em mesoescala. No caso das Ilhas de Calor, a diferença nas propriedades da superfície das áreas urbanas e rurais lideram as diferenças dos fluxos térmicos.

Nesse contexto, tem-se que os sistemas urbanos e rurais obtêm energia originada dos processos radioativos os quais se ganha energia do sol e se perde para atmosfera superior e para o espaço (como já tratamos anteriormente). A radiação de ondas curtas originada do sol é absorvida durante o dia, mas a radiação de ondas longas emitida pelo sistema Terra é perdida a qualquer hora.

Um dos maiores retrocessos da cidade moderna é a falta de adaptação das cidades ao clima. Os projetos arquitetônicos tradicionais das construções frequentemente representavam uma resposta às condições climáticas (como já mostramos anteriormente). Nos dias atuais, os contatos culturais têm levado recentemente à adoção de estilos de residências e escolhas de materiais de construção "internacionais" que não estão em harmonia com as condições climáticas reinantes

(AYOADE, 1983). As características óticas dos materiais usados no ambiente urbano e especialmente, o albedo da radiação solar e a emissividade de radiação de ondas longas, tem um papel muito importante no balanço urbano de energia (como já tratamos anteriormente).

O albedo das superfícies é definido pela refletividade, integrando a posição hemisférica ao movimento ondulatório. Dessa forma, o albedo é a capacidade de um material de refletir a radiação solar incidente; sendo que a capacidade de reflexão é maior à medida que a superfície é mais lisa e mais clara. Assim, quanto mais refletivo for um material, maior radiação ele irá absorver. Assim, podemos afirmar que os materiais usados nas fachadas externas dos prédios e nas ruas e pavimentos também absorvem ou refletem a radiação solar incidente. O uso de materiais com alto albedo reduz a quantidade de radiação soar absorvida através do envoltório dos prédios das estruturas urbanas, mantendo suas superfícies frescas. O albedo (x) é definido, com referência ao sistema de coordenadas esféricas, como:

Equação 7

$$X = \frac{\int_{\lambda^2}^{2\pi} ?\lambda^2 ?^\circ I? \cos\theta\, \omega\, d\lambda}{\int_{\lambda^2}^{2\pi} ?\lambda^2 ?^\circ I ? \cos\theta\, \omega\, d\lambda}$$

Onde I é a intensidade da radiação (w/m²), θ é o ângulo zênite, definido como o ângulo entre o normal para a superfície e o raio incidente, λ é a ondulatória e ω é o ângulo sólido, definido como a taxa da área parcial esférica que interessa para o ângulo de radiação esférica. As flechas para cima e para baixo indicam a refletividade e a radiação incidente, respectivamente. De modo, a encontrar a média do albedo, um tempo integral adicional é adicionado à equação. O albedo dos materiais pela radiação solar se encontra

no comprimento de onda entre 0.28 e 2.8 μm.; considerando 98% de irradiação solar ao nível do mar.

A escala do albedo vai de 0 a 1 (ou 0 a 100%). Sendo os valores mais próximos de 1 relacionados a uma maior capacidade do material de refletir e os mais próximos de 0, a maior capacidade de um material de absorver radiação. De maneira geral, superfícies secas ou de cores claras refletem mais radiação que superfícies úmidas. Como já constatamos pela equação, o albedo da maior parte das superfícies varia com o comprimento de onda e com o ângulo de incidência dos raios luminosos. A maioria dos tipos de solo e de vegetação, por exemplo, tem albedo muito baixo no ultravioleta, aumentando no visível e no infra-vermelho. Outro importante fator é o fato de os raios luminosos verticais geralmente produzirem albedos menores que os raios oblíquos ou inclinados; o que faz com ao albedo das superfícies seja mais elevado ao amanhecer do que ao meio dia.

Ao mesmo tempo, que os materiais emitem radiação pelo albedo eles emitem radiação de onda longa; estando essa em função da temperatura dos materiais e da emissividade. Materiais com alta emissividade são bons emissores de energia de onda longa e liberam facilmente a energia que tem sido absorvida como radiação de onda curta.

A importância da refletividade e da emissividade dos materiais está no fato de que a temperatura dos materiais é determinada pelo balanço térmico dos fenômenos condutivos e convectivos; principalmente para esses últimos, pois vários pesquisadores já constataram que se a temperatura de uma membrana de telhado é de 82 °C sem vento, ela passa a apenas 46 °C se tivermos uma corrente de vento de 15 m/s³.

Vários estudos têm sido realizados para o entendimento das performances óticas e termais dos materiais, assim como o impacto do clima nas cidades, onde podemos destacar, sobretudo, os trabalhos de Oke (1977) e Rosenfeld et al (2000).

Superfícies com menores temperaturas contribuem para a diminuição da temperatura no ar ambiente, pois a intensidade da convecção de calor originada nas superfícies frescas é menor.

Oke et al (1977) simulou os efeitos óticos e térmicos dos materiais utilizados para a formação de ilhas de calor noturnas, encontrando um papel minoritário da emissividade nesse processo. Medindo a emissividade urbana e rural, Oke encontrou um aumento da emissividade de 0.85 para 1,0, o que significa 0,4 C no ΔT entre áreas urbanas e rurais. Contudo, em lugares planos, o efeito das propriedades termais dos materiais foi bem mais significativo. Para o mesmo período, ele encontrou uma admitância urbana de 2200 J/m²/K, para menos de 800 unidades de admitância rural (o que significa uma ilha de calor de 2°C para esse período). Nas áreas rurais, quando a admitância cai para 600 J/m²/K, temos a formação de uma ilha fresca de até 4°C, durante a noite.

O uso de materiais mais apropriados para reduzir as ilhas de calor e melhorar o ambiente urbano tem aumentado nos últimos anos as pesquisas que buscam identificar as possibilidades energéticas e ambientais e os ganhos ambientais quando superfícies claras são utilizadas. Tais estudos têm investigado os impactos das características ópticas e termais dos materiais na temperatura urbana, assim como as possibilidades de conservação de energia durante o período de verão.

A Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental (EPA) publicou em 1992 um guia detalhado sobre as superfícies de cor clara e a importância dos ganhos de energia se novas áreas forem implantadas com essas características.

As características óticas dos materiais nos ambientes urbanos é definida pelo balanço térmico. Como estado prévio, a refletividade da radiação solar e a emissividade dos materiais usados nas ruas, pavimentos, fachadas e telhados urbanos, tem despertado o interesse das agências ambientais e dos pesquisadores nos últimos anos; buscando o desenvolvimento de materiais mais apropriados.

Como já destacamos anteriormente, os diferentes materiais utilizados no ambiente urbano são caracterizados por valores de albedo, sendo esses que determinam à refletividade da cidade.

Tabela 3

O Albedo dos materiais típicos utilizados nas áreas urbanas e sua localização (adaptado de Santamouris, 2001 e Ayoade, 1983)

Superfície	***Albedo***
Ruas	
Asfalto (fresco: 0,5 e antigo: 0.2)	0.05 – 0,2
Paredes	
Concreto	0,10-0,35
Tijolo/pedra	0,20-0,40
Pedra lavada branca	0,80
Lascas de mármore branco	0,55
Tijolo de cor clara	0,30-0,50
Tijolo vermelho	0,20-0,30
Tijolo escuro e ardósia	0,20
Pedra calcário	0,30-0,45
Coberturas	
Superfície de asfalto liso	0,07
Asfalto	0,10-0,15
Piche e pedregulho	0,08-0,18
Telha	0,10-0,35
Ardósia	0,10
Sapé	0,15-0,20
Ferro ondulado	0,10-0,16
Coberturas de alta refletividade	0,6-0,7
Superfície	***Albedo***
Pinturas	
Branco, branco lavado	0,50-0,90
Vermelho, marrom e verde	0,20-0,35

Preto	0,02-0,15
Áreas Urbanas	
Taxa	0,10-0,25
Média	0,15
Outros	
Areia branca	0,40-0,60
Grama seca	0,30
Solo (média)	0,30
Solo negro e seco	0,14
Solo negro e úmido	0,08
Solo nu	0,7-0,20
Areia seca	0,20-0,30
Plantas decíduas	0,20-0,30
Florestas decíduas	0,15-0,20
Florestas	0,3-0,10
Solo cultivado	0,20
Areia molhada	0,10-0,20
Floresta de coníferas	0,10-0,15
Madeira (carvalho)	0,10
Solos escuros cultivados	0,07-0,10
Grama artificial	0,50-0,10
Grama e folhas secas	0,05
Campos naturais	0,3-0,15
Campos de cultivo secos	0,20-0,25

Tabela 4
Albedo e emissividade pra superfícies selecionadas (adaptada de santamouris, 2001)

Material	Albedo	***Emissividade***
Concreto	0,3	0,94
Tijolo vermelho	0,3	0,90
Edificações de tijolo	-	0,45
Telhado de concreto	-	0,63
Madeira	0,4	0,90
Papel branco	0,75	0,95
Papel piche	0,05	0,93
Gesso branco	0,93	0,91
Ferro galvanizado brilhante	0,35	0,13
Folha de alumínio brilhante	0,85	0,04
Pigmento branco	0,85	0,96
Pigmento cinza	0,03	0,87
Pigmento verde	0,73	0,95
Tinta branca no alumínio	0,80	0,91
Tinta presta no alumínio	0,04	0,88
Tinta alumínio	0,80	0,27-0,67
Pedregulho	0,72	0,28
Areia	0,24	0,76

Como já falamos anteriormente, as áreas urbanas são de maneira geral caracterizadas pela relativa redução do albedo efetivo como conseqüência de dois mecanismos:

- Os prédios mais escuros e as superfícies urbanas absorvem a radiação solar.
- As múltiplas reflexões dentro do cânion urbano geram uma significativa redução do albedo efetivo.

Segundo Santamouris (2001) "o albedo típico das cidades européias e americanas é próximo de 0,15 – 0, 30, no entanto, albedos muito maiores (0,45 – 0,6) têm sido encontrado em algumas cidades do norte da África". Taha et al, comparou as diferenças nos albedos urbanos e rurais em algumas cidades de diferentes continentes:

Tabela 5

Valores do albedo de algumas cidades

Área urbana	Albedo	***Δ (urbano – rural)***
Los Angeles (EUA)	0,20	0,09
Madison (EUA)	0,15-0,18	0,02
St. Louis (EUA)	0,12-0,14	-
Hartford (EUA)	0,09-0,14	-
Adelaide (Austrália)	0,27	0,09
Hamilton (Canadá)	0,12-0,13	-
Munique (Alemanha)	0,16	-0,08
Vancouver (Canadá)	0,13-0,15	-
Tókio (Japão)	0,10	-0,02
Ibadan (Nigéria)	0,12	0,03
Lagos (Nigéria)	0,45	0,25

1.4 O uso do Sensoriamento Remoto como ferramenta para as Análises do campo Térmico

Segundo a Lei de Planck, quanto maior a temperatura para um dado comprimento de onda, maior será a quantidade de energia emitida por um corpo negro. Se o sensor capta a emissão de fótons de um alvo, ou seja, sua emissividade, pode-se determinar a sua temperatura (BIAS et al, 2003).

As aplicações do Sensoriamento Remoto Termal ao estudos do campo térmico das cidades é consideravelmente recente, grande parte deles surgiu nas últimas cinco décadas. Nesse período foram desenvolvidas uma grande diversidade de técnicas para medir e prever os excessos de calor urbano em comparação com o ambiente rural, sendo as mais conhecidas o sistema de transecto móvel, o sensoriamento remoto, a análise comparativa de estações metereológicas distribuídas pelas áreas urbanas e rurais e a modelagem por computador. Segundo Lombardo (1995, p. 92), cada uma dessas técnicas mede ou analisa aspectos diferentes do gradiente de temperaturas urbano-rural.

Os estudos tradicionais de clima urbana são compostos inicialmente do estabelecimento de parâmetros de análise. É nessa primeira fase doe estudo que se estabelecem quais serão as variáveis estudadas e as condições existentes na área de estudo para tal (presença de estações metereológicas físicas ou condição de instalação das mesmas, presença de bases de dados climáticos na cidade etc.) O transecto se coloca como possibilidade a falta de pontos fixos ou complementando a análise desses. Contudo, esta técnica apresenta limitações, já que o percurso poderá durar muitas horas, o que levará a necessidade de uma padronização temporal dos dados.

A utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto tem tido grande evidência nos estudos de Ilhas de calor nas últimas décadas; sendo muito desenvolvida, principalmente, nos grandes Institutos de Pesquisa mundiais.

No Brasil, os estudos pioneiros nesse setor utilizaram para os estudos do campo térmico das cidades imagens do satélite NOAA – AVRR (nos canais 4 e 5 , infravermelho termal) e do satélite Landsat TM (canal 6, no infravermelho termal). Para análise dessas imagens Lombardo desenvolveu na década de 80, um algoritmo para se estabelecer relações entre níveis de cinza de imagens de satélite e a temperatura, utilizando para isso um programa de computação. Outra forma de análise foi utilizada

por Mendonça na década de 90, pois não obtendo o resultado desejado a partir do cálculo do algoritmo (como Lombardo obteve para a cidade de são Paulo, em 1985), em seu estudo para o município de Londrina, utilizando imagens Landsat TM, agrupou a superfície termicamente em classes, utilizando os valores de pixels sobre a imagem (considerando que os pixels variavam de 0 a 255, ele estipulou os mesmos valores para as escala de cores representada, resultando numa variação de cinza que vai do branco – 0 ao preto – 255).

Nos dias atuais, estudos no setor são realizadas por grades institutos internacionais como a NASA (Divisão de Exploração Terra-sol) e o Lawrence Berkeley Institute, aonde vem sendo realizado um dos maiores programas de cadastro e controle de ilhas de calor existentes atualmente – The Heat Islands Reduction Initiative (HIRI) (Iniciativa de redução de Ilhas de Calor), em parceria coma Agência norte-americana de Proteção Ambiental (EPA) e o Departamento de Energia. Essa iniciativa governamental busca quantificar os impactos da redução das ilhas de calor no que concerne a eficiência energética (economia de energia) e a diminuição da poluição atmosférica; utilizando para isso, cidades piloto para a realização do projeto (Sacramento, Salt Lake City e Baton Rouge). Para tais estudos, se utilizou uma metodologia de desenvolvimento de dados de alta definição para a distribuição dos tipos de superfície e de sua natureza térmica a partir de fotografias aéreas pancromáticas e multiespectrais, de ortofotos originadas de câmeras de alta resolução e de plataformas de sensoriamento remoto obtidas através da NASA.

O satélite utilizado nesses estudos tem sido o ATLAS (Advanced Thermal Application Sensor) – satélite desenvolvido pela NASA para coletar dados radiométricos de alta resolução em 15 canais. Esses 15 canais (bandas) do ATLAS incorporam as bandas do Landsat TM (Mapeamento Temático), juntamente com outros

canais adicionais e também 6 canais termais infravermelhos (IR), similares as disponíveis pelo sensor TIMS (Thermal Infrared Multiespectral Scanner). Para uma efetiva utilização do ATLAS foi utilizado para o tratamento e generalização dos dados o Sistema de Informações Geográfica (SIG) do ERDAS/Imagine software; SIG que possui como característica especial à definição de alguns parâmetros como telhados, áreas verdes, superfícies pavimentadas etc. automaticamente.

A utilização do satélite Atlas se mostrou excelente na identificação de superfícies homogêneas, dividindo-a em classes. Contudo, para um estudo de áreas urbanas, com inúmeras classes menores (como o caso da análise quarteirões) ele se mostrou ineficiente, pois como essas áreas menores geralmente misturam diferentes superfícies (concreto, vegetação etc.), ela produz uma complexidade inerente nos pixels e o satélite não consegue classificar suas curvas espectrais. Os satélites orbitais geralmente apresentam imagens de média ou baixa resolução espacial, tais como o Landsat TM -5 e ETM -7, cujas resoluções espaciais correspondem a 30 e 15 metros respectivamente nos módulos multiespectral e pancromático. Para suprir as necessidades de maior resolução foi lançada no mercado, uma série de sensores de alta resolução como o IKONOS, o Quick Bird e o SPOT – 5.

Esses sensores de alta resolução assim como os produtos aerofotográficos podem ser combinados ou não aos dados obtidos pelos sensores orbitais, discriminando através dos softwares de SIG diferentes usos da superfície urbana.

A utilização de técnicas de videografia também tem trazido bons resultados para os estudos do campo térmico. De todas as técnicas, essa é a que tem o maior potencial para produzir estimativas com precisão de classes de cobertura do solo e seus usos. A videografia é uma técnica de sensoriamento remoto que faz uso de uma videocâmara digital de alta resolução, disposta na base de uma aeronave leve, e realiza o registro de

uma faixa contínua do terreno. Um GPS é utilizado para orientação e posicionamento da aeronave, minimizando possíveis erros criados pelo terreno e pelo ângulo entre a câmera e a superfície. A imagem contínua é subdividida em quadros ("frames") através de programa computacional específico fornecido pelo fabricante. Através da utilização de um algoritmo específico é possível imprimir nessas imagens características termais; calibrando as fotografias a partir da estimativa dos diferentes albedos e pelo comprimento de onda coletado pelo sensor da câmera. O processamento digital assim consiste na aplicação de funções matemáticas ou algoritmos aos dados gerados pelos sensores, transformando-os em novos produtos que possibilitam uma melhor visualização e extração de informações dos alvos de interesse (VALÉRIO FILHO E PINTO, 1996, p.77).

Desse modo, as vantagens da videografia são muitas principalmente no que tange ao preço (custo menor em relação às fotografias aéreas tradicionais) e principalmente, sua resolução, que permite uma classificação efetiva das áreas urbanas em escala de detalhe. A videografia é uma das melhores alternativas para estudos e mapeamentos em cidades de pequeno e médio porte que geralmente não contam com material aerofotográfico recente e não possuem muito dinheiro para a compra de imagens de satélite de alta resolução.

Contudo, do ponto de vista do campo térmico, a videografia e as fotografias aéreas não substituem a utilização dos satélites; pois esses contam com uma cobertura espacial e radioativa superior. As imagens de satélite contam com bandas espectrais muito úteis para a classificação termal, que as fotografias não possuem. Mesmo calibrando as ortofotos (produtos da videografia) ou as fotografias aéreas coloridas infravermelhas; o seu comprimento de onda visível só atinge entre 0.4 e 1.0 μm, muito baio para estudos que consideram o espectro solar através do cálculo do albedo (os

satélites Landsat TM e Atlas possuem entre 0.45 e 12.2 μm de comprimento de onda visível). Até mesmo, porque mesmo as imagens de satélite exigem uma calibração, que nem sempre possível; pois essas apresentam limitações em sua análise (as propriedades térmicas dependem parcialmente do estado térmico dos alvos, a absorção e a intensidade da insolação é desigual frente aos obstáculos da cidade etc.), limitação essas que faz com que seu uso encontre estimativas reais de diferença de temperatura, mas nem sempre, valores absolutos.

Apesar das suas limitações, o uso das técnicas de sensoriamento remoto permite um conhecimento efetivo da área de estudo, principalmente no que tange informações qualitativas das temperaturas de diferentes superfícies. A análise dos usos de suas diferentes fontes nos leva a concluir que para analisarmos as características do uso do solo urbano e suas configurações no campo térmico, se faz necessário à combinação entre as informações obtidas nos satélites termais e a precisão nos detalhes obtida com as ortofotos, as fotografias aéreas e os sensores de alta resolução.

CAPÍTULO 2

2. Metodologia

Esse trabalho se propõem a identificar através de um modelo simplificado as relações existentes entre as variáveis clima urbano e o desenho da cidade, assim como sua relação com os diferentes tipos de materiais ali presentes.

Esse tipo de análise parte do entendimento de Oke (1981) sobre a importância da geometria urbana e das propriedades térmicas das superfícies como características mais relevantes que governam as variáveis responsáveis pelas diferenças do balanço energético e nas taxas de resfriamento entre os meios urbano rural na formação de mudanças climáticas locais. Oke considerou ao propor uma parametrização para a acumulação de calor nas áreas urbanas uma classificação de uso do solo em quatro categorias; mais tarde reduzindo-a para apenas duas: áreas verdes e áreas edificadas.

Apesar dos modelos tradicionais de ilhas de calor proporem sua correlação a densidade populacional ou ao fator visão do céu, nesse estudo utilizaremos a conceituação de Givoni (1998) que substitui o parâmetro população por densidade construída, por esta apresentar uma maior relação causal com o aquecimento urbano. Considerando a idéia de que as diferentes áreas construídas na cidade afeta pontualmente os microclimas e pelo seu efeito cumulativo, determinam modificações no clima da cidade em maior escala.

Mesmo com o fato de nos mais recentes estudos sobre esse tema, Oke et al (1999) colocar que ainda não conseguiu equacionar totalmente o balanço de energia em áreas urbanas, concluindo que os efeitos combinados das características da superfície, tais como água e as propriedades térmicas dos materiais, interagem de maneira bastante

complexa, e vão demandar tempo e novos estudos para serem equacionados; este estudo busca humildemente equacionar estes fatores da melhor maneira possível utilizando para tal as ferramentas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, correlacionadas com os modelos estatísticos e probabilísticos testados para os dados de medidas fixas (Estações Metereológicas).

Outro ponto de vista que deve ser destacado é o fato dessa metodologia não estar sendo realizada apenas para as cidades da microrregião de Americana e sim, para todas as cidades que se encaixarem nas mesmas características. Nesse trabalho, a área de estudo é apenas uma variável amostral dentro do universo das cidades brasileiras com as mesmas características geo-ecológicas e urbanas.

Antes de tudo é preciso destacar o caráter interdisciplinar desta pesquisa, sendo impossível à realização da mesma sem o diálogo entre as diversas ciências envolvidas neste âmbito, destacando-se principalmente a geografia, a climatologia, a arquitetura e a física, além de tantas outras que foram necessárias para melhor entendimento do tema.
O método utilizado pode ser exemplificado resumidamente como consistindo na análise do campo térmico das cidades utilizando para tal dois parâmetros principais: a tipologia urbana e a formação de microclimas. Para tal análise objetiva utilizar uma união entre os dados provenientes de sensoriamento remoto, medias de temperatura móveis e fixas, e, de trabalhos de campo. Resumindo o esquema metodológico podemos dividi-lo em:

1. Construção do quadro teórico de referência que da embasamento para a pesquisa;
2. Colocação do problema, definição do objeto e objetivo.
3. Escolha da área amostral e conhecimento do meio, através de uma pesquisa de caráter histórico e ambiental da região em estudo.

4. Tratamento dos dados metereológicos e conclusões sobre o clima regional, de modo a realizar as correlações entre estações das diferentes cidades que compõem a área de estudo.

5. Tratamento dos dados de Sensoriamento Remoto através das ferramentas de geoprocessamento de modo a estabelecer a tratar os dados que servirão de parâmetros para as análises da temperatura superficial das superfícies urbanas, determinação dos parâmetros de uso do solo e para as classificações das tipologias urbanas;

6. Escolha de cinco casos dentro de cada município da microrregião de Americana com diferentes padrões de ocupação, fazendo-se um levantamento das condições ambientais e tipológicas dentro deles. Foi usada uma amostragem intencional, onde o pesquisador escolhe certos elementos para fazerem parte da amostra, nesse caso, o comportamento de cada ponto quanto a sua superfície térmica.

7. Apresentação dos casos de maneira descritiva e justificando o porquê de sua escolha como amostra. As escolhas dos pontos estiveram condicionadas aos maiores e menores resultados da temperatura superficial em cada município.

8. O trabalho de campo para confirmação das análises tipológicas realizadas via classificação computacional dos pontos escolhidos. Este trabalho de campo irá comparar os resultados do produto computacional com a realidade e realizará as medidas de temperatura.

2.1 Tratamento dos Dados Metereológicos

2.1.1 Registro de Dados Climáticos

Os registros dos dados climáticos da microrregião de Americana são realizados pelo Centro de Informações Agrometereológicas (CIIAGRO) do Instituto Agronômico

de Campinas (IAC). O CIIAGRO foi criado em 1988 com a finalidade de operacionalizar e disponibilizar informações e aconselhamento às atividades agrícolas com base nos parâmetros agrometeorológicos e previsão do tempo. Diariamente os dados meteorológicos, através de um sistema Web, são incorporados ao banco de dados composto por 126 localidades ou pontos de coleta. Os dados inseridos são a temperatura máxima e mínima do ar e precipitação. Com base neste arquivo são elaborados 2 vezes por semana boletins agrometeorológicos que levam em conta o tipo de solo e cultura.

Figura 4



Coletores e Abrigos da Estação Metereológica IAC, 2006.

Os dados meteorológicos são obtidos de estações meteorológicas tanto automáticas como mecânicas pertence à Secretaria de Agricultura e Abastecimento coordenadas e operadas pelo IAC, de diversas entidades parceiras, publicas ou privadas de âmbito Estadual e Federal. O CIIAGRO incorpora informações das Estações Meteorológicas Mecânicas, assim como de uma Rede de Estações Meteorológicas Automatizadas.

As Estações Metereológicas pertencentes ao IAC que foram utilizadas nesse estudo foram à estação metereológica automática de Nova Odessa (localizada no Instituto de Zootecnia), a estação metereológica automática de Sumaré (localizada no Horto Florestal) e a estação metereológica mecânica de Santa Bárbara D'Oeste (localizada no prédio do DAE, valendo destacar que esta estação pertencia rede de estações do DAEE, antes de se englobada pelo IAC). Estações estas que iniciaram sua captação de dados no ano de 2000.

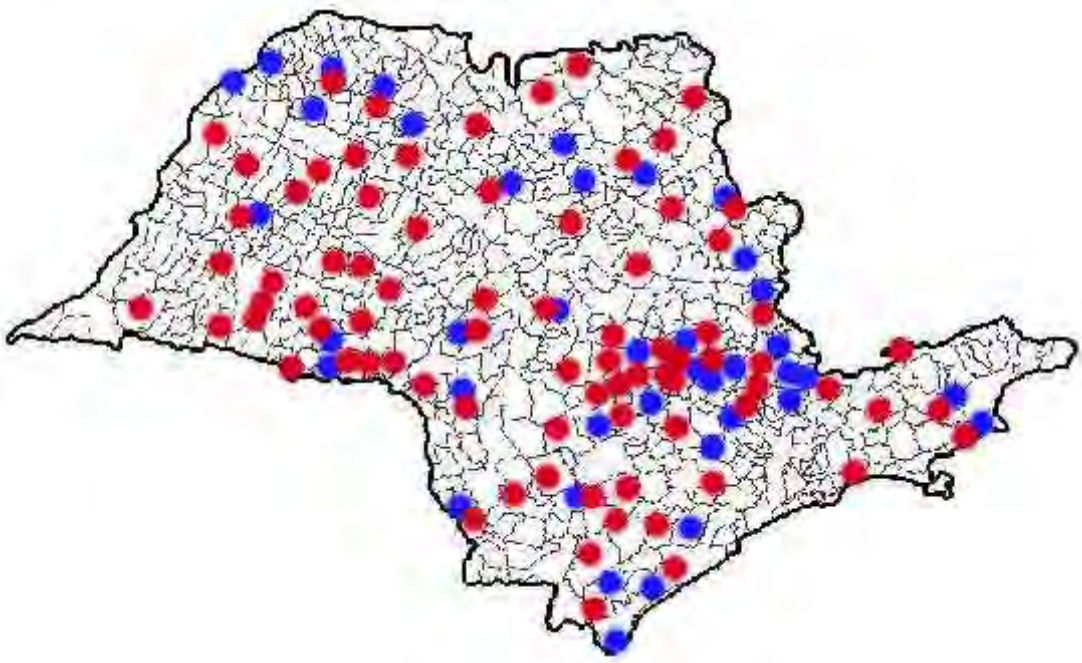
Os registros pluviométricos utilizados nesse trabalho foram obtidos através Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH), onde estes municípios se localizam no Comitê das Bacias Hidrográficas do Piracicaba/Capivari/ Jundiaí .

Figura 5



Coletor de Precipitação DAEE (2006)

Ilustração 2
Mapa de Localização da Rede de Estações Metereológicas do Estado de São Paulo



Estação Meteorológica Automática Estação Meteorológica Mecânica

Fonte: DAEE (206). Organizado por Sousa (2007).

2.1.2 Estações Metereológicas que atendem a Área de Estudo e Localização

Temperatura

Tabela 6

Localização das Estações Metereológicas do IAC			
Localidade	Latitude	Longitude	Altitude
Sumaré	22° 50’	47° 16’	547 m
Nova Odessa	22° 47’	47° 27’	559 m
Santa Bárbara D’oeste	22° 45’	47° 25’	530 m

Precipitação

Tabela 7

Localização das Estações Metereológicas do DAEE			
Localidade	Latitude	Longitude	Altitude
Sumaré	22 51’	47°15'	540 m
Americana	22°42'	47°17'	540 m
Santa Bárbara D’oeste	22°49'	47°28'	600

Metodologia de Análise

Para as temperaturas máxima, média e mínima foram calculados a média e o desvio padrão para cada mês das séries, sendo também calculadas a freqüência de sua ocorrência segundo o dia da semana. A análise da freqüência segundo o dia da semana, se deu a partir da análise do registro horário de 3 estações metereológicas, desconsiderando nessa análise a hipótese da influência da energia dissipada pelas atividades humanas (como a realizada por Azevedo, 2001), pois exceto a estação metereológica de Santa Bárbara D’Oeste, as demais estão localizadas em áreas rurais.

Apesar, da FAO (Food and Agricultural Organization), preconizar que 30 é o número mínimo de anos aceitável para a análise de dados climáticos é comum encontrarmos trabalhos utilizando entre 10 e 29 anos. Nesse trabalho, não foi possível tal homogeneização em relação a temperatura; contudo, na precipitação foi possível homogeneizar a série para 36 anos de análise.

Com as séries de dados de cada estação pluviométrica foram calculados, mensalmente, os dias sem chuva e os dias chuvosos, sendo que para esses, calculou-se as seguintes variáveis: precipitação média diária, desvio padrão e coeficiente de assimetria.

Para as análises foram utilizadas as ferramentas no programa Microsoft Excel 2003. As funções do Excel são ferramentas que automatizam determinadas tarefas,

facilitando o cálculo de fórmulas extensas e complexas. O programa conta com mais de 200 funções, sendo utilizadas nesse trabalho as funções da s categorias: matemática e estatística.

Para a análise da freqüência de temperatura segundo o grupo de temperatura foi utilizada a função PROCV (onde, associa-se a temperatura a um conjunto determinado em outra coluna); definindo os intervalos de temperatura ocorridos nas cidades estudadas.

Para a análise da freqüência segundo o dia da semana, ordenou-se os dados diários segundo o dia da semana e contou-se a freqüência das ocorrências segundo o dia da semana.

Quadro 3

Fórmulas Utilizadas na Pesquisa

Função	Definição
Soma	A soma dos valores. Esta é a função padrão para os dados numéricos.
Contagem	O número de itens. A função de resumo, Contagem, funciona de modo idêntico ao da função de planilha, ContValores. Contagem é a função padrão para os dados de origem diferentes de números.
Média	A média dos valores
Máximo	O maior valor
Mínimo	O menor valor
Mult	O produto dos valores
Cont. Num.	O número de linhas que contêm dados numéricos. A função de resumo Cont.Núm funciona de modo idêntico à função de planilha CONT.NÚM.
DesvPad	Uma estimativa do desvio padrão de uma população, onde a amostra são todos os dados que serão resumidos.
Var	Uma estimativa da variância de uma população, onde a amostra são todos os dados que serão resumidos.
Varp	Calcula a variância de uma população, onde a população são todos os dados que serão resumidos
DIA.DA.SEMANA	Retorna a partir das datas o dia da semana
PROCV	Procura por um valor em uma tabela auxiliar e

	retorna o valor que estiver na mesma linha porém na coluna especificada na mesma tabela auxiliar.

Todas as medidas apresentadas foram calculadas a partir da opção MATEMÁTICA e da opção ESTATÍSTICA DESCRITIVA, dentro do módulo ANÁLISE DE DADOS. As funções dos Excel permitiram o cálculo de todas as medidas climáticas necessárias para a realização desta etapa da pesquisa.

2.2 Tratamento, Análise de Dados de Sensoriamento Remoto e Modelagem Geográfica

2.2.1 Processamento Digital de imagens

Para o desenvolvimento desse trabalho foi necessário trabalhar com o processamento de imagens de satélite e fotografais aéreas. O processamento digital de imagens envolve o desenvolvimento e uso de equipamentos, técnicas e algoritmos com a finalidade de melhorar ou modificar o aspecto visual das imagens ou de interpretar o conteúdo dessas imagens através de máquinas (GONZALEZ E WOODS, 2000).

Transformações de Imagens Digitais

Índices de Vegetação

As operações aritméticas são utilizadas para a realização de diversas análises de imagens multiespectrais e multi-temporais de sensoriamento remoto. Essas operações reduzem a dimensionalidade dos dados originais. As bandas multiplicadas ou divididas

duas a duas produzem novas bandas que conterão as informações das bandas originais, porém com perda de algumas informações. O resultado é um a única imagem, resultado da combinação das imagens originais de acordo com regras matemáticas. Essas transformações são realizadas pixel a pixel e não dependem da localização espacial dos dados. A adição e multiplicação de bandas serve para realçar similaridades espectrais entre as bandas enquanto a subtração e a divisão servem para realçar diferenças espectrais. Como exemplo mais comum de operação aritmética entre imagens temos os índices de vegetação.

Os índices de vegetação se baseiam na premissa que a assinatura espectral de uma vegetação verde e sadia mostra um evidente contraste entre a região do visível, especificamente no vermelho e do infravermelho próximo, e quanto maior for esse contraste maior é o vigor de dada vegetação; pois, o contraste de informação do solo na região do vermelho e do infravermelho próximo não é tão marcante como a vegetação.

Quadro 4

Reflectância	Comportamento
O,58 μm	Reflectância responsável pela percepção da cor verde da vegetação.
Até 0,7 μm	Absorção da radiação incidente pelos pigmentos da planta com refelctância baixa ($\rho < 0,2$).
0,7 a 1,3 μm	Interferência da estrutura celular com alta reflectância da vegetação ($0,3 < \rho < 0,4$).
1,3 a 2,5 μm	A reflectância é denominada pelo conteúdo de água nas folhas
1,4 a 1,95 μm	São dois máximos de absorção de água. Correspondem também as bandas de absorção atmosférica.

Fonte: Novo (1998).

Existem vários cálculos que seguem esta lógica, contudo a quem tem mais se destacado é o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), podendo ser obtido através da seguinte equação:

Equação 8

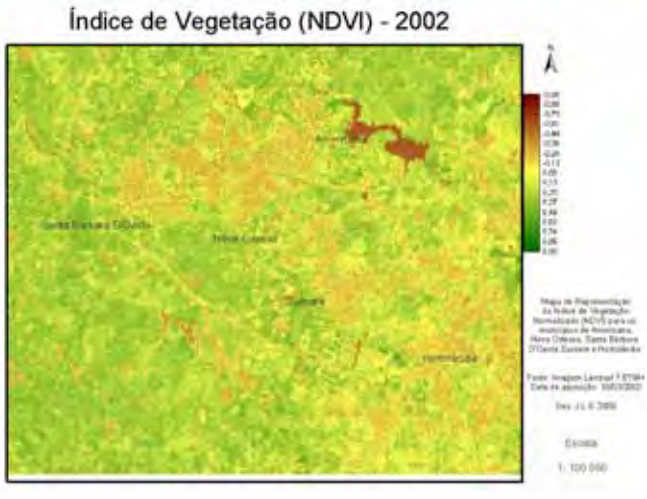
$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Onde: NIR = Infravermelho Próximo

R = Vermelho

No intervalo $-1 \geq NDVI \geq 1$ (indicando que só os valores positivos correspondem as zonas de vegetação).

Figura 6



NDVI das cidades de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara D'Oeste e Sumaré obtido de uma imagem Landsat ETM+ (2002).

Fonte: Sousa, J.L. (2006)

Nesse Trabalho foi utilizada a ferramenta Vegindex do software IDRISI32, trabalhando com imagens do período de 1973 (Landsat MSS) a 2002 (Landsat ETM+).

Termografia

A termografia foi realizada utilizando a banda 6 das imagens Landsat TM e ETM+ de 1988, 2000 e 2002. Para tal, utilizou-se a ferramenta Thermal do software IDRISI32. Os valores indicadores da imagem foram convertidos (com uso do software IDRISI) em temperaturas de brilho com o uso dos coeficientes de repartição (coefficients d'étalonnage) fornecidos com a imagem. Nenhuma correção atmosférica foi aplicada sobre esta imagem.

Composição entre Bandas

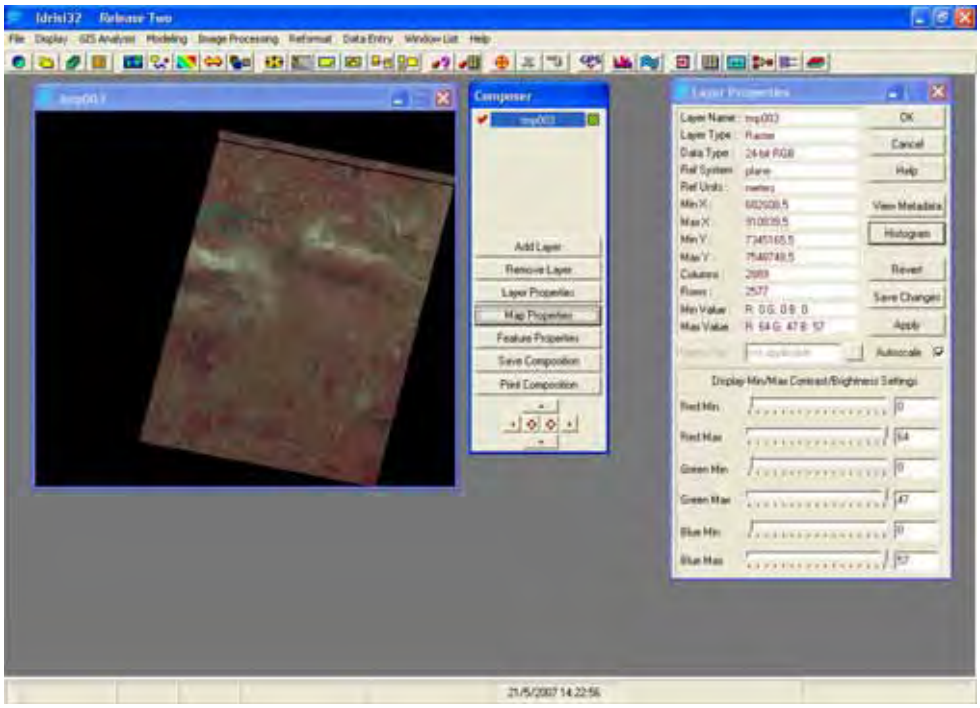
A utilização de composições coloridas é fundamentada no fato de que o olho humano é capaz de discriminar mais facilmente matiz de cores do que tons de cinza. Para cada banda, associa-se uma cor primária (azul, verde ou vermelha), ou ainda, as suas complementares (amarela, magenta ou ciã), de modo que para cada alvo diferente da cena associa-se uma cor ou uma combinação de cores diferentes.

Esta técnica comumente utiliza imagens que já estejam realçadas por ampliação de contraste. Uma das únicas restrições deste método é que permite a utilização simultânea de no máximo três bandas.

A reconstituição das cores na imagem advém do processo aditivo das cores primárias (azul, verde e vermelho) conforme estudado anteriormente. A imagem resultante é costumeiramente denominada imagem colorida RGB (red, green e blue).

Um outro realce por composição colorida é a transformação IHS, que envolve uma decomposição de uma imagem RGB em componentes de intensidade, matiz e saturação.

Figura 7



Visão da Interface do programa IDRISI 32 com funcionamento da função *composite*

Fonte: Sousa, J.L. (2006)

Classificação

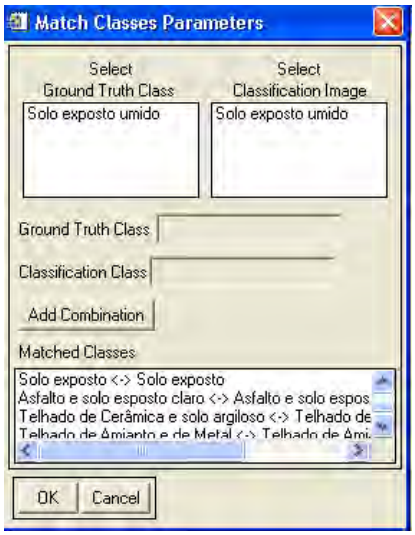
As técnicas de classificação digital implicam na implementação de num processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe. (Novo, 1995). Segundo LILLESAND e KIEFER,1994 'O objetivo da classificação de imagens em sensoriamento remoto é identificar as feições na imagem, isto é, traduzir os diversos padrões de energia eletromagnética refletida em classes de cobertura terrestre'.

A base conceitual para classificação de imagem é que classes de cobertura terrestre diferentes têm propriedades de reflectância diferentes. Porém, muitas classes de cobertura terrestre possuem propriedades de reflectância que se assemelham ou se sobrepõem, dificultando a separação das mesmas. A maioria dos métodos de

classificação avaliam a semelhança de padrões espectrais usando alguma medida da distância entre *pixels* do espaço espectral.

A classificação utilizada nessa pesquisa utilizou uma classificação não supervisionada como base para a seleção de amostras de treinamento para uma posterior realização de uma análise supervisionada. Onde a partir dos resultados de uma análise supervisionada inicial, melhora-se o nível da classificação até atender aos critérios de uso do solo pré-estabelecidos no trabalho de campo. Esta interferência foi feita através da Edição Matricial; onde várias características sobre o desempenho de classificação são expressas em uma matriz de erro.

Figura 8

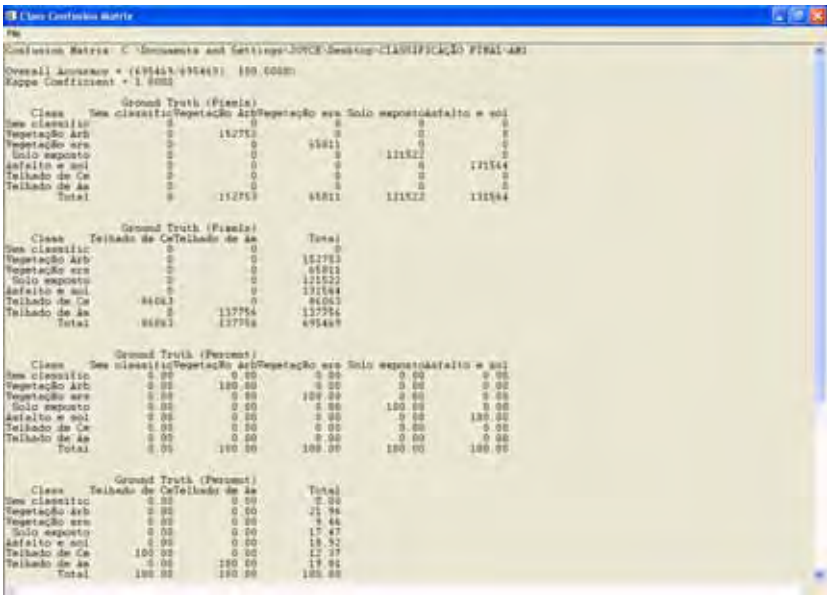


Interface do programa ENVI 2003 na função *Confusion Matrix (matriz de erros).*

Fonte: Sousa, J.L. (2006)

A matriz de erro comparou os dados de referência que representam a "verdade terrestre" (obtidos a partir de verificação em campo, da interpretação de fotografias aéreas e de informações geográficas a respeito do terreno) com os dados resultantes de uma classificação.

Figura 9



Interface do programa ENVI 2003 na função *Confusion Matrix (matriz de erros).*

Fonte: Sousa, J.L. (2006)

As amostras de treinamento foram utilizadas como dados de referência, porque se desejava avaliar se as amostras foram corretamente classificadas pela classificação não-supervisionada.

Classificação Não-Supervisonada

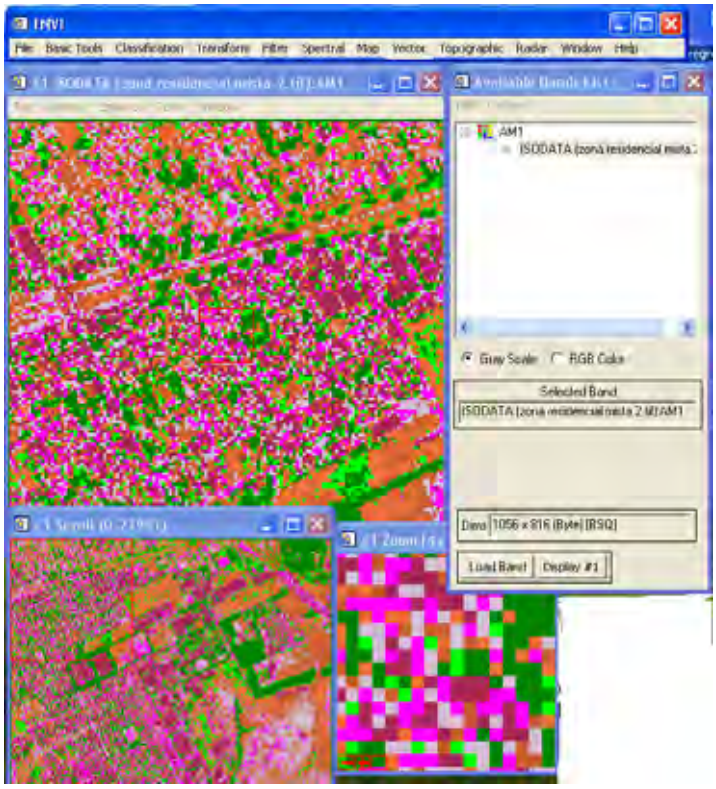
O uso da classificação não supervisionada nesse trabalho objetivou conhecer a área a qual se queria fazer o levantamento de uso do solo de modo a criar uma primeira análise espacial.

Neste tipo de classificação foram utilizados métodos de agrupamento (*clustering*) para determinar o número e localização das classes espectrais. Depois de gerado o produto as classes foram identificadas, analisando as assinaturas espectrais e determinando o que cada classe representava.

Entre as diversas opções de algoritmos de agrupamento foi utilizado o algoritmo ISODATA (*Iterative Self Organizing Data Analysis*). Esse método utiliza a distância espectral mínima para nomear um agrupamento para cada *pixel* candidato. Este

algoritmo se representou muito eficiente, executando uma classificação completa e calculando estatísticas rapidamente. Nesta técnica, antes de iniciar o processo, estabeleceu-se alguns parâmetros de controle: o número máximo de agrupamentos; número mínimo de *pixels* em cada grupo; limiar de convergência, o qual se refere a porcentagem máxima permitida de *pixels* que poderão se manter inalterados entre as repetições distância mínima entre grupos; número máximo de repetições que deverão ser executadas.

Figura 10



Interface do programa ENVI 2003 na função *Isodata.*

Fonte: Sousa, J.L. (2006)

Correção geométrica das Imagens Classificadas

O pré-processamento ou correção de imagens é o conjunto de técnicas de processamento dos dados brutos para a calibração radiométrica da imagem, correções de distorções geométricas e remoção de ruídos. As operações de pré-processamento são frequentemente chamadas de procedimentos de retificação e restauração de imagens, porque normalmente precedem a manipulação e análise dos dados da imagem para extrair informações específicas. Estas técnicas tem como objetivo corrigir distorções ou degradações da imagem que foram originadas no processo de aquisição da imagem, de forma a gerar uma representação mais fidedigna da cena original.

As técnicas de correção geométrica consistem na transformação dos dados de sensoriamento remoto, de tal modo que eles adquiram as características de escala e projeções próprias de mapas (Mather, 1987, apud Medeiros, 2005). A correção geométrica pode ser realizada através de modelos matemáticos de correção de erros, através de pontos de amostragem (quatro pontos da área de estudo associados às coordenadas geográficas de modo a verificar o erro residual de modo a poder ajusta-las) e o registro de imagens.

Registro de imagens é um processo de casamento de duas imagens, que possuem uma área em comum, de forma que os pontos com coordenadas correspondentes nas duas imagens correspondem à mesma região física.

Neste trabalho, o processo de registro foi realizado, basicamente, em três etapas:

1) Obtenção de pontos de controle;

2) Determinação da função de transformação;

3) Sobreposição das imagens.

O processo de obtenção de pontos de controle incluiu duas etapas: a extração de feições (cantos, linhas, contornos) e o casamento das feições extraídas. Obtido os pontos de controle, a transformação espacial que modela as distorções entre as imagens foi calculada e o registro foi realizado através de um método de interpolação. A função de transformação foi calculada usando o conjunto de pontos de controle obtidos na fase anterior.

Utilizando a ferramenta ArcGIS Spatial Analyst do pacote ArcINFO 8, no módulo Georreferencing; foi possível realizar o cruzamento e a correção das fotografias aéreas. O método utilizado foi o manual, onde, o identifica feições comuns entre as imagens raster e o layer de referência usando “lynks”. Estabelecido um número suficiente de lynks, através da ferramenta Auto Adjust foi possível verificar o alinhamento automático dos lynks.

Após esse processo foi verificada a presença de erros residuais (altos erros residuais indicam que o ponto está no lugar errado e que o lynk deve ser eliminado) e apagados os pontos que comprometiam a transformação.

Para garantir a qualidade do registro, escolheu-se um grande número de pontos de controle espalhados uniformemente sobre as imagens analisadas.

Neste estudo, utilizaram-se essa técnica para a correção das imagens classificadas da área de estudo, utilizando para tal as ortofotos do levantamento Aerofotogramétrico realizado pela CATI (2000).

2.3. Material e Métodos

Materiais

Aquisição de dados

Bases Municipais

Nas prefeituras municipais dos municípios da área de estudo foi possível se obter as plantas das cidades em formato digital e impresso; dados esses, incorporados a base de dados inicial do estudo. Também foram utilizados informações censitárias do IBGE e da Fundação SEADE para uma análise das mudanças na urbanização desses municípios.

Sensoriamento Remoto

As Informações de Sensoriamento Remoto foram utilizadas segundo o Quadro. Utilizou-se produtos derivados de imagens Landsat MSS (para análise de mudanças no uso do solo, expansão urbana e índice de vegetação) , TM e ETM + (as mesmas funções da MSS, somado a termografia) obtidas através do Global Land Cover Facility (http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp) e do DGI/INPE (Divisão de Geração de Imagem do Instituto de Pesquisas Espaciais); Fotografias Aéreas Ortogonais do levantamento realizado pela CATI em 2000 (análise do uso do solo).

Quadro 5:

Informações dos Sensores Utilizados nas Análises de Clima Urbano e mudanças no Uso do Solo nas cidades estudadas

Origem da Informação	Ano	Resolução Geométrica (tamanho do pixel)	Resolução espectral e Composições	Escala Cartográfica Máxima Apropriada para a Análise	Informações Derivadas	Metas
Landsat MSS 1	1973	80 m	Banda 1 Banda 2 Banda 3 Banda 4	1:100.000	Processo de crescimento urbano e NDVI	Avaliar o processo de expansão urbana dos municípios estudados e sua correlação com a diminuição da vegetação e a industrialização crecente.
Landsat MSS 2	1975	80 m	Banda 1 Banda 2 Banda 3 Banda 4	1:100.000	Processo de crescimento urbano e NDVI	Avaliar o processo de expansão urbana dos municípios estudados e sua correlação com a diminuição da vegetação e a industrialização crecente.
Landsat MSS 3	1979 1982	80 m	Banda 1 Banda 2 Banda 3 Banda 4	1:100.000	Processo de crescimento urbano e NDVI	Avaliar o processo de expansão urbana dos municípios estudados e sua correlação com a diminuição da vegetação e a industrialização crecente.
Landsat TM 5	1988 2000	30 m	Banda 1 Banda 2 Banda 3	1:50.000	Processo de crescimento urbano, NDVI e termografia.	Avaliar a aplicabilidade em áreas urbanas das informações multiespectrais e derivadas (NDVI) do sensor TM do satélite Landsat.

			Banda 4 Banda 6H			
Landsat ETM+	2002	30 m	Banda 1 Banda 2 Banda 3 Banda 4 Banda 6H	1:25.000	Processo de crescimento urbano, NDVI e termografia.	Avaliar a aplicabilidade em áreas urbanas das informações multiespectrais e derivadas (NDVI) do sensor ETM+ do satélite Landsat.
Fotografias Aéreas Ortogonais	2000	0,5 m		1: 8.000	Fotointerpretação (classificação não-supervisionada e supervisionada)	Identificação das principais classes de uso do solo da região Gerar cartas temáticas que contribuam com o entendimento do processo de urbanização e mudanças na temperatura intra-urbana da área de estudo.

Recursos Computacionais

Equipamentos

O hardware foi composto por dois microcomputadores: Intel Celeron 700 MHZ e Intel Pentium 2,4 GHZ; gravador de cd e dvd e impressora jato de tinta.

Softwares Aplicativos

O geoprocessamento teve suporte computacional dos Sistemas de Informação Geográficas IDRISI versão 32, ARCGIS – ARCInfo, ENVI INC. 2003 e SPRING 4.0. Como ferramentas auxiliares também foram utilizados os softwares Photoshop CS e Corel Draw 12.

Tabela 8

Sistemas de Informação Geográfica utilizados nesse trabalho:

GIS/ Fabricante	Estrutura dos Dados	Banco de dados	Equipamentos	Observações
ARC/Info Esri	Vetorial - topológica	Relacional	Unix, Winows	Produtos complementares incluem o Arc/CAD (apoiado em AutoCAD) e o Arc/View (ferramenta de consulta)
Idrisi Clarkk University	Matricial	Proprietário	Windows	Muito voltado para aplicações ambientais
ENVI Environment for Visualizing Images Copyright (C) 2003, Research Systems, Inc.	Matricial Vetorial	relacional	Unix Windows	Permite uma integração entre vetores e imagens

Fonte: Moreira, 2005.

CAPÍTULO 3

3.O Uso do Solo Urbano na Área de Estudo

O homem habita o planeta Terra há pelo menos um milhão de anos e durante quase a totalidade desse tempo viveu em um ambiente sem cidades. Em nossa preocupação com os problemas urbanos contemporâneos, às vezes nos esquecemos que a cidade é uma invenção recente, pois surgiram há apenas 7.000 anos.

Atualmente, em torno de 1,2% da área do planeta é considerada urbana; tendo-se como estimativa para o ano 2025 que 60% da população do mundo viverá nelas (SHEPPERD, 2004, p.1; tradução nossa). O homem do nosso tempo está cercado de um mundo altamente antropisado, cercado de aço e cimento, e quase em sua totalidade, afastado da natureza. Os seus contatos com ela são artificiais, geralmente estéticos ou saudosistas, visando fins de repouso ou lazer. É evidente que com a perda do contato natural e permanente com a natureza se perdem também os valores ligados ao sentimento de profunda dependência humana de um universo que transcende o homem. O homem que vive entre arranha-céu e máquinas não pode sentir-se integrado ao ritmo cósmico e nos ciclos naturais. (RESENFELD, 1959, p.101).

"Diversos autores, inclusive das ciências sociais, têm contemplado em seus estudos as questões urbanas relativas à degradação de seu ambiente, especialmente com o advento da cidade industrial no século XIX, fica evidente que não existem precedentes, na história escrita, de aglomerados tão grandes de pessoas a viver em ambientes tão degradantemente deteriorados..." (Munford, p. 603, 1965).

Estas questões nos levam a pensar que as cidades atuais estão expandindo suas fronteiras e suas populações; demonstrando que a história humana é definida como a história da urbanização e de suas conseqüências. Pois, se pensarmos na atualidade,

veremos que o aumento da industrialização e da urbanização tem afetado drasticamente o número de construções urbanas; o que requer cada vez mais energia e terras para suportar tal expansão. De acordo com Stanner e Bourdeau (1995, apud SANTAMOURIS, 2001, p.6, tradução nossa), na Europa, 2,1% da área rural é perdida para a urbanização a cada 10 anos. Desse modo, o crescimento do setor imobiliário tem pressionado a diminuição do número de áreas verdes. Um exemplo disso é a cidade de Nova Iorque, que vêm perdendo cerca de 175.000 árvores ou 20% de florestas urbanas nos últimos 10 anos.

No último censo, as taxas de urbanização do Brasil chegaram a 81%, enquanto na região Sudeste, alcançaram os 90%. Desse modo as questões ambientais que afetam diretamente o cotidiano da maior parte da população brasileira devem ser resolvidos no âmbito do espaço construído. Isso não relega a segundo plano, as áreas rurais e naturais, muito necessárias para a manutenção da cidade. Mas sim, reiteram a necessidade de se estudar a fundo às questões do ambiente urbano.

As cidades diferem das áreas rurais não apenas pelo seu tamanho e por suas atividades econômicas, mas sim quanto ao seu caráter heterogêneo, sua variedade, sua eterna mudança e principalmente, por sua mistura de diferentes ocupações, classes sociais e bases culturais convivendo na égide de um mesmo espaço, com todas essas diversidades sendo aceitas naturalmente pelos seus habitantes.

A cidade desde sua criação como instituição social, na Idade Moderna, sempre teve o desejo da liberdade de terra. Segundo Huberman (1986, p.27) “as cidades desejavam libertar-se das interferências à sua expansão, e depois de alguns séculos o conseguiram”. Assim, o espaço urbano detém uma liberdade desde sua origem, liberdade essa que permite que essa não mantenha uma unidade e sim, seja segmentado segundo seus infinitos usos. É comum encontrarmos nas cidades uma divisão urbana

que obedece às características do sistema econômico e social vigentes. Assim, podemos dizer que o ambiente urbano está dividido em áreas predominantemente industriais (devido às facilidades logísticas locacionais), áreas predominantemente comerciais (devido à centralidade e facilidade de acesso), áreas residenciais (ocupadas com equipamentos de auxílio público como hospitais, escolas etc.). Cada um desses setores econômicos e sociais da cidade apresenta modificações nos seus interesses e aspirações particulares com o passar do tempo, gerando muitas vezes conflitos urbanos, o que gera a necessidade da ação dos órgãos de planejamento e reguladores. O com que para o entendimento do processo de produção e apropriação do espaço urbano, seja necessário propor uma relação entre o capital imobiliário, o capital financeiro, o capital fundiário e o capital produtivo (...) realizando num espaço e tempo limitado, uma estratégia de interesse mútuo (SOUZA, 1994, p.21).

Assim, podemos dizer que são as relações de classe que compõem o espaço urbano, sendo esses os fatores que permitem um maior ou menor desenvolvimento, levando, à medida que a cidade cresce e se desenvolve, à periferização da população de baixa renda; a urbanização de áreas, até então, desprovidas de infra-estrutura e gerando as expansões violentas das malhas urbanas, conforme obedecem ao ciclo do capital. O que faz com que possamos dizer que o domínio espaço sempre foi um aspecto vital da luta de classes (HARVEY, 1993, p. 212); numa visão marxista de analisar o espaço urbano.

Segundo Barboza (2001, p. 8), a ocupação do solo ou a transformação do seu uso é coordenada por dois fatores básicos:

- A demanda ou procura pelos espaços, condicionadas pelas necessidades de cada setor;

- A oferta ou disponibilidade dos espaços que poderão ser mais ou menos úteis às necessidades.

O que faz com que a cidade seja formada pela superposição de estruturas sucessivas, criadas através da readaptação dos elementos existentes ou da implantação de elementos novos. As transformações físicas são reflexos das transformações econômicas e sociais que ocorrem no sistema urbano-rural (ZMITROWICZ, 1979, p.50).

No urbano, a terra deixa de ser um instrumento de produção imediata como é no campo. A questão de a terra ser um bem finito, que não pode ser criado pelo trabalho, no contexto urbano, ganha um novo sentido: a reprodução do espaço urbano não se dá apenas pela incorporação de terras, mas também pelo processo de verticalização de espaços construídos. Na medida em que as indústrias se deslocam para a periferia, também a população proletária é obrigada a seguir seu movimento, pelo mesmo motivo das empresas, valorização da terra. As residências térreas e de um andar são demolidas, construindo-se prédios de apartamento ocupados pela classe média. Também o comércio que não se pode afastar demasiadamente do centro vão ocupar estas áreas, o mesmo fazendo determinados serviços: clínicas médicas e dentárias, escritórios comerciais, etc. (Singer, 1968, p. 75).

As condições de produção nas áreas urbanas são agora as da virtual totalidade da economia, e as condições de vida nas aglomerações urbanas são as da maioria da população. Acima de tudo, as aglomerações urbanas constituem a base e o palco das transformações futuras da sociedade e também da sua economia (DÉAK E SCHIFFER, 2004, p. 12). Não temos mais apenas um processo de difusão da urbanização pelo aumento do número e tamanho das cidades e dos papéis que desempenham na divisão social do trabalho, mas temos uma urbanização que se reconstrói, também como

espacialidade que se redesenha a partir da fragmentação do tecido urbano e da intensificação da circulação de pessoas, mercadorias, informações, idéias e símbolos (Sposito, 2001, p.85).

A urbanização brasileira é marcada pela sua rapidez e intensidade. O fato é que em pouco mais que uma geração, o Brasil deixou de ser um país agrário para tornar-se urbanizado. Tal mudança se reflete nas estatísticas: em 1950 haviam 33 milhões de camponeses em pleno crescimento e 19 milhões de habitantes na cidade; atualmente, temos o mesmo número de habitantes no campo, contudo, o número de habitantes da cidade saltou para 120 milhões de habitantes.

O ponto mais urbanizado brasileiro é sem dúvida o estado de São Paulo, configurando-se como o espaço econômico restrito que maior dinâmico alcançou nas décadas seguintes. Da cultura do café para sua posição de destaque nacional contribuíram (no período inicial) fortemente a construção de estradas de ferro para o escoamento da produção cafeeira, sendo essas a São Paulo Railway, A Cia. paulista de estradas de Ferro, a Cia. Ituana, Cia. Sorocabana, Cia. Mojiana etc.

A construção da Estrada de Ferro criou núcleos urbanos pioneiros de urbanização no território paulista, sendo muitas dessas cidades fundadas ou desenvolvidas a partir do assentamento ferroviário; estruturando toda a sua paisagem urbana pela estação ferroviária. Dessa forma, o traçado urbano organizou-se originariamente em razão desses elementos, e a ferrovia acabou por gerar a configuração urbana, dando as diretrizes para a configuração da cidade.

Segundo Déak & Schiffer (2004, p. 83), a indústria aparece na economia nacional nesse período como alternativa de inversão do capital, necessário graças à crise do café. São Paulo apresenta-se como lócus natural da industrialização brasileira, já que registrava a existência de relações de produção assalariada junto a uma ocupação

territorial contínua do interior paulista, graças ao traçado e abrangência da rede ferroviária. Essa rede possibilita um conjunto de cidades interligadas entre si e com a capital, propiciando o escoamento sem entraves da produção interiorana e favorecendo o Alargamento do mercado regional. Fatores esses que seriam significativos no processo de industrialização que se aceleraria a partir dos anos 30.

A partir especialmente da década de 50, no período pós-guerra, essas cidades cuja economia se baseava na produção agrícola experimentaram um processo de industrialização. Processo esse que veio associado ao declínio do transporte ferroviário, em detrimento do rodoviário, gerando um novo desenho na paisagem; onde as antigas áreas rurais no entorno das cidades passam por um processo de loteamento criando um novo anel urbano que se configura, num processo que se retro-alimenta, ou seja: fracionamento, produção de alimentos, população urbana industrial e novas áreas de expansão urbana (LANDIM, 2004).

Assim, na primeira etapa do processo de integração brasileira houve uma forte tendência à concentração das atividades modernas e dinâmicas, o que provocou uma hierarquização ainda marcada pela relação campo-cidade, e conseqüentemente a formação de níveis urbanos detentores de núcleos de mesma polarização. As grandes cidades no período agro-exportador foram as que mais receberam essas novas atividades e passaram a constituir os principais pólos de produção industrial.

A ocorrência do fenômeno nacional de concentração industrial em São Paulo não só resultou das características históricas específicas deste estado, como também representou um reflexo do modelo de desenvolvimento econômico implementado no país pelo Estado brasileiro, a partir da década de 1950 e, especialmente, após 1964. A região metropolitana de São Paulo comandou o processo de concentração em âmbito

nacional e estadual, permitindo a maximização das taxas de rentabilidade do capital, exercendo, por conseguinte, maior força de atração para os investimentos industriais.

A industrialização aparece como fenômeno precursor do urbanismo, por causar maior possibilidade de extração e concentração da mais-valia e também pela intensificação da divisão social do trabalho. A industrialização fornece o ponto de partida da reflexão sobre a nossa época, além do mais, o termo "sociedade urbana" apresenta-se vinculado à sociedade que nasce da industrialização. A sociedade industrial não pode ser vista como um fim em si mesma, mas como um estágio preparatório para o urbanismo, e que a industrialização pode somente encontrar seu objetivo na urbanização, esta já domina a organização e a própria produção industrial, que a induz.

Desse modo, a indústria constitui o elemento dominante, na organização da paisagem urbana. Essa, ao ser analisada ligada à primeira revolução industrial e inserida no desenvolvimento do tipo de produção capitalista, é um processo de organização do espaço, e que se baseia na decomposição prévia das estruturas sociais agrárias e emigração da população para centros urbanos já existentes, fornecendo a força de trabalho essencial à industrialização e na paisagem de uma economia doméstica para uma economia de manufatura, e depois para uma economia de fábrica, o que quer dizer, ao mesmo tempo concentração de mão-de-obra, criação de um mercado e constituição de um meio industrial.

Assim, em harmonia com mudanças internacionais, o movimento de concentração industrial na Grande São Paulo atinge seu auge em torno do final dos anos 60, quando passa a ser responsável por 58% da transformação industrial do país. A partir deste período, inicia uma tendência caracterizada pela desconcentração da base produtiva, destacando-se como principal alvo, o interior do próprio estado de São Paulo.

Desta forma, a região concentrada vai aos poucos tomando forma, enquanto as demais áreas do país apresentam pontos isolados de desenvolvimento, claro indício de uma difusão restringida e seletiva.

Foi notadamente a partir da década de 70 que mudanças de qualidade na acelerada urbanização brasileira passaram a se processar mais rapidamente, pois algumas cidades apresentaram ritmo acelerado de metropolização. A partir da década de 70, o interior paulista destacou-se como o segundo Parque Industrial do país, com uma concentração industrial num raio de 150-200 km de distância da capital. Este fato deveu-se ao processo de desconcentração (concentrada) das indústrias da metrópole para o interior de São Paulo.

Entre as causas dessa desconcentração industrial destacam-se o elevado custo do terreno na Região Metropolitana de São Paulo, a falta de espaço para a ampliação das fábricas, a mão -de –obra mais cara e sindicalizada, etc., enfim as deseconomias de aglomeração.

As políticas espaciais efetuadas pelo governo de São Paulo em consonância com os Planos Nacionais de Desenvolvimento Econômico, também foram importantes para esta desconcentração industrial da Região Metropolitana, em direção às cidades localizadas no interior do estado. A participação do governo Estadual se deu principalmente pela política de construção de grandes e modernas rodovias. Estas preferências locacionais podem ser compreendidas, quando se considera que a referida área possui, além da infra-estrutura de transportes (rodoviária e aérea, principalmente), também a maior parcela de mão-de-obra especializada e os melhores centros educacionais, ao lado de atividades comerciais e financeiras, que se desenvolvem em ritmo até superior ao das atividades industriais.

No que tange aos aspectos políticos cabe salientar que, juntamente com as políticas de contenção do crescimento industrial na Região Metropolitana foram adotadas, ainda, políticas de direcionamento fabril pelo Governo Estadual e políticas atrativas por muitos municípios no interior do estado de São Paulo. As mencionadas políticas atrativas explicam a criação de Distritos Industriais que surgiram na década de 1970 para abrigarem as unidades produtivas provenientes do processo de desconcentração industrial.

Richardson (1975) denominou esse movimento de "Reversão da Polarização", pois se tratava do período onde as tendências de polarização espacial na economia nacional dão lugar a um processo de dispersão espacial para fora da região central e em direção a outras regiões do sistema.

A necessidade de um desafogamento da metrópole paulista foi uma das principais pautas do II PND (Plano Nacional de Desenvolvimento do Brasil), estando presente no capítulo "Política Nacional de Desenvolvimento Urbano". Esta política representava um caráter inovador em relação as anteriores na questão urbana; contudo apresentava uma série de antagonismos, pois, ao mesmo tempo em que alertava para a necessidade da dinamização dos processos para todo o território, o II PND propunha grandes investimentos na região sudeste, que por sua vez, também era alvo da contenção e controle da política urbana.

O governo do Estado aliado ao federal, implantou uma política de Desenvolvimento Urbano e Regional do Estado de São Paulo – PDUR. Tendo como metas a redução dos desequilíbrios inter-regionais no estado e a descentralização metropolitana, esta política foi promovida pela Secretaria de Economia e Planejamento-SP, através da criação e implementação de vários programas de atuação específica no âmbito da Ação Regional, tais como: o de "Cidades Médias", "Macro Eixo Rio - São

Paulo", Macro-Metrópole (entorno metropolitano), Sistema Estadual de Mão de obra – SEMO, Centros Sociais Urbanos – CSU, Desenvolvimento Industrial (Balcão de Projetos), entre outros.

Assim, o II PND foi aplicado no estado de São Paulo a partir de 1975 se respaldando em dois programas estratégicos dele advindos: "O Programa das Cidades Médias" e o "Programa de Descentralização Industrial".

Essas políticas acabaram por priorizar uma reorientação industrial pouco focada no território nacional e estritamente setorial; estabelecendo-se prioridades não com base nos lugares e sim em sua infra-estrutura de modo a não reverter os interesses dos setores econômicos hegemônico; fato esse, que resultou no beneficiamento do entorno metropolitano por essas medidas. O processo de desconcentração partia de um elevado nível de concentração, mas não se pretendia obter uma perda da supremacia da metrópole sobre o conjunto regional. Desse modo objetivou-se desconcentrar as atividades que de maneira geral, produziam elevadas deseconomias externas ou estavam sendo desvalorizadas no espaço central. Assim, foram guardados nos espaços centrais as atividades mais qualificadas, descentralizando as que incorporavam menos trabalho qualificado e indústrias de base (deseconomias externas).

Desse modo, o Programa de Descentralização Industrial apoiado pelo programa de Cidades Médias gerou o planejamento da expansão e o reforço na infra-estrutura urbana das cidades beneficiárias da desconcentração funcional intra-regional; atuando preferencialmente em cidades com mais de 50 mil habitantes.

Para Lencione (1991), essa expansão para o interior nada mais é do que uma expansão da Região Metropolitana de São Paulo, pois essa não perde sua posição de controle, formando-se então o que se conceitua como "macrometrópole".

Assim, a partir da década de 70, o interior paulista passou a destacar-se como segundo parque industrial do país. As novas estruturas comerciais seguiram o caminho do deslocamento espacial das indústrias, acelerando a urbanização do interior paulista.

As maiores cidades do interior estão localizadas nas regiões mais industrializadas e de maior desenvolvimento, demonstrando a relação entre a dinâmica populacional e o crescimento econômico no Estado de São Paulo. O deslocamento das atividades econômicas e da população privilegiou as sedes regionais e/ou seus entornos imediatos, notadamente das mesorregiões de Campinas, Macro Metropolitana, do Vale do Paraíba Paulista, e Ribeirão Preto, fortalecendo o papel daqueles centros na rede urbana estadual e levando para o interior um padrão de urbanização até então vigente somente na metrópole.

No que diz respeito ao padrão de urbanização, com a interiorização do desenvolvimento as realidades territoriais do interior, se complexificaram, engendrando formações espaciais que refletem o caráter contraditório do dinamismo econômico. A estruturação e ampliação de um mercado imobiliário articulado e organizado em suas diversas etapas de reprodução do capital mercantil (parcelamento, construção, incorporação, financiamento e vendas) favoreceu a ampliação do processo e a verticalização das cidades, com a construção de residências multifamiliares e de edifícios de escritórios. Favoreceu, também, o surgimento dos condomínios fechados horizontais para a classe média e de bairros periféricos sem infra-estrutura urbana e favelas em quase todas as cidades do interior, independentemente de seu porte de tamanho. Estas são expressões visíveis desse padrão contraditório de urbanização.

Embora a desconcentração do crescimento urbano seja fenômeno inquestionável, a elevação da participação populacional das cidades médias no conjunto do país deve-se, em grande parte, ao crescimento dos centros intermediários pertencentes às regiões

metropolitanas. Assim, o anúncio de um ritmo mais elevado de crescimento do conjunto de cidades médias, muitas vezes por incluir as cidades metropolitanas, não deve ser diretamente associado ao processo de desconcentração populacional.

O fenômeno da desconcentração concentrada reflete ao mesmo tempo o poder e os limites da desconcentração populacional impulsionada pelas mudanças no padrão locacional das indústrias, a partir da década de 70. Iniciado pelo espraiamento territorial das indústrias tradicionais, a desconcentração industrial da década de 70 assemelha-se a um movimento de suburbanização da indústria da RMSP: uma combinação temporal entre a amplificação das *deseconomias de aglomeração* desta metrópole e o surgimento de economias de aglomeração internas das novas áreas de atração.

Adicionalmente aos clássicos efeitos inibidores da localização industrial nas metrópoles, impostos pela maior organização dos trabalhadores e pelo elevado preço da terra, há, mais recentemente, a influência das questões ambientais mobilizando o público, e em alguns casos o poder público, para a resistência frente à intensificação de indústrias poluentes nas áreas metropolitanas já saturadas. Motta (1997) ao investigar estatísticas mais recentes sobre a localização de indústrias potencialmente poluidoras, conclui que apesar da tendência à desconcentração dos setores potencialmente poluidores da RMSP, ainda havia uma expressiva concentração deles na região, agora acompanhada por novos pontos de polarização de setores poluentes. Em virtude do padrão aglomerativo de localização espacial das indústrias potencialmente poluidoras, estaria havendo uma nova concentração, principalmente nas áreas urbanas de Campinas, Ribeirão Preto, Sorocaba e do Vale do Paraíba.

Quanto aos limites da desconcentração industrial, entre outros fatores, a distribuição espacialmente concentrada da renda, dos serviços produtivos e dos próprios centros de pesquisa, atua para não permitir um completo espraiamento territorial da

indústria; definindo, adicionalmente, um raio limite para a dita desconcentração industrial. No tocante ao surgimento dos fatores de atração dos novos centros produtivos, Diniz e Crocco (1996) ilustram o desenvolvimento da infra-estrutura; fundamental para a unificação dos mercados, e para a criação de economias de urbanização em várias outras cidades ou regiões, citando como exemplos: a malha rodoviária pavimentada (federal e estadual), de 12.700 km em 1960, cresce para 130.000 km em 1990. A frota de veículos no mesmo intervalo temporal passa de 1 milhão para 16 milhões; o número de terminais telefônicos em 1972 era de 1,4 milhão e passa a 7 milhões em 1985, a capacidade de produção de energia elétrica passa de 11 milhões para 60 milhões de KW, no período de 1970 a 1990.

Cidades Médias

As cidades médias seriam, no imaginário popular, aquelas nem tão pequenas ao ponto de limitar suas possibilidades de crescimento e não tão grandes ao ponto de gerar gravíssimos problemas de circulação, de habitação etc. para muitos de seus habitantes. Tal subjetividade nos leva a analisar que não existe uma idéia consensual do que são as cidades médias, variando sua definição segundo o ramo de trabalho e o objeto da pesquisa de cada autor que teoriza sobre esse tema.

Nos últimos anos o tamanho demográfico tem sido o mais utilizado para identificar as cidades médias, contudo, a cada novo estudo, novos parâmetros são agregados à definição como: população urbana, tamanho do mercado local, nível de infra-estrutura etc.

Ao destacar-se da análise as cidades médias metropolitanas, conclui-se por uma forte identificação entre o porte médio das cidades, definido em 1970 (cidades com população entre 50 mil e 250 mil habitantes – ANDRADE E LODDER, 1979), e a

posição de Capital Regional no sistema urbano. Esta identificação das cidades médias de 1970 com a função de capitais regionais possibilita a utilização de um critério adicional para uma alternativa definição de cidades médias. Assim, um novo conjunto de cidades médias poderia ser definido a partir do cruzamento de seu tamanho com a posição que ocupa no sistema urbano.

Na definição de 1970, as cidades têm sua posição hierárquica definida de acordo com a intensidade de relações entre as cidades que compõem sua região de influência. A intensidade das relações é, por um lado, medida em termos da procedência dos consumidores de bens e serviços ofertados nas cidades, e, por outro, pelos locais onde os consumidores desta cidade vão comprar bens e serviços ofertados em outras cidades, ou seja, as regiões de influência são entendidas apenas como locais de distribuição de bens e serviços. A hierarquia das cidades em suas áreas de influência é composta por seis níveis, a saber: Centros Metropolitanos, Sub-metropolitanos, Capitais Regionais, Centros Sub-Regionais, Centros de Zona e Municípios Subordinados.

Andrade e Serra (1998) chegaram a conclusões que justificam o crescimento relativo dessas cidades, superior ao das cidades hierarquicamente inferiores. Contudo, a descoberta de um padrão comportamental na relação entre a dinâmica demográfica das cidades médias de 1970 e a de suas subordinadas desperta a atenção para as exceções: a região de influência de Americana (um dos mais importantes pólos têxteis do país), cidade-núcleo cujo crescimento (132%) no período 1970/91 foi, em muito, suplantado pelo crescimento de todas as cidades a ela subordinadas — Nova Odessa (208,6%), Santa Bárbara D'Oeste (370%) e Sumaré (883%).

O que demonstra que o que definia cidade média nos anos 70 mão satisfaz mais a atual estrutura das cidades, pois as transformações e evoluções do próprio sistema urbano espelham essas diferenças.

Entre 1991/92, uma nova classificação espacial seria implementada pelo IBGE, a das microrregiões brasileiras. Utilizando-se de fundamentos conceituais que guardam certa similaridade com as "aglomerações urbanas", substituindo as Microrregiões Homogêneas de 1968. Para essa nova classificação foi considerado determinante o processo social, não obstante a importância do quadro natural e da rede de comunicação e de lugares. Por esta razão foram selecionados dois indicadores chaves relativos à estrutura da produção e à interação espacial.

As cidades mudaram de patamar nos últimos anos; as metrópoles regionais mudaram de configuração ampliando suas relações nacionais e estreitando suas relações interurbanas; assim como aumentaram o número de cidades locais e de centros regionais. Nos últimos 30 anos duas tendências se fortaleceram nos estudos urbanos brasileiros: a forte concentração populacional urbana e o crescimento das cidades médias contribuindo para tal.

Sob essa classificação, nossa área de estudo é a microrregião de Americana, área que está inserida na Região de Governo de Campinas; que compõem numa área mais ampla a Região Administrativa de Campinas. Está região, numa outra classificação também faz parte da Região Metropolitana de Campinas.

As cidades médias dobraram sua freqüência no sistema urbano nacional no período entre 1970 e 2000, aumentando sua participação de 11% para 12,4% (ANDRADE E SERRA 2001). Nesse período, essas cidades apresentaram uma grande representatividade reunindo-se em centros com distintos níveis de complexidade em suas estruturas produtivas e nas dinâmicas do crescimento populacional.

O dinamismo atual das cidades médias paulistas foi um fruto das políticas de descentralização industrial e do crescimento populacional elevado obtido nos últimos 30 anos; sendo esses, os grandes responsáveis pelo processo de desconcentração

espacial da população nacional. Tal dinamismo ocorreu paralelo ao crescimento econômico dessas cidades.

Contudo, o dinamismo econômico das cidades médias sofreu uma série de transformações nas décadas de 90/00. Nesse período, uma nova reestruturação produtiva, realizada num ambiente econômico de maior abertura comercial e inserida num cenário político de profundas modificações do papel do Estado quanto ao desenvolvimento nacional, culminou num novo processo de desconcentração rumo a novas áreas industriais também localizadas em cidades médias, mas aquém da macrometrópole inicial.

Esse processo ocorreu conjuntamente com mudanças na política econômica brasileira e de avanço tecnológico global que culminaram com a diminuição da oferta de emprego pelo setor industrial. Na década de 90, a abertura comercial iniciada no governo Collor aliou-se as estratégias empresariais de racionalização do processo produtivo no período recessivo de 1989 a 1992 para determinar no período de recuperação posterior uma grande recuperação econômica, acompanhada de elevação da produção industrial. Junto a esse fenômeno tivemos também a multiplicação da terceirização e o próprio fechamento de fábricas, expostas a concorrência internacional.

Nos anos 90 e paralelamente à ruptura do modelo de estado desenvolvimentista, fica explícito a importância das normas no processo de produção espacial brasileiro e, notadamente do estado paulista, já que a abertura econômica provocou maior exposição do país às possibilidades do mundo, aos novos mecanismos do processo de globalização. As mudanças geraram e ainda estão gerando fortes impactos sobre a distribuição espacial da atividade econômica brasileira.

Ilustração 3



Institucionalmente, O Pólo Têxtil de Americana foi criado em 3 de dezembro de 2002 pela Lei Estadual n° 11.274 como Pólo Tecnológico da Indústria Têxtil e de Confecções, da região integrada pelos Municípios de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara D'Oeste, Sumaré e Hortolândia. Fazendo parte da Região de Governo de Campinas, a mais próspera e melhor estruturada dentre as sete regiões de governo que compõem a região administrativa de Campinas. A escolha por trabalhar com essa região deu-se devido à necessidade de abranger toda uma área que tenha sofrido impactos urbanos não-planejados e conseqüentes problemas ambientais, originados de políticas de descentralização produtiva da capital paulista.

Ao longo das últimas décadas houve no país inteiro, em especial nessa região um agudo processo de urbanização dentro de cada município; assistindo, um extravasamento do crescimento da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) em direção ao eixo da rodovia Anhanguera que provocou uma conurbação praticamente contínua, desde os municípios de Caieras e Franco da Rocha, na Grande São Paulo, até Americana.

É certo que as taxas de crescimento sofreram uma redução significativa frente às altíssimas taxas verificadas nas décadas de 70 e 80. Todavia se separarmos as cidades de Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Nova Odessa, Sumaré e Hortolândia (nossa área de estudo) é fácil constatar o fato de que ainda hoje elas vivenciam taxas de crescimento superiores à média regional.

Tabela 9

Ordem	Município	Total/1991	Total/2000	Taxa
1	Americana	153.840	182.084	1,89
2	Nova Odessa	34.063	42.066	1,74
3	Santa Bárbara D'Oeste	145.26	169.735	2,37
4	Sumaré	226.870	347.724	4,86
5	Hortolândia	*	180.000	*

Fonte: IBGE, 2000. Adaptado por Sousa, 2006.

* O município de Hortolândia era distrito do município de Sumaré, se emancipando em 19 de maio de 1991.

O mesmo pode ser constatado quanto à expansão do parque da região, esta se encontra hoje de maneira significativa, estando na média ou acima da média do estado de São Paulo. Essa atração de investimentos novos nesta região é hoje reforçada pela criação da RMC (Região Metropolitana de Campinas), no início da década de 2000;

fato que faz com que os investidores encontrem ali inúmeros indicadores favoráveis para os seus investimentos.

Outro fato importante foi o a formalização da criação do Pólo Têxtil de Americana pelo Governo do Estado de São Paulo, em 2003. Esta formalização se deu para criá-la incentivos para as atividades de pesquisa científica e tecnológica, relacionadas ao setor, e, envolvendo as cerca de 700 indústrias de fiação, tecelagem, tinturarias e estamparia presentes nos municípios de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara, Sumaré e Hortolândia.

O Pólo Têxtil de Americana é hoje, considerado o maior pólo têxtil de tecidos planos de fibras artificiais e sintéticas da América Latina, sendo responsável por 85% da produção nacional deste tipo de material, e possuindo aproximadamente 2.500 confecções.

A nossa região está, por sua vez, inserida na Zona do Médio Tietê da Depressão Periférica, região caracterizada ter 85% de sua área constituída de colinas amplas, com interfluvios superiores a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes retilíneas a convexas, drenagem sub-dendrítica de baixa densidade, vales abertos e planícies aluviais restritas. Corresponde à ocorrência geológica da Formação Itararé, de idade carbonífera, onde predominam arenitos e arcósios e subsidiariamente, diamictitos, siltitos e folhelhos. São áreas pouco cultivadas, quase sempre pastagens, com ocorrência de cerrados e campos cerrados muito pobres.

Estima-se que 15% da área, situada na sua porção sudeste, apresenta morrotes alongados e espigões, topos angulosos a achatados, vertentes ravinadas, vales fechados, densidade de drenagem média a alta. Corresponde à ocorrência geológica de diabásios tabulares de idade juro-cretácea. São áreas intensamente cultivadas, constituídas de terras roxas misturadas.

A configuração do Uso do Solo do Pólo Têxtil de Americana

Institucionalmente, O Pólo Têxtil de Americana foi criado em 3 de dezembro de 2002 pela Lei Estadual n° 11.274 como Pólo Tecnológico da Indústria Têxtil e de Confecções, da região integrada pelos Municípios de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara D'Oeste, Sumaré e Hortolândia. Fazendo parte da Região de Governo de Campinas, a mais próspera e melhor estruturada dentre as sete regiões de governo que compõem a região administrativa de Campinas. A escolha por trabalhar com essa região deu-se devido a necessidade de abranger toda uma área que tenha sofrido impactos urbanos não-planejados e conseqüentes problemas ambientais, originados de políticas de descentralização produtiva da capital paulista .

Ilustração 4

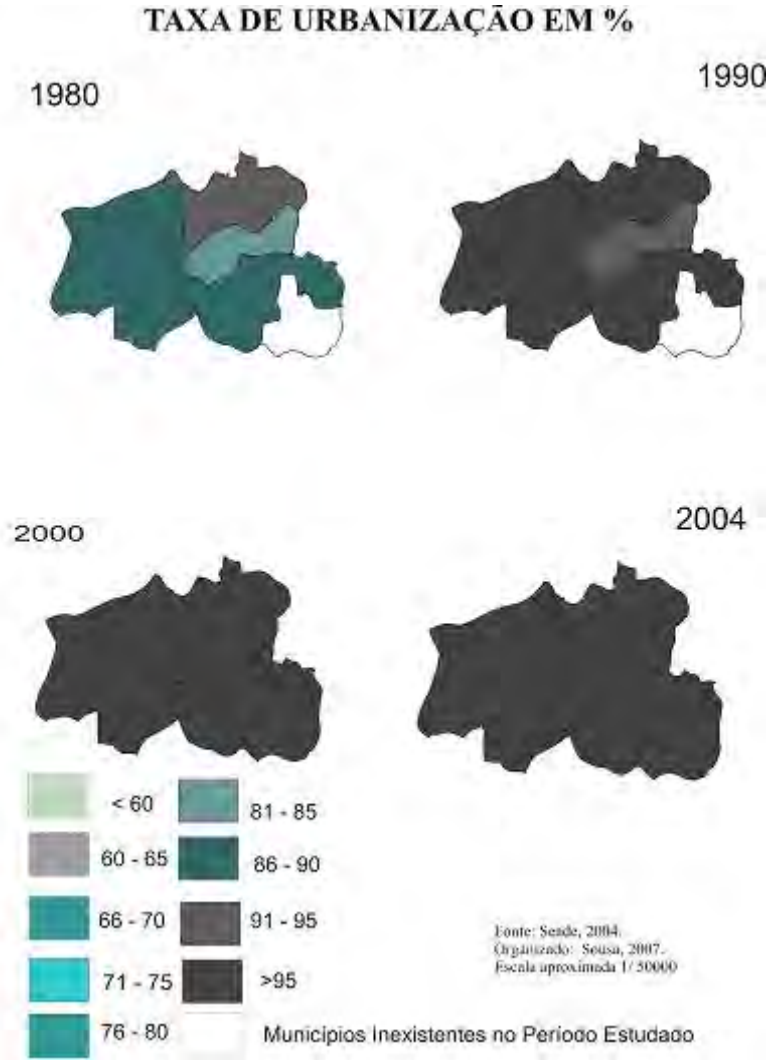


Ao longo das últimas décadas houve no país inteiro, em especial nessa região um agudo processo de urbanização dentro de cada município; assistindo, um extravasamento do crescimento da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) em direção ao eixo da rodovia Anhanguera que provocou uma conurbação praticamente contínua, desde os municípios de Caieras e Franco da Rocha, na Grande São Paulo, até Americana.

Ilustração 5

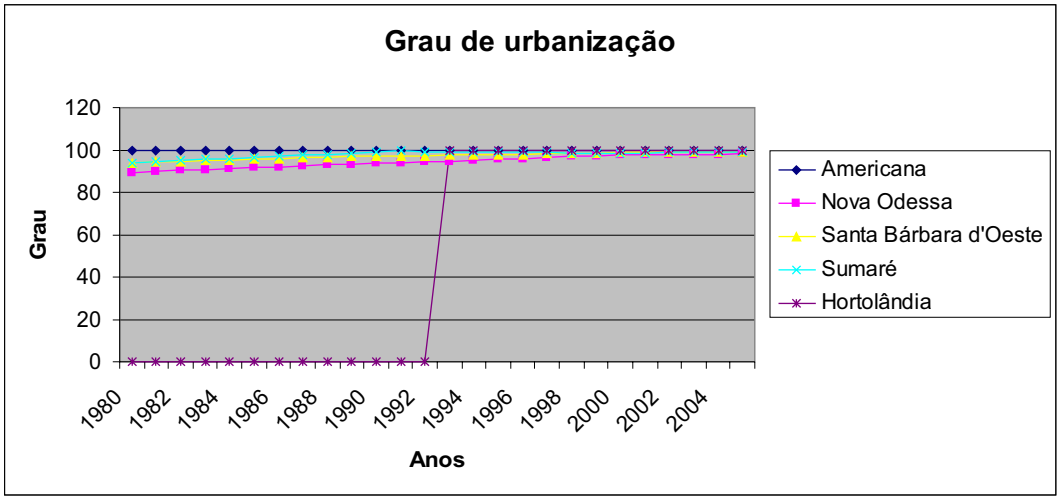


Ilustração 6



Se analisarmos os dados da década de 40 e 50, já pudemos encontrar um grande crescimento urbano, o município de Americana, por exemplo, cresceu 1.304% nesse período. Contudo, é sem dúvida a partir das décadas de 60 e 70 que o crescimento urbano mais se intensifica.

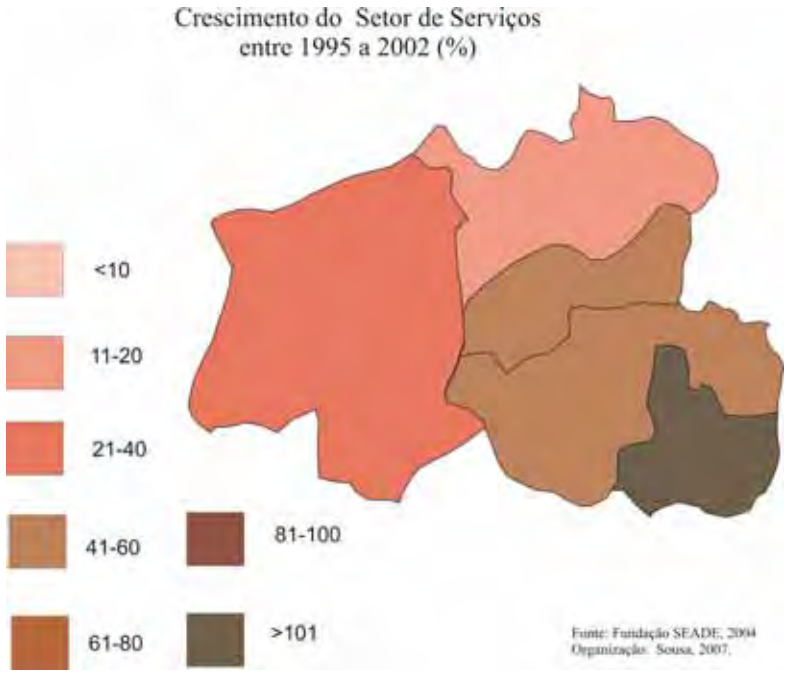
Gráfico 1



Fonte: Fundação SEADE, 2006. Adaptado por Sousa. 2006.

É certo que as taxas de crescimento sofreram uma redução significativa frente às altíssimas taxas verificadas nas décadas de 70 e 80. Todavia se separarmos as cidades de Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Nova Odessa, Sumaré e Hortolândia (nossa área de estudo) é fácil constatar o fato de que ainda hoje elas vivenciam taxas de crescimento superiores a média regional.

Ilustração 7



Durante a década de 70, vários municípios da região de Campinas tiveram um grande crescimento de suas áreas urbanas, gerando uma elevada taxa de conurbação espacial, principalmente no eixo da Via Anhanguera.

Fruto do processo de desconcentração industrial da metrópole paulista, a cidade de Campinas já sentia os problemas do inchasso provocado pelos novos fluxos migratórios. Assim, no começo da década de 80, Campinas iniciou uma dinâmica de redistribuição da população de baixa renda, que passou a trocar a cidade pelas do seu entorno devido ao aumento do valor agregado ao uso do solo urbano e a presença de industrialização e equipamentos de suporte social nestes municípios. Este movimento intra-regional chegou a representar mais de 30% em Santa Bárbara D'Oeste e Nova Odessa e criou um corredor que vai de Campinas a Santa Bárbara D'Oeste, muito marcado pelos movimentos pendulares de sua população. Nesse período, Santa Bárbara D'Oeste que tinha um crescimento de 3,2% ao ano, passou a uma taxa de 9,5% ao ano.

Esta mudança populacional que sofreu a cidade Santa Bárbara D'Oeste impactou em sérias mudanças espaciais, entre elas, o déficit habitacional e a especulação imobiliária., o que tornava inviável certas áreas também na nova cidade para a população de baixa renda que persistia na migração.

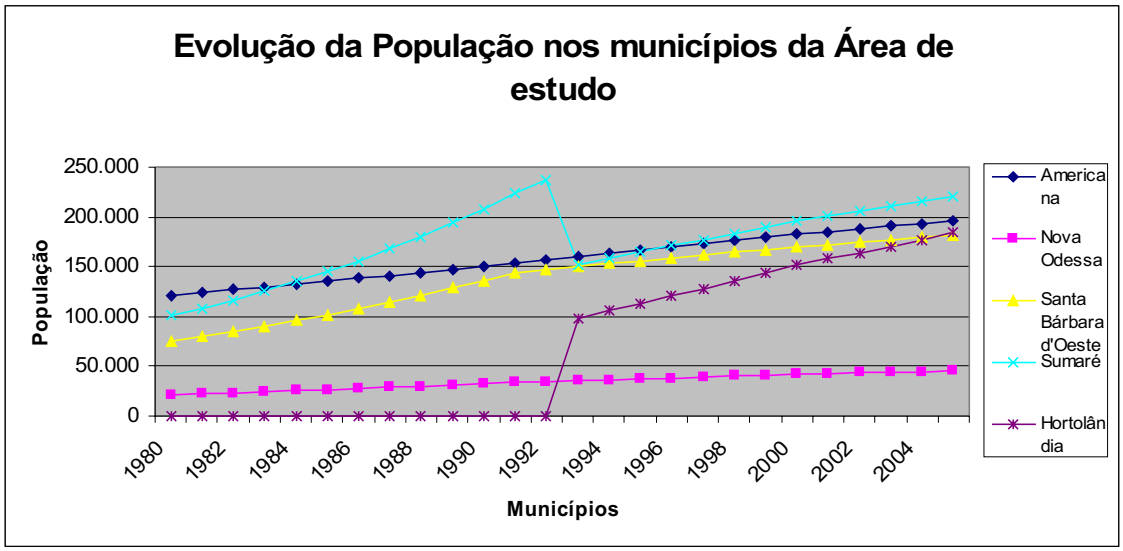
Americana, por sua vez, como município a frente da região, recriou sua própria periferia ao "expulsar" a população para seus municípios vizinhos. Nas trocas de população intra-regionais, Americana registrou um elevado saldo negativo, redistribuindo sua periferia por Nova Odessa e Santa Bárbara D'Oeste. Esta dinâmica resultou na expansão da cidade de Americana em relação municípios circunvizinhos, principalmente em relação à Santa Bárbara D'Oeste; o que só intensificava o movimento pendular com esses municípios. Segundo trabalho de Baeninger, 1996, Americana se torna o local de trabalho e estudo da microrregião, recebendo 90% de movimento pendular proveniente de Santa Bárbara D'Oeste e 52% proveniente de Nova Odessa. Assim, Americana, Nova Odessa e Santa Bárbara D'Oeste se tornaram cada vez mais ligados pelas suas periferias; além de formarem juntas uma única estrutura viária; onde o transporte coletivo flui pelos 3 municípios como se compusessem uma única grande cidade.

A partir deste pressuposto, podemos afirmar que o movimento pendular é um dos fenômenos mais importantes dessa região, pois nele se integra o mercado de trabalho e a expansão da mancha urbana desses municípios. Contudo, a migração que num primeiro momento trouxe dinamismo para essa região agora representava um sério problema social, principalmente no que se refere à política habitacional.

Este fato fez com que a maioria dos loteamentos abertos em Nova Odessa e Santa Bárbara D'Oeste após a década de 70 fosse voltado para abrigar a população migrante. O que culminou no encrudecimento dos planos diretores desses municípios

que adotaram a política de não permitir mais novos loteamentos. Entre 1987 e 1996 foram abertos mais de cem loteamentos em Santa Bárbara D'Oeste, o que de certa maneira acabava incentivando os fluxos migratórios a irem para lá. Se resguardando, o direito das prefeituras de abrirem loteamentos populares e habitações de interesse social, regulando o uso do solo urbano

Gráfico 2



Fonte: Fundação SEADE, 2006. Adaptado por Sousa. 2006.

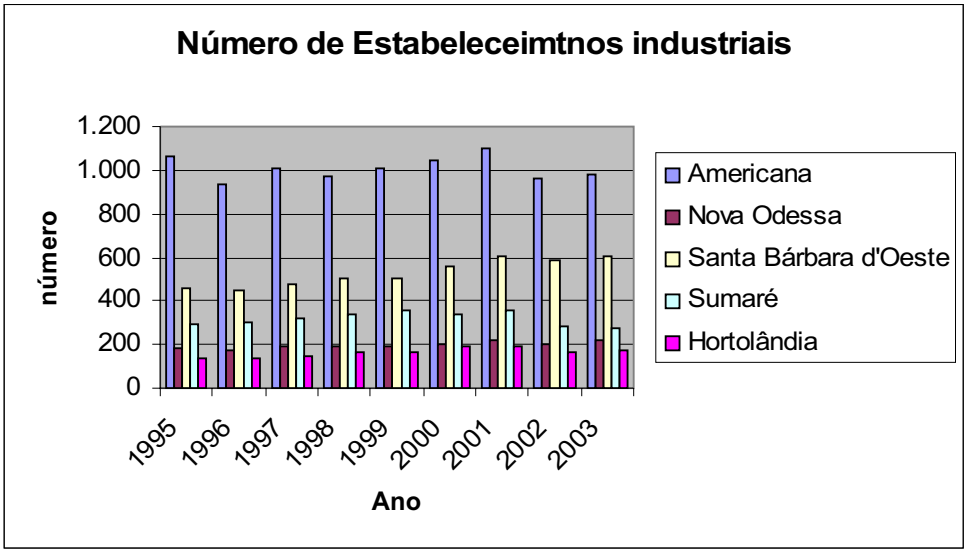
O mesmo pode ser constatado quanto à expansão do parque da região, esta se encontra hoje de maneira significativa, estando na média ou acima da média do estado de São Paulo. Essa atração de investimentos novos nesta região é hoje reforçada pela criação da RMC (Região Metropolitana de Campinas), no início da década de 2000; fato que faz com que os investidores encontrem ali inúmeros indicadores favoráveis para os seus investimentos.

Outro fato importante foi o a formalização da criação do Pólo Têxtil de Americana pelo Governo do Estado de São Paulo, em 2003. Esta formalização se deu para criá-la incentivos para as atividades de pesquisa científica e tecnológica, relacionadas ao setor, e, envolvendo as cerca de 700 indústrias de fiação, tecelagem,

tinturarias e estamparia presentes nos municípios de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara, Sumaré e Hortolândia.

O Pólo Têxtil de Americana, é hoje, considerado o maior pólo têxtil de tecidos planos de fibras artificiais e sintéticas da América Latina, sendo responsável por 85% da produção nacional deste tipo de material, e possuindo aproximadamente 2.500 confecções.

Gráfico 3



Fonte: Fundação SEADE, 2006. Adaptado por Sousa. 2006.

Assim, podemos afirmar que as cidades do Pólo Têxtil de Americana apresentam hoje um forte parque industrial com destaque para a indústria têxtil e indústrias relacionadas (químicas); que por um lado demanda consideravelmente dois insumos escassos que são água e energia elétrica, e por outro lado é grande empregadora de mão de obra direta e propicia indiretamente a geração local de rendas e outros postos de emprego.

A ocupação da microrregião Americana é marcada pela rapidez e intensidade da sua expansão. Devido a essa característica, nesse capítulo, nós analisaremos a evolução da ocupação do solo das cidades de Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara D'Oeste, Sumaré e Hortolândia, de modo a comprovar a tese de que as mudanças no uso do solo

urbano e rural ocasionaram mudanças microclimáticas nesses municípios, com ênfase no fenômeno das ilhas de calor.

3.1 Análise da Evolução da mancha urbana através de imagens de satélite

Nesse trabalho foram analisadas imagens registradas pelo satélite Landsat desde 1973 como sensor MSS (Multiespectral Scanner), com resolução de 80 metros (6.400 m²). Na década de 80, com o início da bem sucedida série de imagens captadas pelo sensor TM (Thematic Mapper) a resolução das imagens Landsat aumentou para 30 metros (900m²).

O Landsat observa a área a cada 16 dias a uma altitude de 705 km, mas a cobertura de nuvens dificulta a visualização durante parte do ano. Uma imagem inteira do satélite representa 185 X 185 Km², sendo que cada quadrante abrange 92 X 92 KM².

Para a aplicação na evolução das áreas urbanas a resolução espacial é o ponto mais marcante, permitindo a realização de uma interpretação visual da evolução das manchas urbanas, permitindo também visualizar alterações na paisagem em função do desmatamento e da transformação de grandes áreas antes rurais em regiões periféricas. Nesse pensamento, foram analisadas as imagens de satélite de 13/07/1973; 12/08/1988; 21/04/2000; 30/04/2000; 10/03/2002. A imagem de 09/05/1982 apresentou nuvens atrapalhando um pouco a interpretação da mancha urbana.

O objetivo inicial foi mapear a área urbana dos municípios de Nova Odessa, Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Sumaré e Hortolândia através de interpretação visual de produtos Landsat. Como primeira análise, foram empregadas composições coloridas, uma vez que o olho humano tem mais facilidade em diferenciar cores do que níveis de cinza, de modo, a separar as áreas urbanas do seu entorno. As composições

coloridas (composição RGB) resultam da combinação de bandas espectrais associadas (cada uma) as cores primárias (blue -azul, green -verde e red - vermelha). No caso dos produtos Landsat TM é possível fazer uma série de composições combinando com quaisquer da três bandas espectrais. Como resultado se tem uma cor secundária (magenta, siã ou amarela, dependendo o alvo a ser analisado). Para tal utilizou-se o software IDRISI 32, no módulo COMPOSITE, gerando um produto de 24 bit TIF.

Sendo nosso alvo as áreas urbanas, essas apresentaram para as composições RGB as seguintes cores:

- Imagem Landsat 1 MSS (1973) – cinza claro
- Imagem Landsat 3 MSS (1982) – verde-amarelado
- Imagem Landsat 7 ETM+ (2000) – rosa
- Imagem Landsat 7 ETM+ (2002) – rosa

Para complementar a análise realizada com as composições coloridas buscou-se comparar seus resultados com os obtidos das mesmas imagens, porém, na faixa espectral do verde (0,63 – 0,69μm), pois estas são as mais utilizadas para delimitar manchas urbanas. Essas imagens apresentaram níveis de cinza bem claros para representar as áreas urbanizadas.

Imagem 1

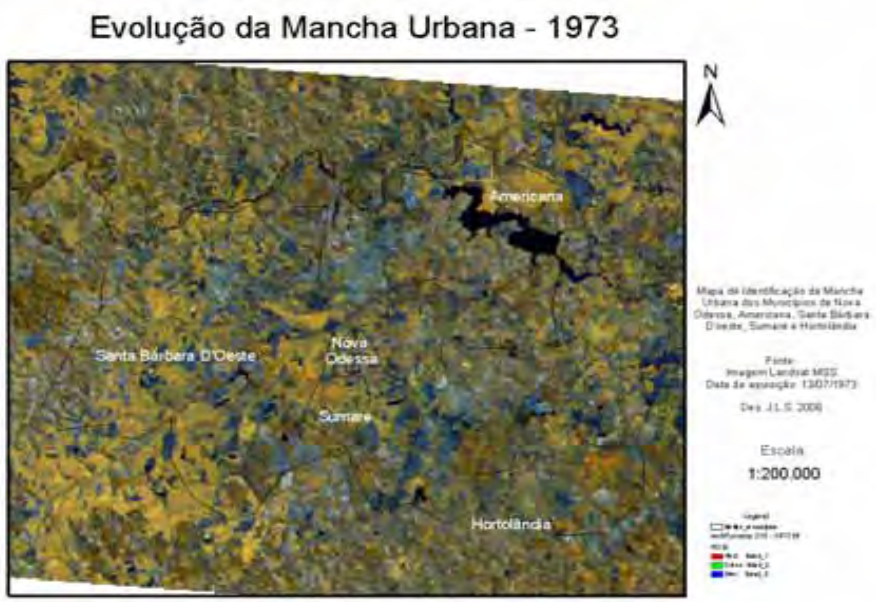
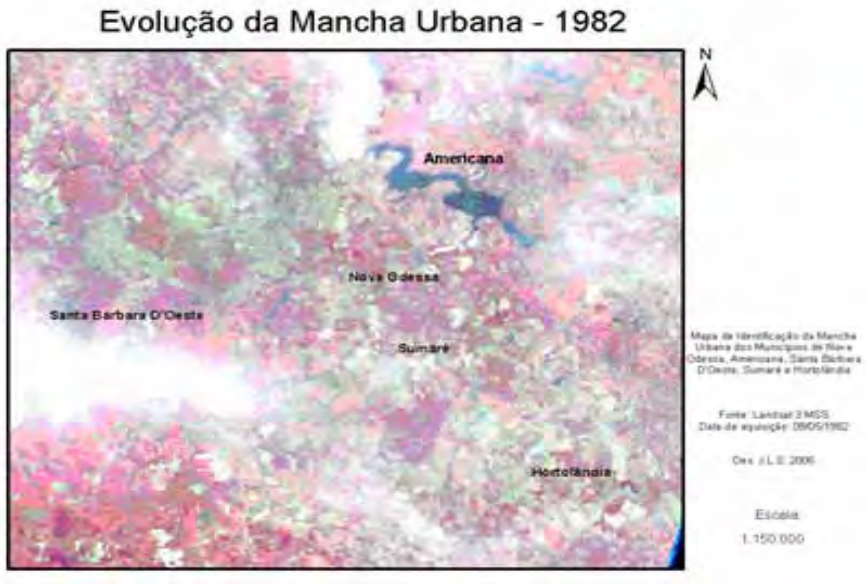


Imagem 2



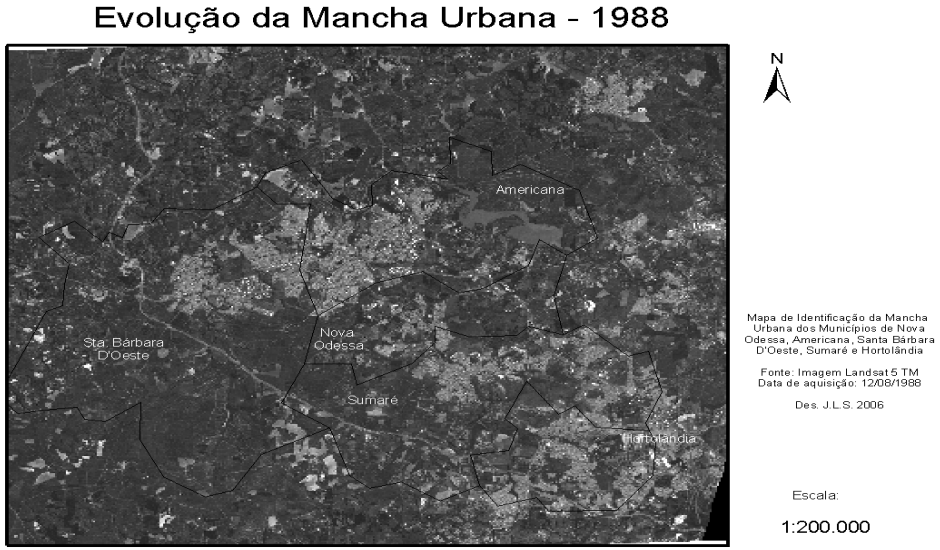


Imagem 3

Imagem 4

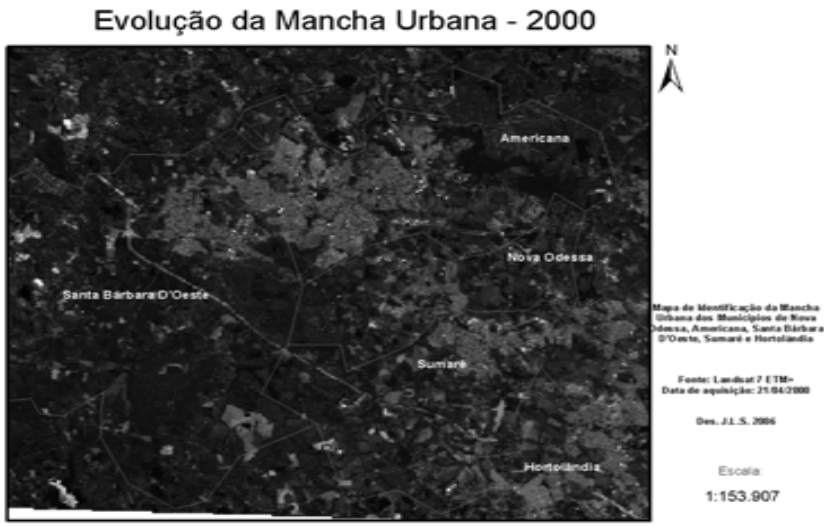


Imagem 5

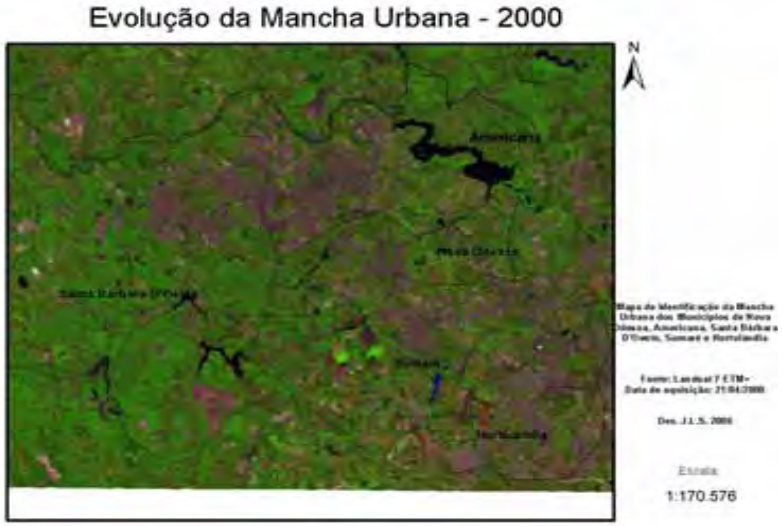
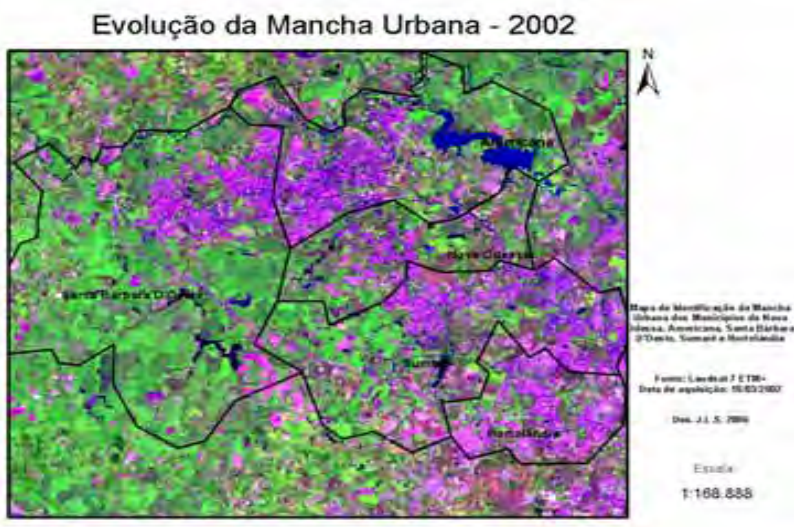


Imagem 6



Imagem 7



A imagem de 1973 é a primeira da série temporal sobre a ocupação urbana da área de estudo por ser nesse período (década de 70) que de fato se iniciou a revolução urbana dessas cidades. Nas primeiras décadas do século XX, o crescimento urbano das cidades de Americana e Nova Odessa estiveram muito relacionados as barreiras físicas (a linha férrea e o ribeirão Quilombo, sobretudo), transpondo esses limites naturais apenas em meados da década de 50, época da construção do viaduto Amadeu Elias (sobre o ribeirão Quilombo, em Americana) e das rodovias Anhanguera e Luiz de Queiroz e do início dos fluxos migratórios. Sumaré, assim como o então distrito de Hortolândia, também apresentavam uma ocupação rarefeita até 1960, época caracterizada pela expansão da ocupação ao longo dos principais eixos viários, em função da instalação de indústrias e das migrações vindas, primeiramente de Campinas, estimulada pelo aumento do valor do uso do solo. Na década de 70, com a intensificação do crescimento industrial iniciou-se um vertiginoso aumento das manchas urbanas pressionando esses municípios a conurbação (o que já pode ser analisado na imagem de 1973 entre os municípios de Americana, Nova Odessa e Santa Bárbara D'Oeste).

Durante a década de 70, a especulação imobiliária e a falta de instrumentos de controle da ocupação do solo fez com que as cidades da microrregião de Americana excedem-se seus limites, inclusive perimetrais. Como resultado disso, podemos apontar:

- Americana: conurbação com Santa Bárbara D'Oeste e Nova Odessa.
- Nova Odessa: expansão da mancha urbana em várias direções, ocupando em ritmo mais acelerado os eixos ao longo doas acessos para Americana e Sumaré.
- Santa Bárbara D'Oeste: explosão e loteamentos frutos da especulação imobiliária, dirigindo a expansão para porção leste, transpondo o ribeirão dos

Toledos até encontrar os limites do perímetro urbano; surgindo ali, os primeiros núcleos de favelas.

- Sumaré: crescimento nos três distritos que formam o município abrangendo áreas vazias existentes entre Nova Veneza e Campinas ao longo da via Anhanguera (Bairro Matão) e entre Hortolândia e Campinas.

A imagem do início da década de 80 (1982) teve sua análise prejudicada pela cobertura de nuvens, contudo é perceptível a expansão da mancha urbana (em verde) em relação ao quadro visualizado em 1973 de início do processo de conurbação da região.

Devido a total falta de planejamento em que se deu a expansão na década de 70, as cidades se viram obrigadas a redigirem políticas de controle do uso do solo urbano para conter o crescimento. A prova disso é a cidade de Americana, que teve o seu primeiro Plano Diretor elaborado em 1970 (exigência da Constituição de 1969 para os municípios de mais de 20 mil habitantes), com legislações pertinentes ao parcelamento, ocupação e uso do solo. Fato esse, que de certa maneira controlou a expansão da mesma na década de 70 e seguintes. Seguindo o exemplo, Nova Odessa em 1975 institucionalizou o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado, que limitava a expansão urbana ao definir a maioria das glebas ou como zona de turismo e recreação (TR) ou como distrito industrial (foram criados sete distritos). A conurbação com Americana, por sua vez, foi limitada com criação do Instituto de Zootecnia da Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento que ocupa área de 8.898 ha. Em Sumaré também, a mancha urbano diminuiu o ritmo de crescimento na década de 80, contudo parcelas significativas de áreas vazias são incorporadas, principalmente ao longo da via Anhanguera e em direção a Nova Odessa, incorporando as glebas ao longo da SMR – 304 via que liga Sumaré, Nova Odessa, Americana e Piracicaba.Há expansão também em Hortolândia em direção a divisa com Monte Mor e Campinas ao longo da rodovia

SMR – 352 (estrada de acesso de Hortolândia a SP – 101) alcançando a Rodovia SP – 101 (Campinas – Monte Mor) formando o Jardim Amanda (uma série de bairros que se multiplicaram até alcançar o limite municipal).

Graças às políticas de parcelamento e uso do solo dessa região podemos dizer que a expansão da mancha urbana se manteve controlada entre a década de 80 e os dias atuais; fato esse que pode ser verificado ao compararmos as imagens de 1988, 2000 e 2002. As mudanças no padrão do uso do solo nesse período se deram de maneira intra-urbana para todos os municípios, ocupando glebas devolutas presentes ali , mantendo as taxas de urbanização constantes, visto que essa já atingiram a quase totalidade dos perímetros urbanos (Hortolândia já se emancipou de Sumaré em 1991, com 100% da área do município urbanizada).

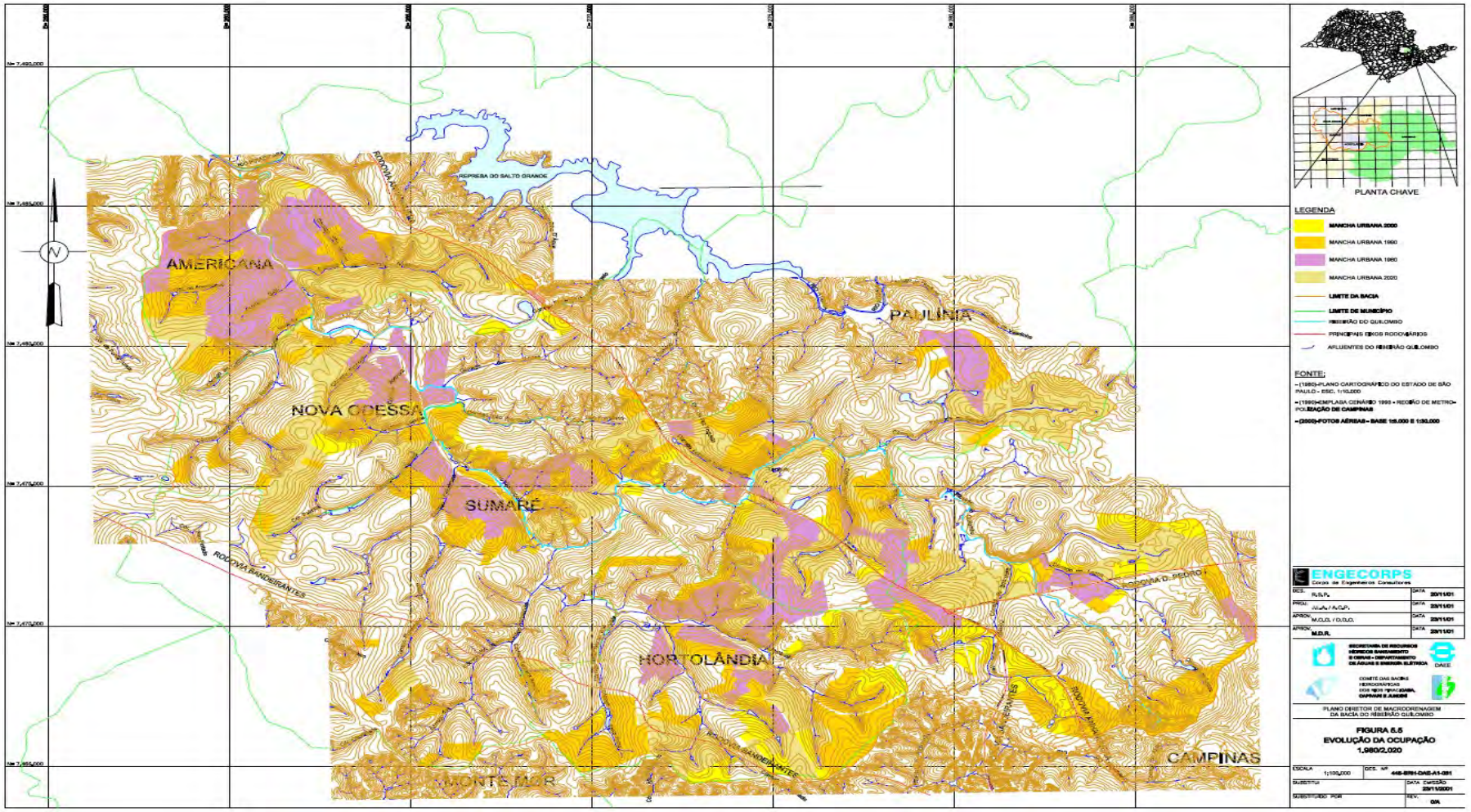


Ilustração 8
Evolução do Uso do Solo em Americana, Nova Odessa, Sumaré e Hortolândia (em rosa a área ocupada em 1980, em amarelo escuro a ocupada em 1991, amarelo claro em 2001 e em camurça a projeção de ocupação para 2010). Fonte: DAEE, 2002**.**

Expectativas de Mudanças no uso do solo para os próximos anos

A análise temporal do uso do solo doa municípios da microrregião de Americana permite indicar que o quadro atual da estrutura urbana dessa região foi consolidado entre as décadas de 60 e início da década de 80. A expansão caótica e fragmentária permanece até hoje, graças à especulação imobiliária, contudo não repete a intensidade das décadas anteriores graças às políticas públicas de controle da expansão.

Figura 11



Estudo mostra caos urbano na RMC em 2015

Levantamento do governo aponta falta de lotes para construção de casas e problemas de transporte

Vencesleu Bortina Filho
Região

RMC

EIXOS DA RMC

Cenário aponta empregos

Fonte: Jornal TODODIA, 21/09/2006. Org. por Sousa, 2007.

O município de Americana além das áreas vazias existentes dentro do perímetro urbano, só conta com uma única área significativa de expansão urbana, a chamada Área Pós-represa de Salto Grande. Esta área é a única área estritamente rural do município (ocupa 20,5% do território) e vem sendo objetivo de um plano diretor especial que

regule sua futura ocupação nas próximas décadas. Podemos dizer que o município continua crescendo, pois, segundo números da prefeitura municipal, em 2000 foram concedidos 3.196 alvarás, o que corresponde a 401,2 mil m² de construção civil. A quantidade áreas verdes tem diminuído muito ao longo dos anos o que fez este ponto ser prioritário nas análises do novo Plano Diretor:

Figura 12



PLANO DIRETOR

Discussões deixam lacuna, diz engenheiro

Fernanda Moraes
Americana

O PDDI (Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado) de Americana, que está em fase de elaboração da política do desenvolvimento e ordenamento da expansão urbana do município, recebeu críticas de especialistas durante as audiências públicas que formaram as câmaras temáticas para tratar dos temas como saneamento, uso do solo, meio ambiente, infra-estrutura urbana e levantamento de dados. Segundo o engenheiro e representante da Associação dos Engenheiros de Americana, Danilo Luchiari, as discussões que envolveram o meio ambiente deixaram lacunas para a elaboração do documento final. "Acredito que este Plano Diretor poderia apresentar mais ferramentas na questão que envolve o meio ambiente. O que presenciei nas audiências realizadas é que o Poder Público está simplesmente propondo cumprir o que manda a lei. Acredito que deveriam criar ações de preservação, recuperação e manutenção desses espaços, que vai definir a qualidade de vida das futuras gerações de Americana", explicou.

Segundo Luchiari, o documento elaborado pelos representantes não cita números e percentuais de ocupação de cada área do município. "Estamos na fase do diagnóstico do problema e, antes que este documento se torne oficial, é necessário informar, em detalhes, o que será feito em nossa cidade. Esse documento é muito importante e precisamos saber se teremos uma Americana arborizada e com áreas verdes ou uma cidade totalmente urbanizada", argumentou.

Segundo a responsável pelo PDDI, Cidinha Martins, da Secretaria de Planejamento, existe um diagnóstico detalhado sobre as áreas verdes e quais as atuações que receberão nos próximos dez anos. "Não apresentamos números durante as audiências públicas porque a população deixaria de participar dos debates", disse. Segundo Cidinha, as ações de meio ambiente foram mapeadas por áreas da cidade. "Atualmente, Americana possui seis metros quadrados de área verde por habitante. Com a implantação dos parques previstos (Ipês, Balneário Riviera, Gruta Dainese e Hercule Giordano) e com o trabalho de recuperação de mata ciliar e arborização urbana, iremos atingir 13 metros quadrados de área verde por habitante, sendo que o preconizado é de 12 metros quadrados", concluiu.

O Plano Diretor é uma lei municipal obrigatória. O Ministério das Cidades estipulou que todos os municípios brasileiros criem diretrizes para a ocupação das cidades. Todos os municípios com mais de 20 mil habitantes têm até outubro deste ano para elaborar ou rever o Plano Diretor. Os prefeitos que não providenciarem irão incorrer em improbidade administrativa.

Prefeitura garante que projetos garantirão arborização de Americana superior a média preconizada

Fonte: Jornal TODODIA, 25/06/06. Org. por Sousa, 2007.

Quanto ao município de Hortolândia, podemos afirmar que graças a concentração dos loteamentos ao longo das vias expressas e do núcleo urbano inicial no passado sem um planejamento, o que provocou uma série de loteamentos dispersos, hoje o quadro urbano da cidade é de uma exagerada mancha urbana que ocupa de 70 a 80% do seu território. Isso faz com que Hortolândia conte com loteamentos

pulverizados por toda a extensão do seu município, só havendo maior concentração urbana na área conurbada com o município de Campinas.

Figura 13



PAVIMENTAÇÃO

BNDES avalia requerimento de financiamento

Técnicos do órgão estarão amanhã em Hortolândia para visitarem ruas que a prefeitura quer asfaltar

Claudete Campos
Hortolândia

Técnicos do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) estarão em Hortolândia amanhã para avaliar as ruas que precisam de asfalto, como forma de analisar o pedido de financiamento de R$ 20 milhões feito pela prefeitura para asfaltar corredores de ônibus de nove bairros. Segundo a assessoria de imprensa, os recursos foram solicitados pelo secretário de Obras e Serviços Urbanos, Carlos Roberto Prazeres Júnior.

A meta da administração Ângelo Perugini (PT) é asfaltar 100% da cidade até o encerramento de seu mandato, em 2008.

O banco é um órgão ligado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. O Pró-Mob (Programa de Infra-estrutura para a Mobilidade Urbana) permite financiar intervenções viárias para melhorar a mobilidade urbana através da implementação de projetos de pavimentação e infra-estrutura para o transporte coletivo. Atende cidades com mais de 100 mil habitantes.

VISITAS

O secretário informou, através da assessoria de imprensa, que a comissão técnica visitará ruas dos bairros Jardim Boa Vista, Sofia, Chácara Lacerda, Nova Europa, Nova América, Chácaras Recreio Alvorada, Orestes Ôngaro, Jardim Boa Esperança e Recanto do Sol. A pavimentação faz parte do projeto de reestruturação do transporte coletivo urbano.

Estas vias vão interligar os bairros ao Corredor Metropolitano Noroeste e alimentar o sistema. O corredor, que passará pelas avenidas da Emancipação e Olívio Franceschini, prevê a implantação de dois terminais de ônibus, duas estações de transferência e 20 abrigos em Hortolândia.

CAOS

O **TodoDia** publicou reportagens nos passado mostrando o caos na área de transporte, com reclamação de moradores sobre a irregularidade da passagem dos ônibus coletivos, falta de interligação entre os bairros e as condições precárias das vias.

Jornal TODODIA, 25/06/2006. Org. por Sousa, 2007.

Isso faz com que o município seja extremamente carente de infra-estrutura, onde somente 45% das ruas são pavimentadas e apenas 80% das casas recebem água (com interrupções no abastecimento).

Figura 14



HORTOLÂNDIA

Falta de esgoto, área de lazer e médicos afeta o Jardim Amanda

De Redação
Hortolândia

O Jardim Amanda, em Hortolândia, é um dos maiores bairros da Região. São 9.297 lotes, onde vivem cerca de 40 mil pessoas, de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), população maior do que a da cidade de Jaguariúna, que tem 32 mil habitantes. Mas um grande bairro tem grandes problemas e mesmo gostando de morar no local, os habitantes do Amanda reclamam do descaso e das dificuldades enfrentadas no dia-a-dia.

O bairro inicialmente pertencia a Sumaré. "As primeiras casas foram construídas há cerca de 18 anos", conta o líder comunitário Itamar Moraes dos Santos, membro do Conselho Municipal de Saúde, que mora no bairro há 12 anos.

A maior parte do bairro não tem asfalto e, quando chove, a lama faz com que os carros atolem. A prefeitura trabalha para regularizar a situação da pavimentação asfáltica, obra que deve custar R$ 5 milhões, e será totalmente paga pela prefeitura. A dona de casa Rosália Gonçalves de Oliveira vive em uma parte do bairro onde não há asfalto e aponta este como um dos maiores problemas da comunidade do Jardim Amanda. "A gente tem esperança que o asfalto venha para este lado", afirma ela.

Rosália vive próximo à uma lagoa que corta o bairro. Segundo ela, o local sempre foi abandonado e recebia o esgoto das casas da vizinhança. A atual administração pretende urbanizar a área e transformá-la em um Parque Ecológico. "Será muito bom pois as crianças vão ter um lugar para brincar", diz a dona de casa. A área de lazer é uma das obras mais aguardadas, em especial pelos jovens, que hoje contam com um campinho de areia, tomado pelo mato, para jogar bola. "Eu adoro skate e dizem que vai ter uma pista", diz o jovem Josimar Santos Gomes, 19.

A falta de uma rede de esgoto também incomoda os moradores. O sistema utilizado no bairro ainda é o de fossa. Em boa parte das ruas sem asfalto, o esgoto corre a céu aberto. "Quando chove tem uma bruta, que a gente precisa varrer elas para fora do bar", diz Gomes, que trabalha no bar do irmão. O gerente regional da Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), Ladrelo Andrade dos Santos, diz que há uma rede coletora pronta no bairro. A Sabesp está ligando as residências à rede, desde o dia 10 de abril, dando início a coleta de esgoto na cidade. "Começamos pelo Amanda porque é uma exigência da prefeitura, já que o bairro é prioridade para a administração", afirma Santos.

A qualidade do ensino é outro problema apontado pelos moradores. "Falta professor e os alunos fazem o que querem", diz o comerciante José Fernandes Luiz Gonçalves. No bairro há três Emefs (Escolas Municipais de Ensino Fundamental) e quatro Emeis (Escolas Municipais de Ensino Infantil).

A questão mais grave porém, é a Saúde. Os moradores reclamam da falta de médicos e da demora no atendimento feito nas unidades de Saúde do Amanda, que conta com um PSF (Posto de Saúde da Família), Centro de Saúde e Pronto Atendimento. Itamar Moraes dos Santos, que é conselheiro municipal de Saúde, diz que a falta de médicos se deve principalmente aos baixos salários e que o SUS (Sistema Único de Saúde) não funciona como deveria. "O povo não tem acesso a exames e consultas. Falta humanização no atendimento", diz.

Em relação à violência, o delegado do 2º Distrito Policial de Hortolândia, José Leandro Moreira Falkins, que fica no bairro, diz que a criminalidade no local é grande mas o índice de crimes violentos é pequeno. "Os delitos mais comuns são furtos e roubos de carro", afirma o delegado, que também chama atenção para o número de mortes registradas. "Mataram cinco em toda a Região no primeiro trimestre deste ano", afirma ele. O comerciante Gonçalves garante que o local é calmo. "Tem morte, mas dos traficantes, que vivem se drogando. Quem anda direito tem sossego por aqui", diz. "Pelo menos do meu lado, a gente não fica sabendo de assalto em casa não", diz o de-

Fonte: Jornal TODODIA, 04/06/2006. Org. por Sousa, 2007.

Há ainda muitas áreas que possam ser ocupadas por novos loteamentos, contudo as novas ocupações tem sido em caráter irregular, gerando favelas e loteamentos irregulares sem qualquer acesso a infra-estrutura (o que já é precário no município). O que faz com que novos empreendimentos voltados para populações de maior poder

aquisitivo sejam de grande interesse das empresas do ramo imobiliário que atuam na região, surgindo assim na cidade, condomínios fechados voltados as populações de classe média e média alta.

Figura 15



EMPREENDIMENTO

Hortolândia tem condomínio fechado

Green Park priorizará segurança e lazer; em quatro meses, 45% dos lotes já foram comercializados

ENTO GREEN PARK: *compradores de toda a região em busca de mais qualidade de vida*

Uma das cidades da região que mais cresce, Hortolândia está ganhando mais um loteamento fechado para atender a classe média alta. Trata-se do loteamento fechado Green Park, situado na Avenida da Emancipação, 3.770, nas proximidades do prédio da prefeitura e do Hospital e Maternidade "Governador Mário Covas". Em quatro meses de venda, 45% dos lotes já foram comercializados. O diferencial do loteamento é a seformou que o loteamento fechado terá um muro de 2,80 metros com cerca elétrica e portaria blindada que funcionará 24 horas. Para garantir maior segurança aos moradores, sistemas de câmeras espalhadas pelo loteamento vão gerar imagens em circuito fechado, que poderão ser conferidas via Internet em tempo real.

O empreendimento tem 411 lotes com o mínimo de 364 metros quadrados (14m x 26m), gundo Oliveira, a infra-estrutura está praticamente concluída, faltando apenas ligar a água e a energia elétrica.

O loteamento também tem área de lazer, que está em fase de conclusão. No local estão sendo construídos *playground*, salão de festas, campo de futebol *society*, quadras poliesportiva, de vôlei e de tênis. No bosque existente na área serão abertas trilhas para fazer caminhada.

O coordenador de vendas disse que do total de compradores, 70% moram em Hortolândia, 20% em Campinas e 10% em outros municípios da Região. O empreendimento é do Grupo Santa Paula, de Ourinhos (SP), que atua em 35 cidades dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Goiás. Uma parte da área foi adquirida pela empresa e a outra parte será executada em parceria com o proprietário da terra.

O público atendido pelo projeto habitacional é a classe média alta, com vencimentos a partir de R$ 5 mil. Os lotes custam a partir de R$ 50.450. O valor pode ser dividido em uma entrada de 15% e o restante pode ser financiado diretamente com a empresa em até 72 meses. Segundo o coordenador de vendas, a maioria parcela o débito em 24 e 36 meses. A localização do loteamento é considerada estratégica, pois fica nas proximidades da principal entrada da cidade.

PESQUISA

A empresa fez uma pesquisa na cidade, comprovando a carência de empreendimentos deste tipo. Oliveira comenta que a cidade está se desenvolvendo bastante. A demanda é tão grande que o grupo também aguarda a aprovação de um outro empreendimento na cidade

Fonte: Jornal TODODIA, 25/09/2005. Org. por Sousa, 2007.

O município de Nova Odessa mantém sua configuração espacial marcada pela horizontalidade, com verticalização ainda incipiente e restrita a área central. O padrão das construções continua mantendo uma homogeneidade, não sendo visíveis contrastas nas tipologias construtivas; assim como não são facilmente identificáveis bairros de alto ou baixo padrão, assim como habitações irregulares.

Existem grandes áreas de vazios urbanos localizados próximos à área central, o que tem ocasionado um crescimento recente da cidade, com a criação de um novo plano Diretor que permitiu a abertura de loteamentos nessas áreas vazias, antes zoneadas como rurais. Atualmente, existem vários projetos de lei alterando o zoneamento.

Figura 16



Desenvolvimento e Expansão dos Distritos Industriais

Comissão já tem quatro projetos para analisar no segundo semestre

Marineuza Lira
marineuzalira@jno.com.br

O assessor do Setor de Indústria, Comércio e Abastecimento da Prefeitura, Dimas Starnini, comentou que falta apenas a indicação do representante da Câmara para compor a Comissão Municipal para o Desenvolvimento da Expansão dos Distritos Industrias, para que os trabalhos sejam iniciados.

A Comissão é composta por representante da Assessoria de Indústria, Comércio e Abastecimento, do Setor de Obras, da ACE (Associação Comercial e Empresarial de Nova Odessa), da Câmara Municipal e da Coordenadoria de Meio Ambiente e Urbanismo.

Estas pessoas serão responsáveis por analisar todos os projetos referentes a mudanças de zoneamento, isenções, projetos e outros assuntos. "Falta a indicação urgente da Câmara", frisou Starnini.

Segundo ele, esta comissão deve analisar neste segundo semestre a nova lei de incentivos fiscais para loteamentos industriais e condomínios industriais utilizados para uso múltiplo. Tem o projeto que muda o zoneamento do Jardim Conceição de residencial para misto. Há um outro que altera a zona residencial para industrial, será ampliado e acertar de zoneamento residencial para misto onde está localizado o Supermercado Pague Menos. Também tem o projeto que trata da mudança de zona de turismo e recreação nas margens da Rodovia Anhanguera. Estes projetos devem ser encaminhados para a Câmara em agosto. A assessoria de imprensa da Câmara informou que a Casa não tinha sido comunicada oficialmente sobre o assunto. De acordo com o assessor, o Jurídico da Prefeitura informou que o documento deve ser protocolado na Câmara hoje. Somente depois disso é que a direção vai estudar o nome da pessoa a ser indicada.

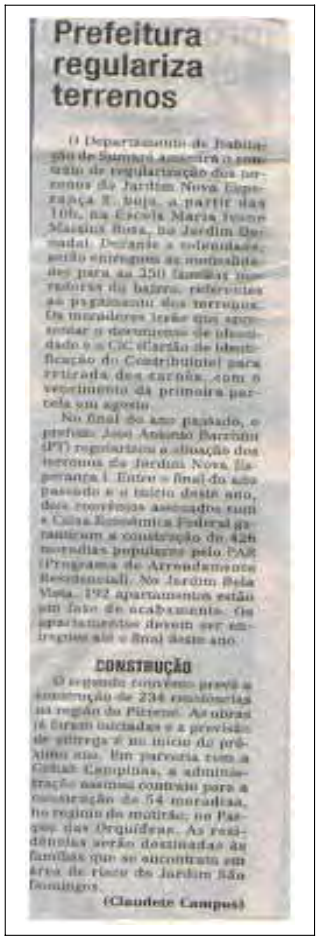
Fonte: Jornal TODODIA, 04/08/05. Org. por Sousa, 2007.

A cidade de Santa Bárbara D'Oeste tem apresentando-se, segundo a própria prefeitura, como um município dual: aquela que gira em torno do centro antigo e outra, conurbada e extremamente articulada ao município de Americana. Como resultado dessa fragmentação, as áreas periféricas ficam desarticuladas entre si e não usufruem oferta de equipamentos e serviços urbanos adequados (CAIADO, 2001). A fragmentação e a desintegração do território da cidade faz com que o número de lotes vagos na cidade ainda seja muito grande, o que gera um grande potencial de crescimento nos próximos anos.

Sumaré apresenta uma maior densidade populacional no município sede e no núcleo central do distrito de Nova Veneza. O município conta com 70% do seu

território de áreas parceladas e não ocupadas, sem contabilizar as grandes glebas ainda não parceladas que contribuem para a desintegração do espaço urbano municipal.

Figura 17



Prefeitura regulariza terrenos

O Departamento de Habitação de Sumaré assinará o convênio de regularização dos terrenos do Jardim Nova Esperança E, hoje, a partir das 10h, na Escola Maria Ivone Martins Rosa, no Jardim Bernadal. Durante a solenidade, serão entregues as matrículas das para as 250 famílias moradoras do bairro, referentes ao pagamento dos terrenos. Os moradores terão que apresentar o documento de identidade e o CIC (Cartão de Identificação do Contribuinte) para retirada das cartas, com o vencimento da primeira parcela em agosto.

No final do ano passado, o prefeito João Antonio Barroso (PT) regularizou a situação dos terrenos do Jardim Nova Esperança I. Entre o final do ano passado e o início deste ano, dez convênios assinados com a Caixa Econômica Federal garantiram a construção de 426 moradias populares pelo PAR (Programa de Arrendamento Residencial). No Jardim Bela Vista, 192 apartamentos estão em fase de acabamento. Os apartamentos devem ser entregues até o final deste ano.

CONSTRUÇÃO

O segundo convênio prevê a construção de 234 residências na região do Pitoresco. As obras já foram iniciadas e a previsão de entrega é no início de próximo ano. Em parceria com a Cohab Campinas, a administração assinou contrato para a construção de 54 moradias, no regime de mutirão, no Parque das Orquídeas. As residências serão destinadas às famílias que se encontram em área de risco do Jardim São Domingos.

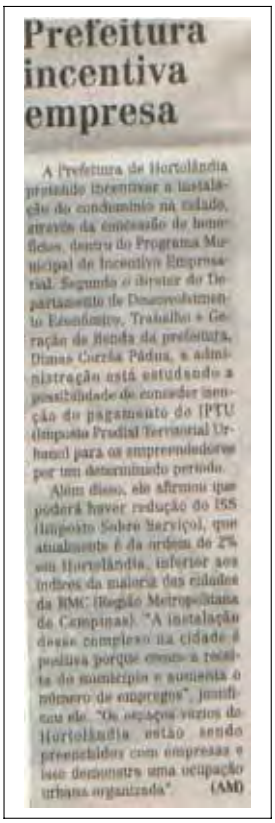
(Claudete Campos)

Fonte: Jornal TODODIA, 25/06/06. Org. por Sousa, 2007.

O município de Sumaré conta com alguns loteamentos aprovados no início dos anos 80 e que ainda permanecem totalmente vazios. Segundo Negreiros e Teixeira (2002, p.174) “a venda dos lotes iniciou-se em 1998, como o Parque Residencial Campo belo, localizado no distrito sede, atualmente com 50% dos lotes vendidos, e os loteamentos Parque Progresso I e II, localizados no bairro Matão em Nova Veneza que só agora começa a ser vendido”.

A partir dessas conclusões a cerca de cada município pode-se afirmar que o quadro das expectativas de mudanças no uso do solo na microrregião de Americana é alto e tem ocorrido de maneira fraguementada. O crescimento tem voltado a ser a palavra de ordem nesses municípios, contudo, graças aos Planos Diretores e as políticas municipais de parcelamento do solo, este tem acontecido de maneira menos nociva do que ocorreu na década de 70, no auge a urbanização. Contudo, a guerra fiscal que tem se tornado cada vez mais intensa nesses municípios tem levado a mudanças de uso do solo, sobretudo para novos zoneamentos industriais , como podemos evidenciar nas reportagens abaixo:

Figura 18

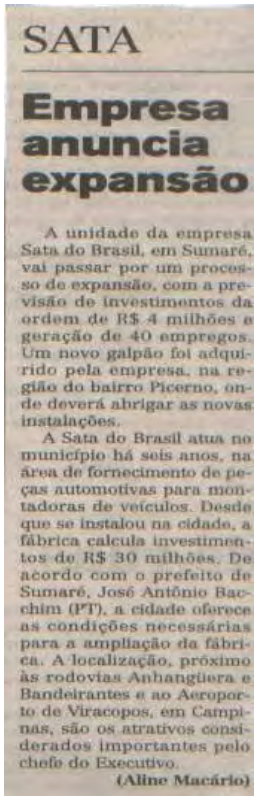


Prefeitura incentiva empresa

A Prefeitura de Hortolândia pretende incentivar a instalação de condomínio na cidade, através da concessão de benefícios, dentro do Programa Municipal de Incentivo Empresarial. Segundo o diretor do Departamento de Desenvolvimento Econômico, Trabalho e Geração de Renda da prefeitura, Dimas Corrêa Pádua, a administração está estudando a possibilidade de conceder isenção do pagamento do IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano) para os empreendedores por um determinado período.

Além disso, ele afirmou que poderá haver redução do ISS (Imposto Sobre Serviços), que atualmente é da ordem de 2% em Hortolândia, inferior aos índices da maioria das cidades da RMC (Região Metropolitana de Campinas). "A instalação desse complexo na cidade é positiva porque eleva a receita do município e aumenta o número de empregos", justificou ele. "Os espaços vazios de Hortolândia estão sendo preenchidos com empresas e isso demonstra uma ocupação urbana organizada". (AM)

Figura 19



SATA

Empresa anuncia expansão

A unidade da empresa Sata do Brasil, em Sumaré, vai passar por um processo de expansão, com a previsão de investimentos da ordem de R$ 4 milhões e geração de 40 empregos. Um novo galpão foi adquirido pela empresa, na região do bairro Picerno, onde deverá abrigar as novas instalações.

A Sata do Brasil atua no município há seis anos, na área de fornecimento de peças automotivas para montadoras de veículos. Desde que se instalou na cidade, a fábrica calcula investimentos de R$ 30 milhões. De acordo com o prefeito de Sumaré, José Antônio Bacchim (PT), a cidade oferece as condições necessárias para a ampliação da fábrica. A localização, próximo às rodovias Anhanguera e Bandeirantes e ao Aeroporto de Viracopos, em Campinas, são os atrativos considerados importantes pelo chefe do Executivo.

(Aline Macário)

Fonte: Jornal TODODIA, 07/08/05.
Org. por Sousa, 2007.

Figura 20



ondomínio deve gerar 350 empregos

dústria siderúrgica pretende utilizar malha ferroviária para transporte e exportação de cargas

Aline Macário
Fortaleza

Fonte: Jornal TODODIA, 07/08/05. Org. por Sousa, 2007.

Figura 21



NOVA ODESSA

Anúncio fracionado de aquisição e expansão de empresas intriga oposição

Fábio Amstalden
Nova Odessa

OUTRO LADO

Fonte: Jornal TODODIA, 14/07/06. Org. por Sousa, 2007.

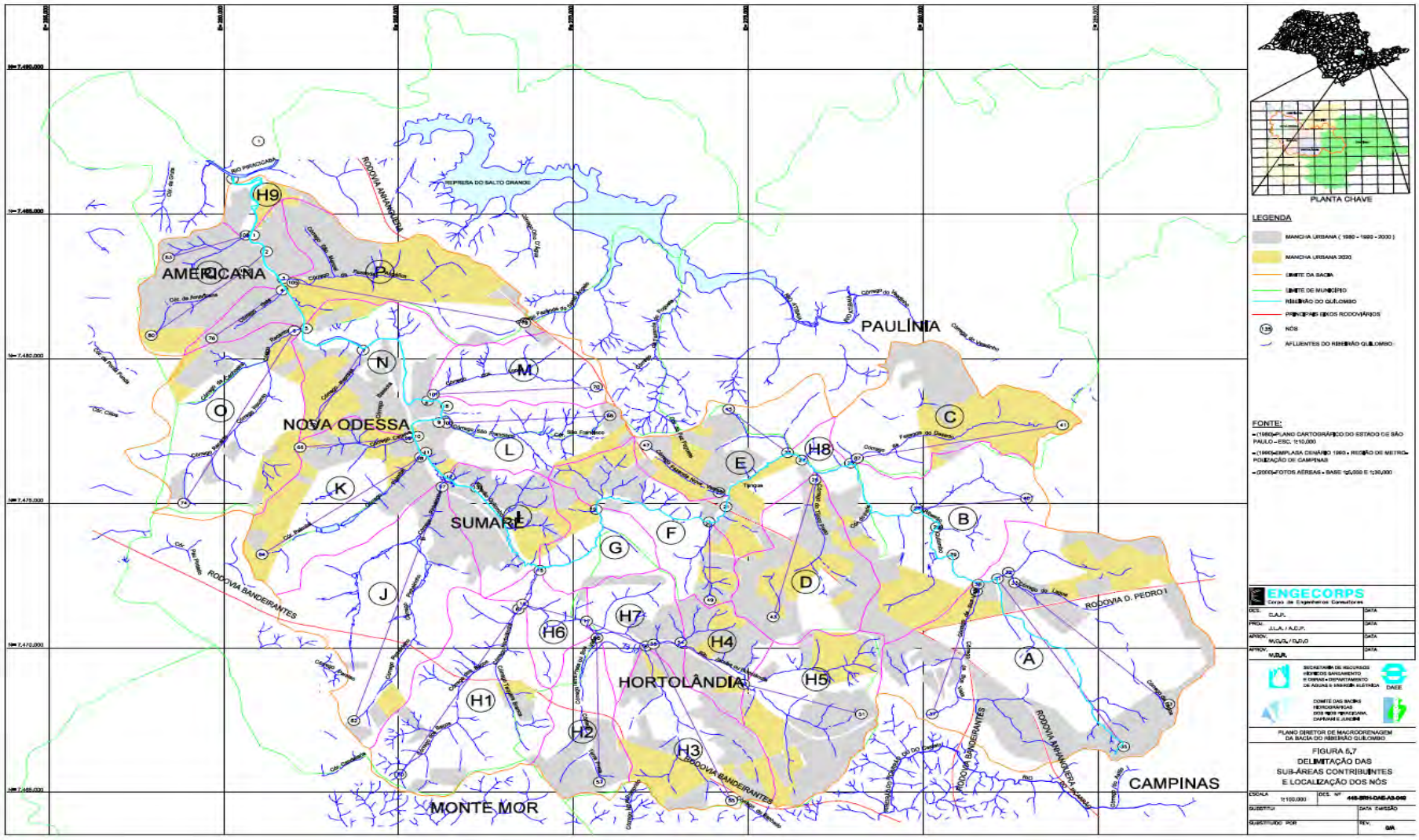


Figura 22
Representação do uso do solo atual e da projeção para o ano de 2020, caso mantenham-se as mesmas condições atuais. Fonte: DAEE, 2002.

CAPÍTULO 4

4.1. Análise de Dados

4.1.1 Análise Climática

4.1.1.1 Análise das Séries Temporais

Para fins de apresentação e discussão dos resultados dividiu-se a análise considerando, de forma individualizada, o comportamento das seguintes variáveis: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e perfil de precipitação.

Temperatura

Configurações Climáticas das Cidades da Área de Estudo

Nova Odessa

Numa análise geral do clima de Nova Odessa podemos dizer que esse se configura na classificação Aw de Koppen, apresentando uma média de precipitação de 1367.9 mm, temperatura média anual de 22 °C, temperatura média do mês mais frio de 18°C e do mês mais quente de 24, 5 °C.

Tabela 10

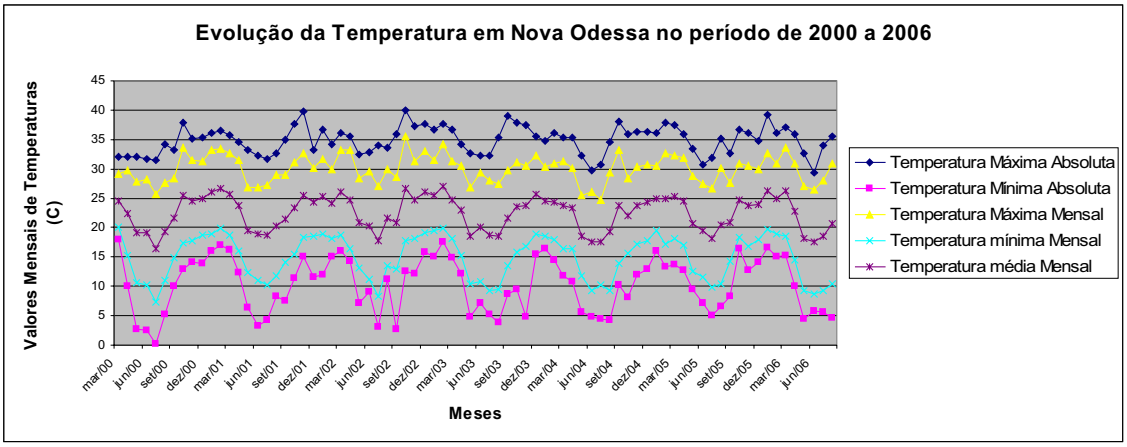
		Temp. Média Mínima	Temp. Média Máxima	Temp. Média
Jan		19 ºC	30 ºC	24 ºC
Fev		19 ºC	30 ºC	25 ºC
Mar		18 ºC	30 ºC	24 ºC
Abr		16 ºC	28 ºC	22 ºC
Mai		13 ºC	26 ºC	20 ºC
Jun		11 ºC	25 ºC	18 ºC
Jul		11 ºC	25 ºC	18 ºC
Ago		12 ºC	27 ºC	20 ºC
Set		14 ºC	28 ºC	21 ºC
Out		16 ºC	29 ºC	22 ºC
Nov		17 ºC	29 ºC	23 ºC
Dez		18 ºC	29 ºC	24 ºC
Soma/ Média		**15.3 ºC**	**28.0 ºC**	**22 ºC**

Fonte de dados: IAC/CEAPAGRI, 2006. Adaptado por Sousa. 2006.

As análises realizadas foram baseadas num período de análise de 2362 dias.

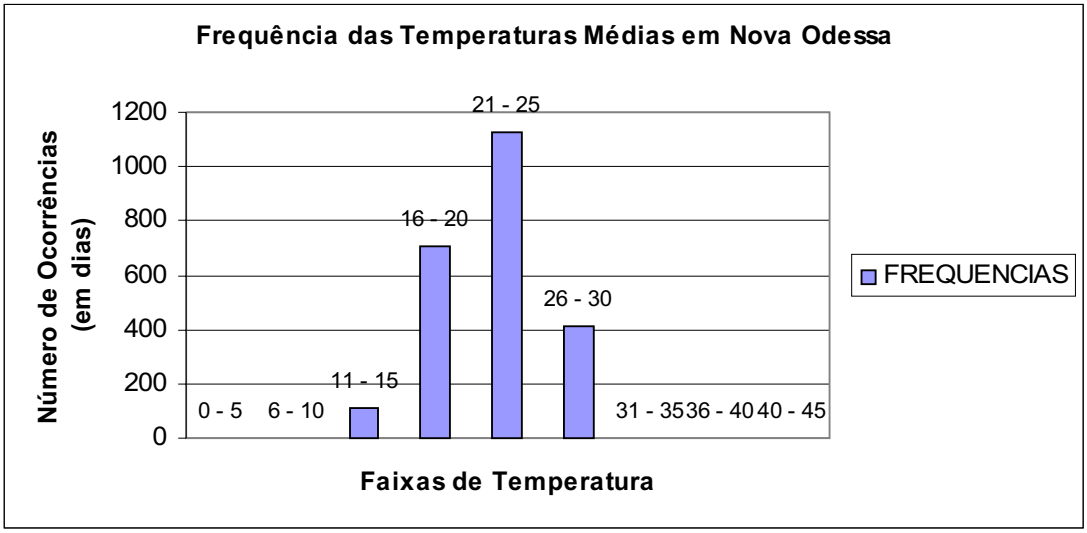
Gráficos

Gráfico 4



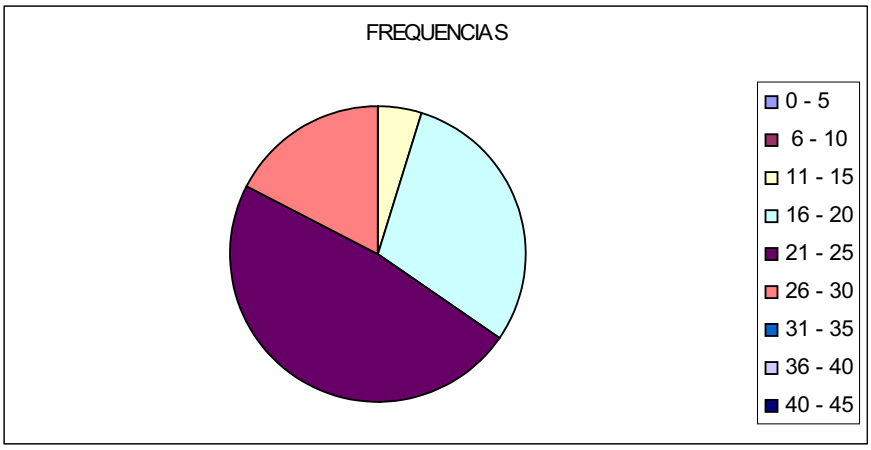
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 5



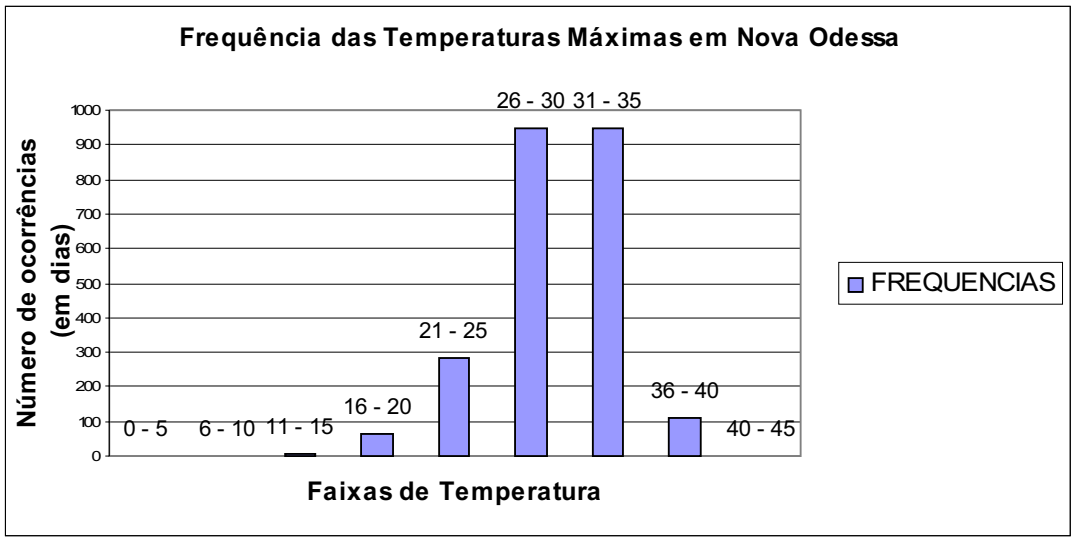
Fonte: Sousa, 2007.

Gráfico 6



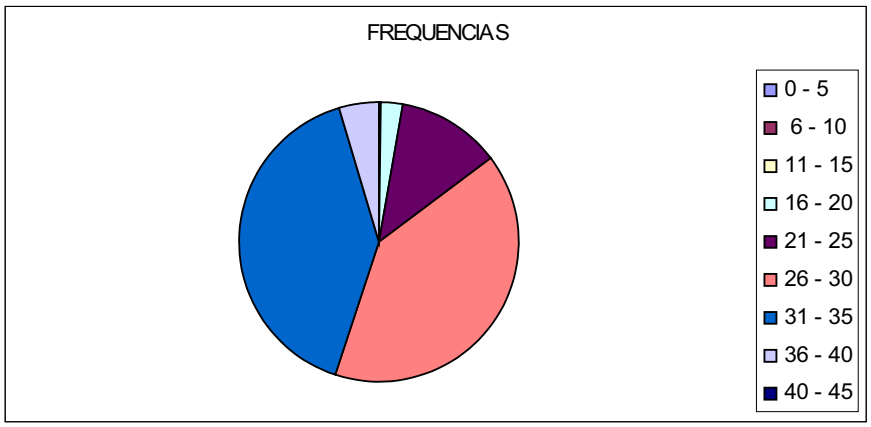
Fonte: Sousa, 2007.

Gráfico 7



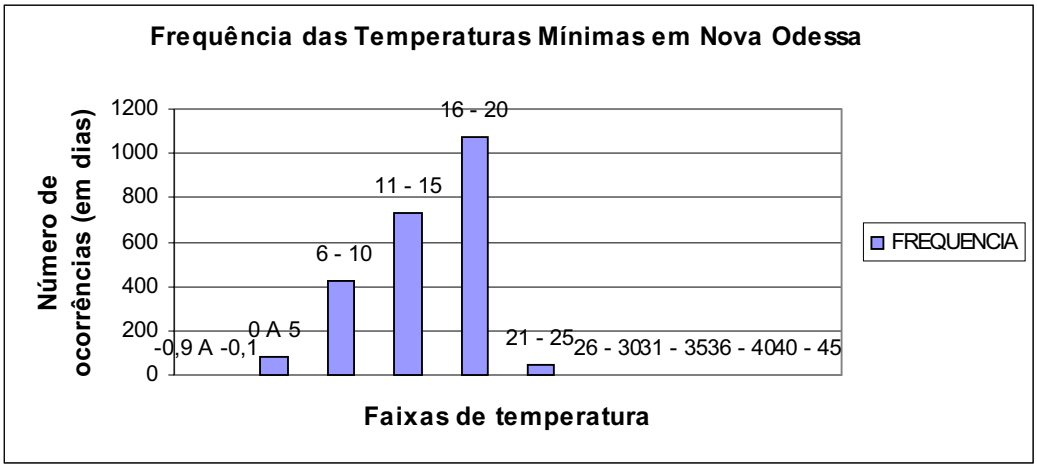
Fonte: Sousa, 2007.

Gráfico 8



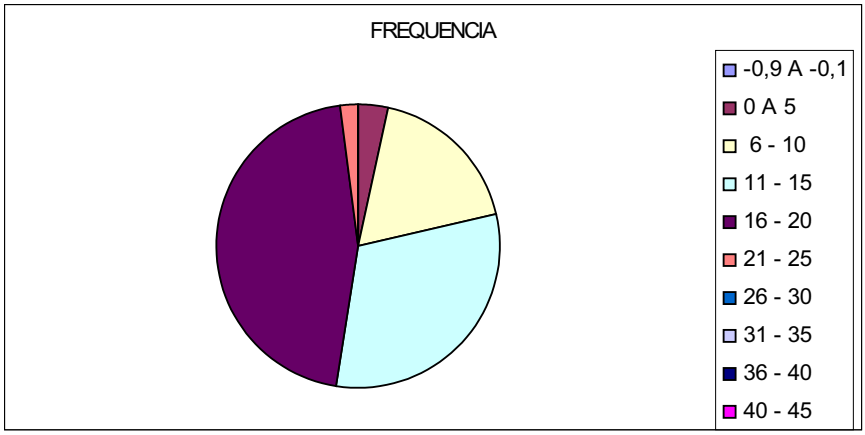
Fonte: Sousa, 2007.

Gráfico 9



Fonte: Sousa, 2007.

Gráfico 10



Fonte: Sousa, 2007.

Análise Estatística

Temperatura Máxima

Tabela 11

Média	29,99581
Erro padrão	0,083891
Mediana	30,3
Modo	32
Desvio padrão	4,075425
Variância da amostra	16,60909
Curtose	0,334085
Assimetria	-0,60639
Intervalo	25,7
Mínimo	14,3
Máximo	40
Soma	70790,1
Contagem	2360

Fonte: Sousa, 2007.

A probabilidade da temperatura máxima ser maior que 30 é 0,500410 ou 50%.

Valores dados pela equação:

Equação 9

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

Temperatura Mínima

Tabela 12

Média	14,79653
Erro padrão	0,090313
Mediana	15,5
Modo	19
Desvio padrão	4,387385
Variância da amostra	19,24914
Curtose	-0,32277
Assimetria	-0,48774
Intervalo	37,1
Mínimo	0,1
Máximo	37,2
Soma	34919,8
Contagem	2360

Fonte: Sousa, 2007.

A probabilidade da temperatura mínima ser 15 é de 52%.

Temperatura Média

Tabela 13

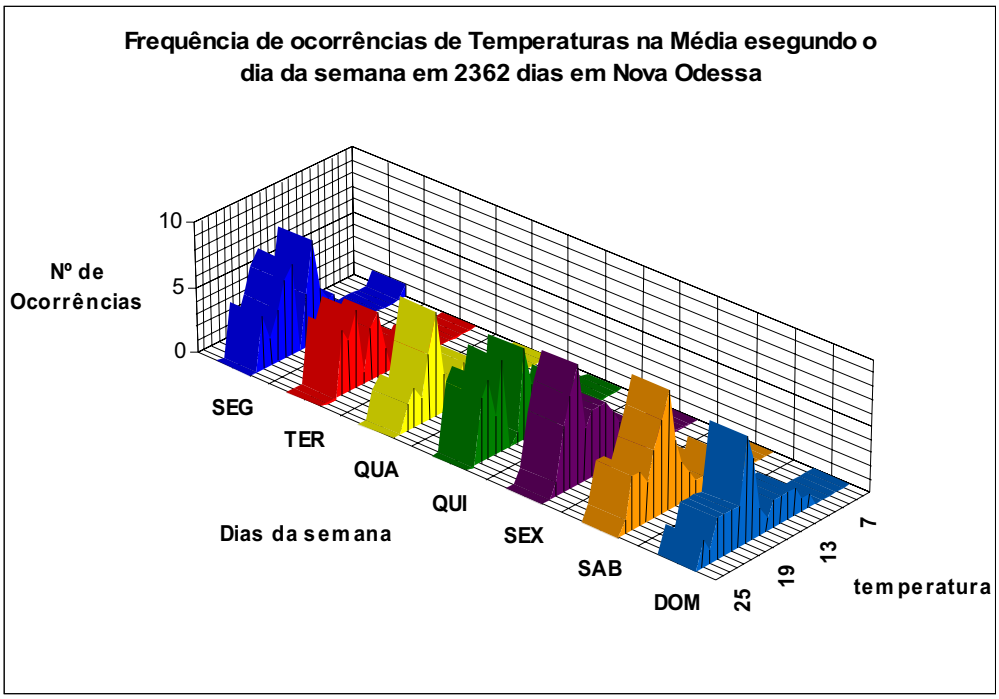
Média	22,39617
Erro padrão	0,072646
Mediana	22,9
Modo	25
Desvio padrão	3,529129
Variância da amostra	12,45475
Curtose	-0,31648
Assimetria	-0,42224
Intervalo	28,15
Mínimo	9,3
Máximo	37,45
Soma	52854,95
Contagem	2360

Fonte: Sousa, 2007.

A probabilidade da temperatura média ser 20 é de 25%.

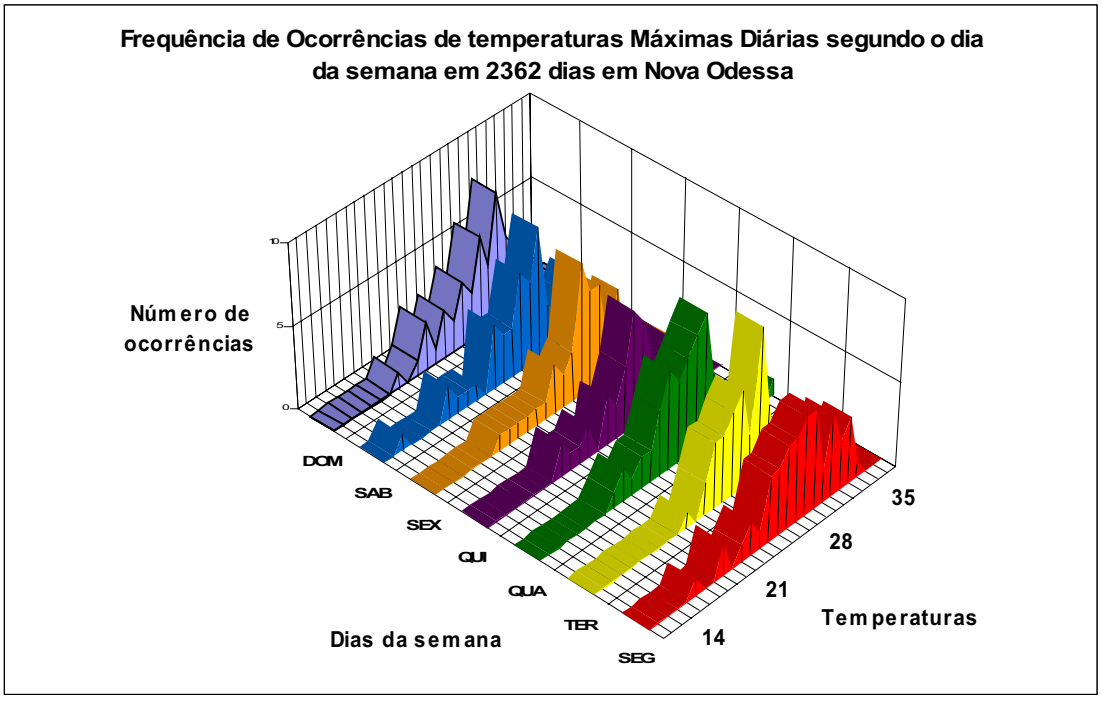
Dispersão da Temperatura segundo o dia da semana

Gráfico 11



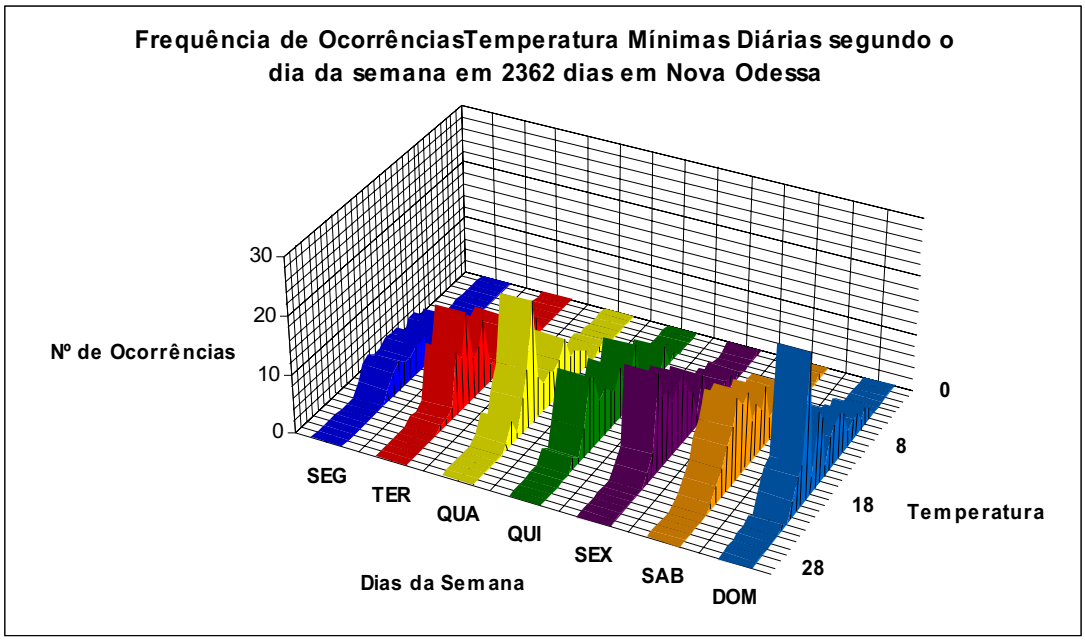
Fonte: Sousa, 2007.

Gráfico 12



Fonte: Sousa, 2007

Gráfico 13



Fonte: Sousa, 2007

Santa Bárbara D'Oeste

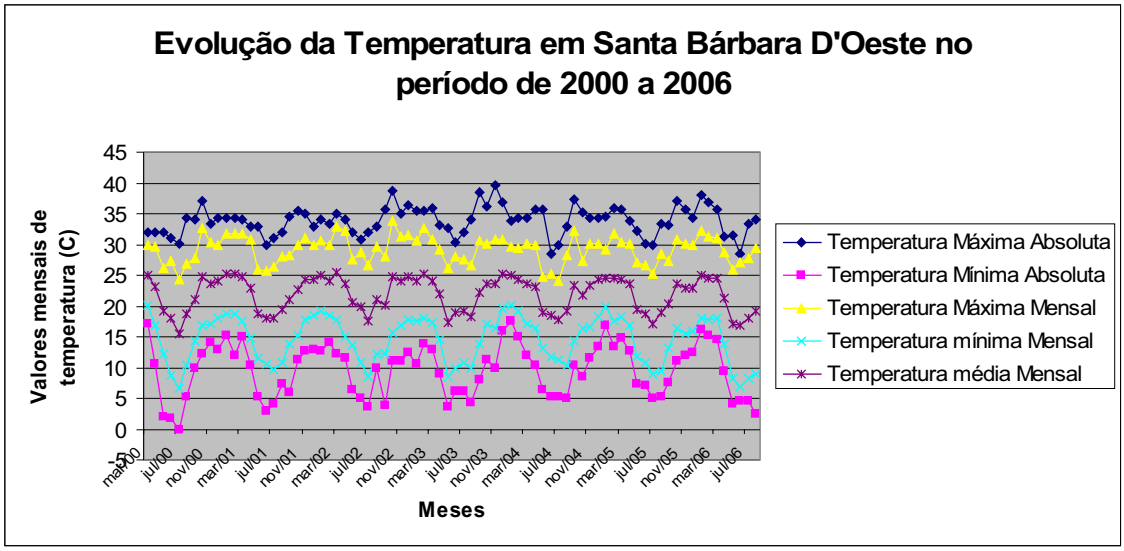
Numa análise geral do clima de Santa Bárbara D'Oeste podemos dizer que esse se configura na classificação Cwa de Koppen, apresentando uma média de precipitação de 1466.1 mm, temperatura média anual de 22 °C, temperatura média do mês mais frio de 18°C e do mês mais quente de 25 °C.

Tabela 14

		Temp. Média Mínima	Temp. Média Máxima	Temp. Média
Jan		20 ºC	30 ºC	25 ºC
Fev		20 ºC	30 ºC	25 ºC
Mar		19 ºC	30 ºC	24 ºC
Abr		17 ºC	29 ºC	23 ºC
Mai		14 ºC	25 ºC	20 ºC
Jun		12 ºC	25 ºC	18 ºC
Jul		11 ºC	25 ºC	18 ºC
Ago		13 ºC	27 ºC	20 ºC
Set		15 ºC	27 ºC	21 ºC
Out		17 ºC	29 ºC	23 ºC
Nov		18 ºC	30 ºC	24 ºC
Dez		19 ºC	30 ºC	25 ºC
Soma/ Média		**16.2 ºC**	**28.1 ºC**	**22 ºC**

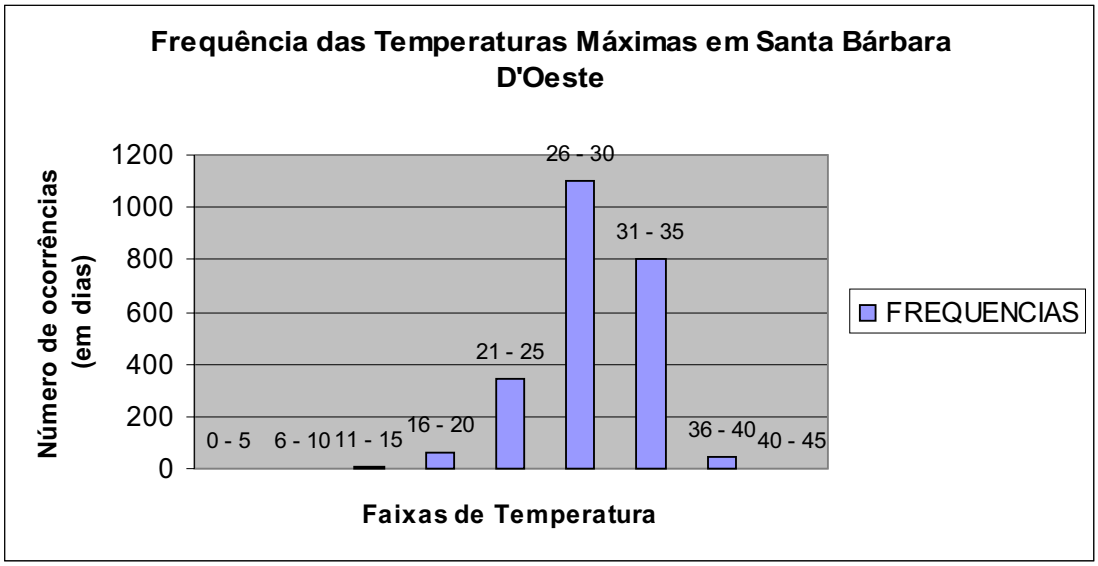
Fonte de dados: IAC/CEAPAGRI, 2006. Adaptado por Sousa. 2006.

Gráfico 14



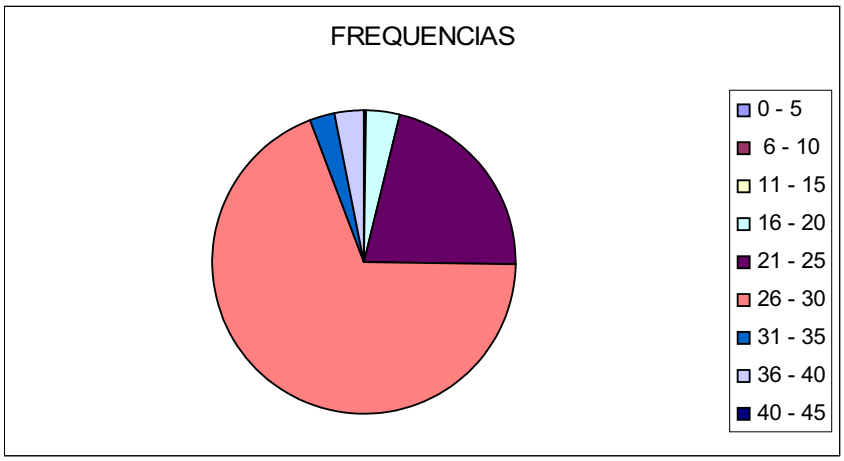
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 15



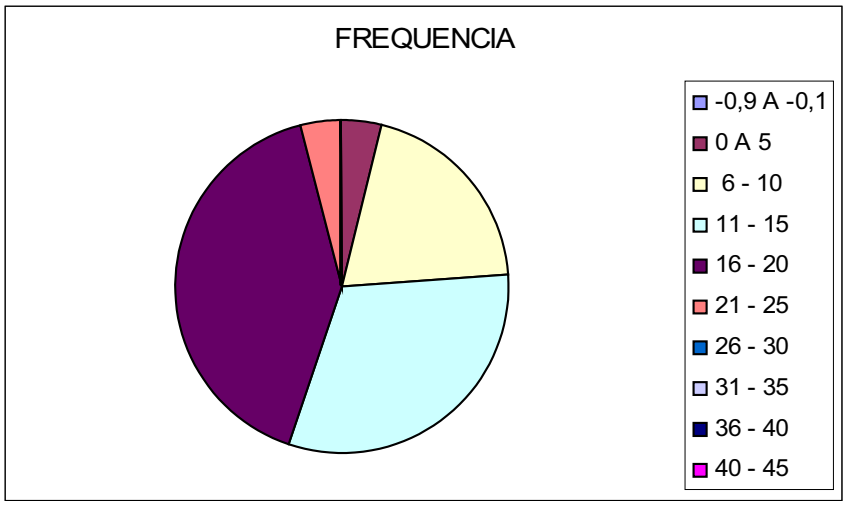
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 16



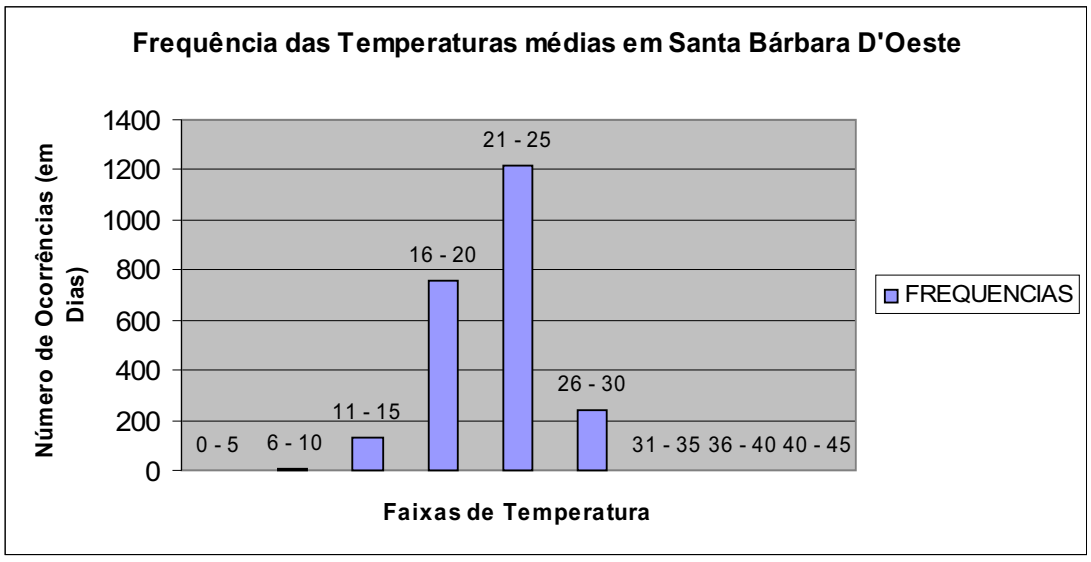
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 17



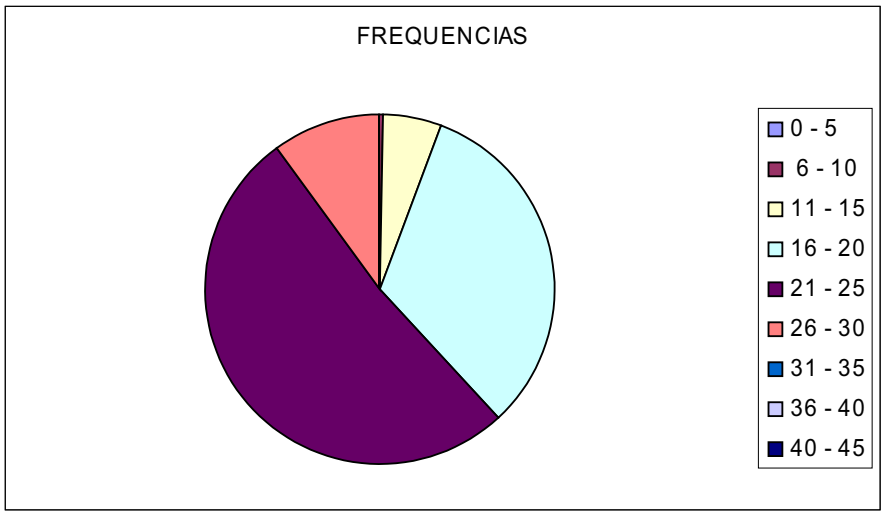
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 18



Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 19



Fonte: Sousa. 2006.

Análise Estatística

Temperatura Máxima

Tabela 15

Média	29,13021
Erro padrão	0,078977
Mediana	29,6
Modo	30
Desvio padrão	3,834232
Variância da amostra	14,70134
Curtose	0,758947
Assimetria	-0,62724
Intervalo	32,2
Mínimo	7,4
Máximo	39,6
Soma	68659,9
Contagem	2357

Fonte: Sousa, 2007

A probabilidade da temperatura máxima ser maior que 30 é de 0,589729 ou 59%. Valores dados pela equação:

Equação 10

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

Temperatura Mínima

Tabela 16

Média	14,40267
Erro padrão	0,093455
Mediana	15
Modo	18
Desvio padrão	4,537146
Variância da amostra	20,58569
Curtose	-0,58405
Assimetria	-0,41774
Intervalo	29,4
Mínimo	-0,2
Máximo	29,2
Soma	33947,1
Contagem	2357

Fonte: Sousa, 2007

A probabilidade da temperatura mínima ser 15 é de 55%.

Temperatura Média

Tabela 17

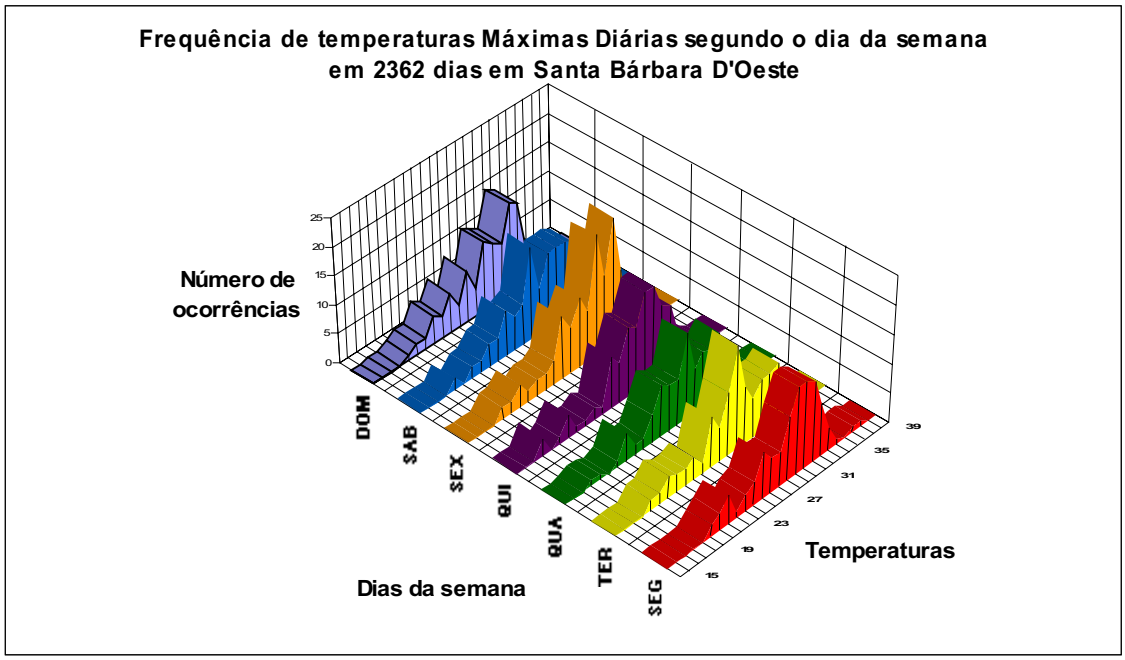
Média	21,76644
Erro padrão	0,071706
Mediana	22,3
Modo	23,5
Desvio padrão	3,481262
Variância da amostra	12,11919
Curtose	-0,19096
Assimetria	-0,53115
Intervalo	21,9
Mínimo	7
Máximo	28,9
Soma	51303,5
Contagem	2357

Fonte: Sousa, 2007

A probabilidade da temperatura média ser 20 é de 31%.

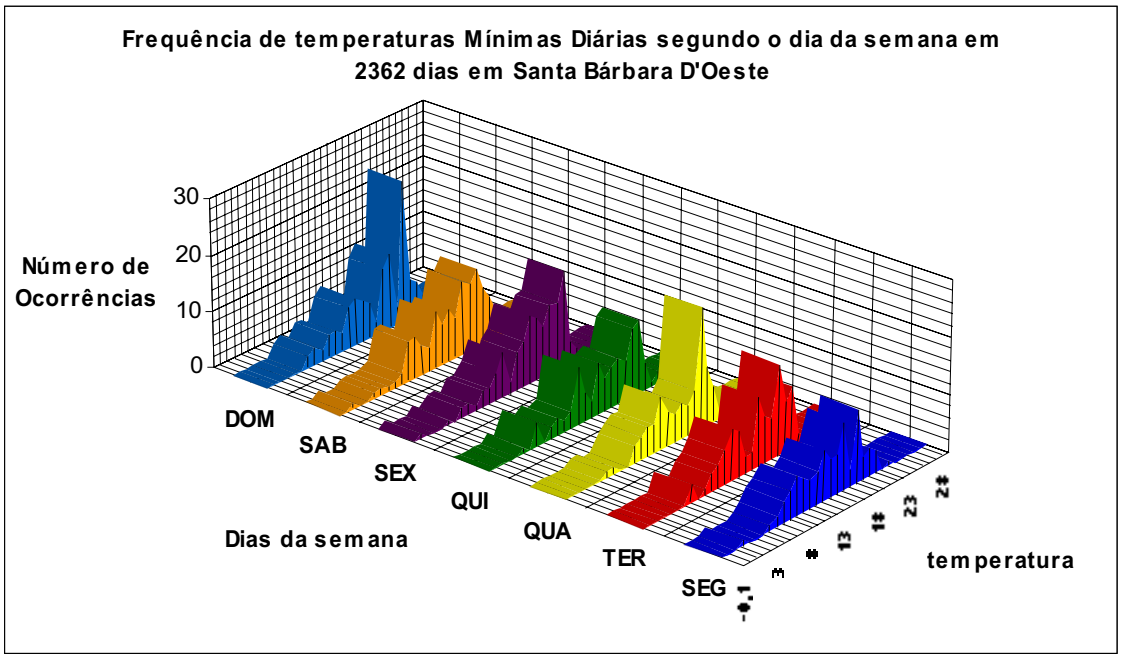
Dispersão da Temperatura segundo o dia da semana

Gráfico 20



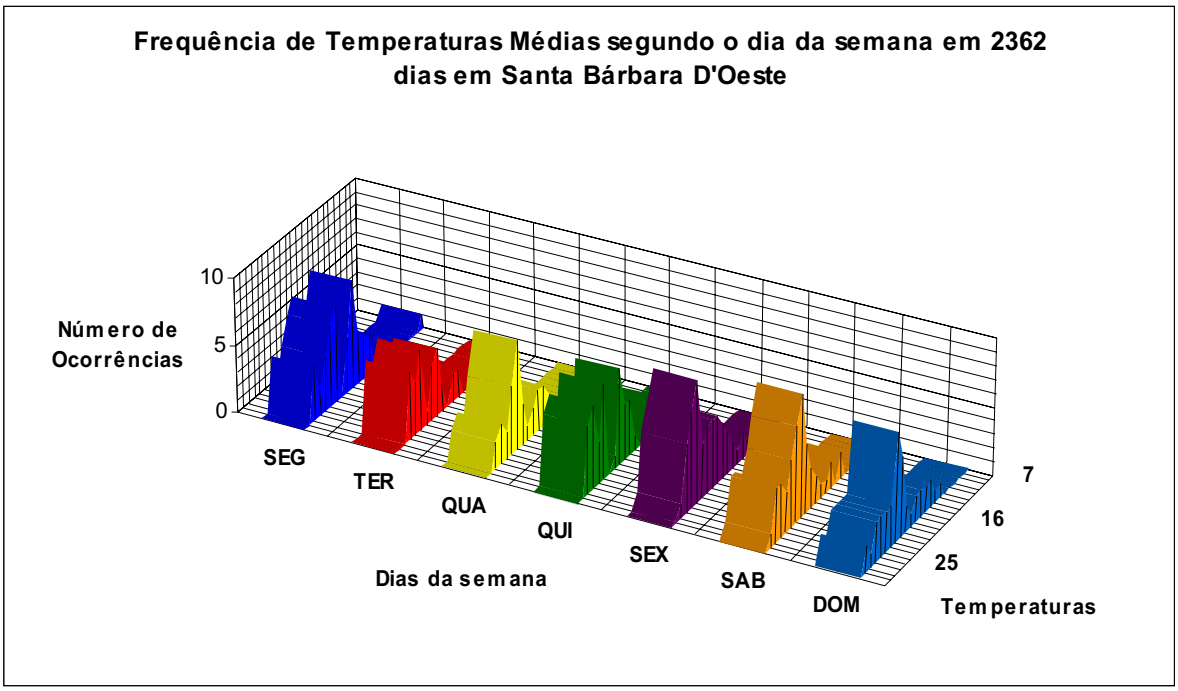
Fonte: Sousa, 2007

Gráfico 21



Fonte: Sousa, 2007

Gráfico 22



Fonte: Sousa, 2007

Sumaré

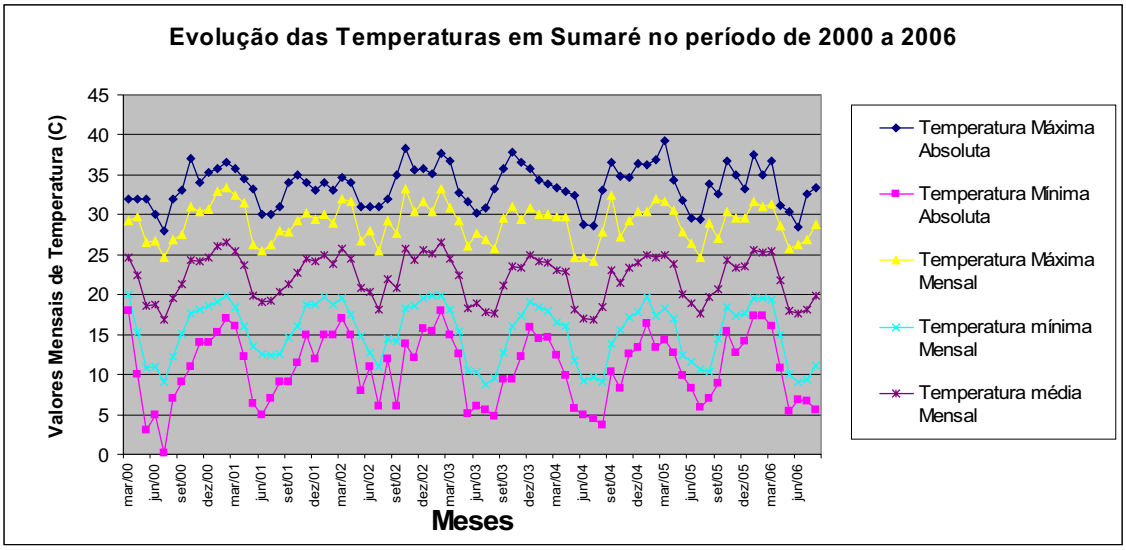
Numa análise geral do clima de Sumaré podemos dizer que esse se configura na classificação Cwa de Koppen, apresentando uma média de precipitação de 1371.9 mm, temperatura média anual de 22 °C, temperatura média do mês mais frio de 17,8°C e do mês mais quente de 24,5 °C.

Tabela 18

		Temp. Média Mínima	Temp. Média Máxima	Temp. Média
Jan		19 ºC	30 ºC	24 ºC
Fev		19 ºC	30 ºC	24 ºC
Mar		18 ºC	30 ºC	24 ºC
Abr		15 ºC	28 ºC	22 ºC
Mai		13 ºC	26 ºC	19 ºC
Jun		11 ºC	25 ºC	18 ºC
Jul		11 ºC	25 ºC	17 ºC
Ago		12 ºC	27 ºC	20 ºC
Set		14 ºC	28 ºC	21 ºC
Out		16 ºC	29 ºC	22 ºC
Nov		17 ºC	29 ºC	23 ºC
Dez		18 ºC	29 ºC	24 ºC
Soma/ Média		**15.2 ºC**	**28.0 ºC**	**22 ºC**

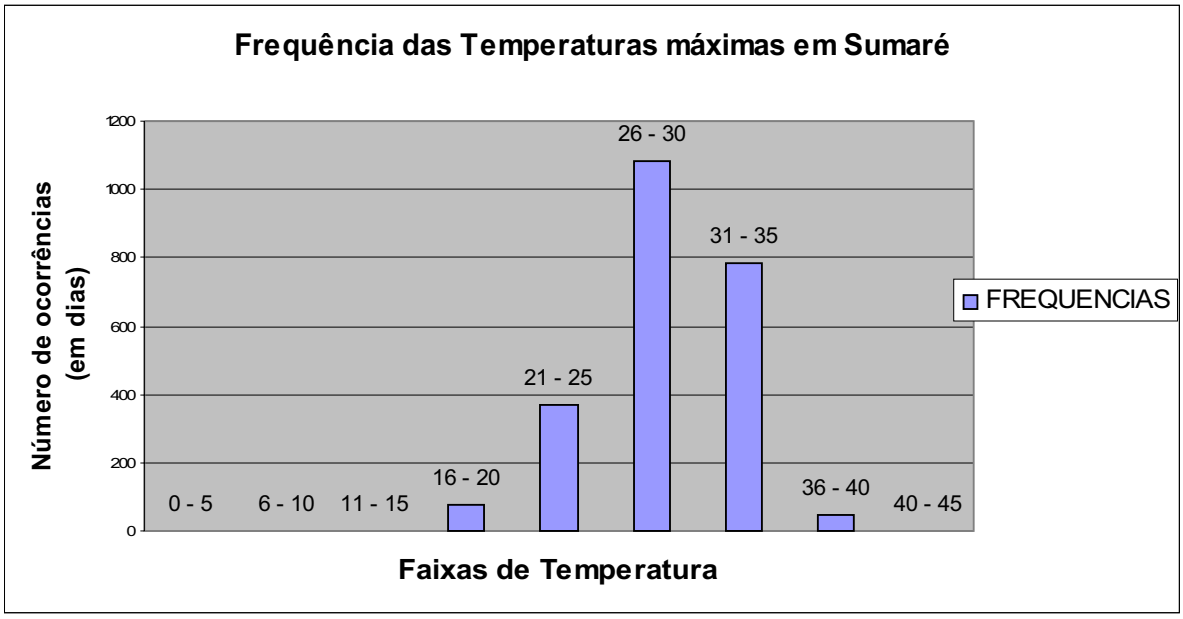
Fonte de dados: IAC/CEAPAGRI, 2006 . Adaptado por Sousa. 2006.

Gráfico 23



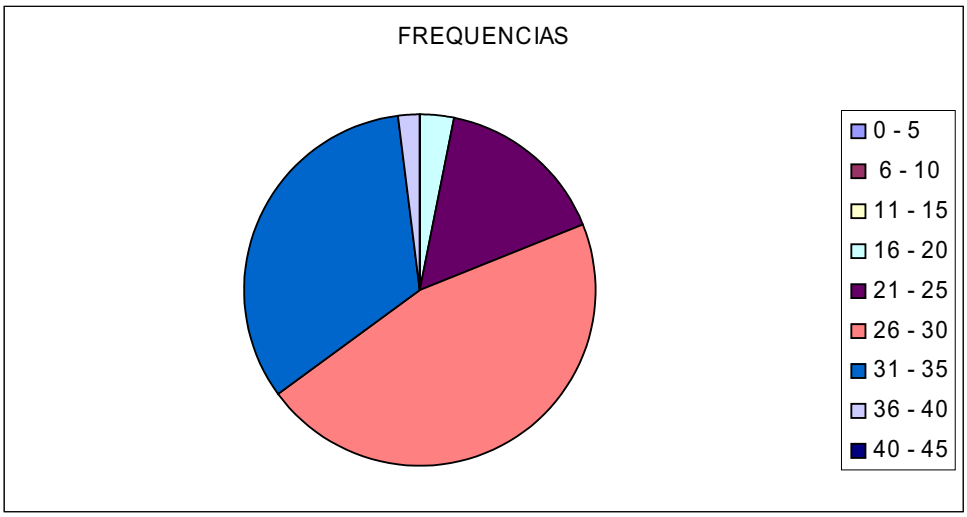
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 24



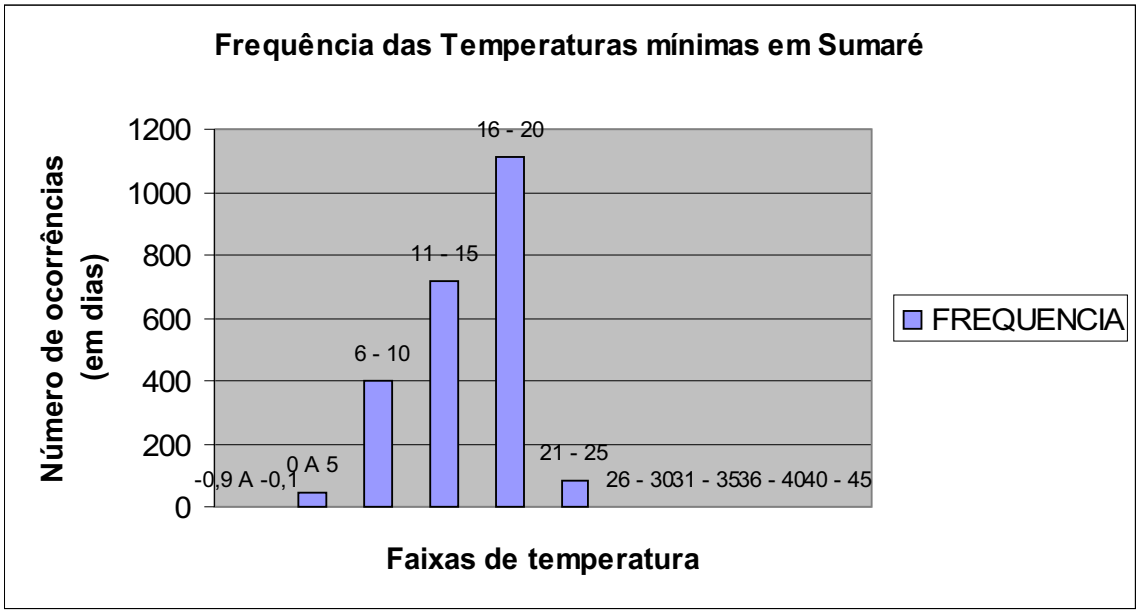
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 25



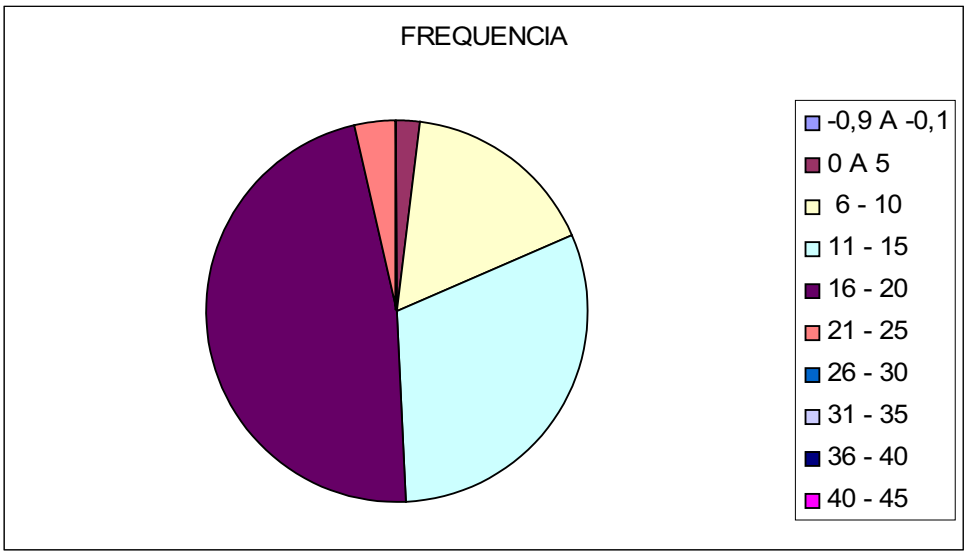
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 26



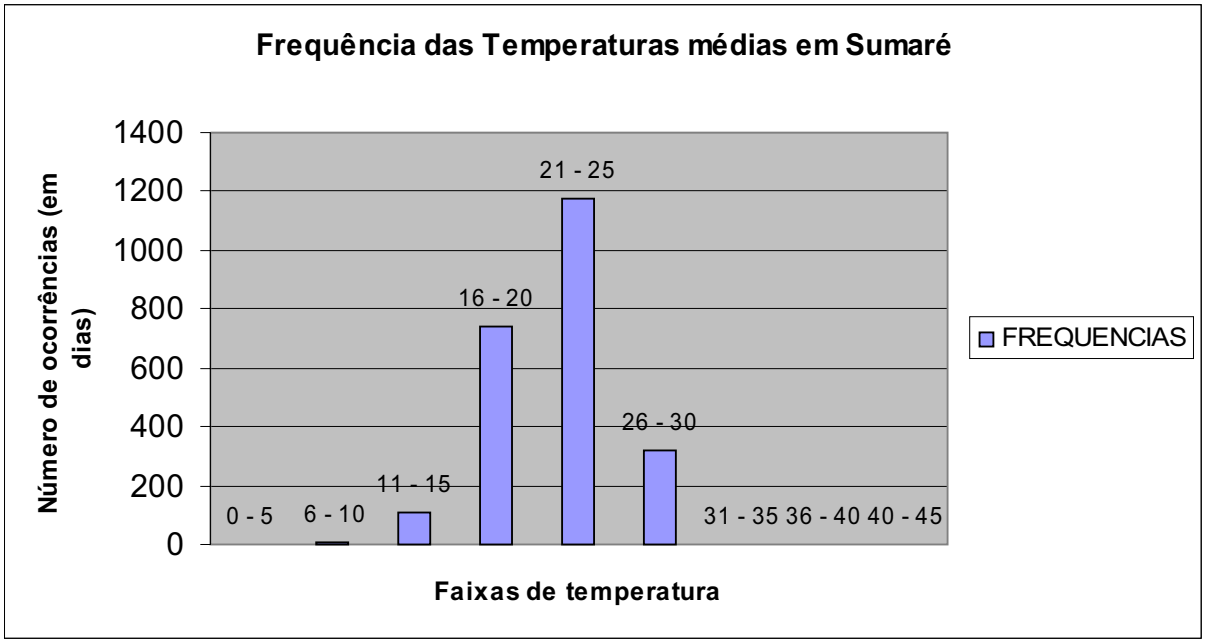
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 27



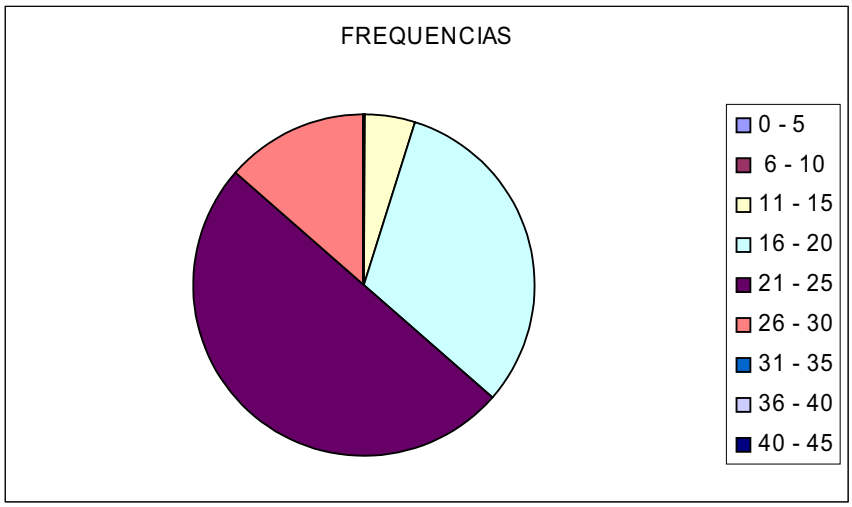
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 28



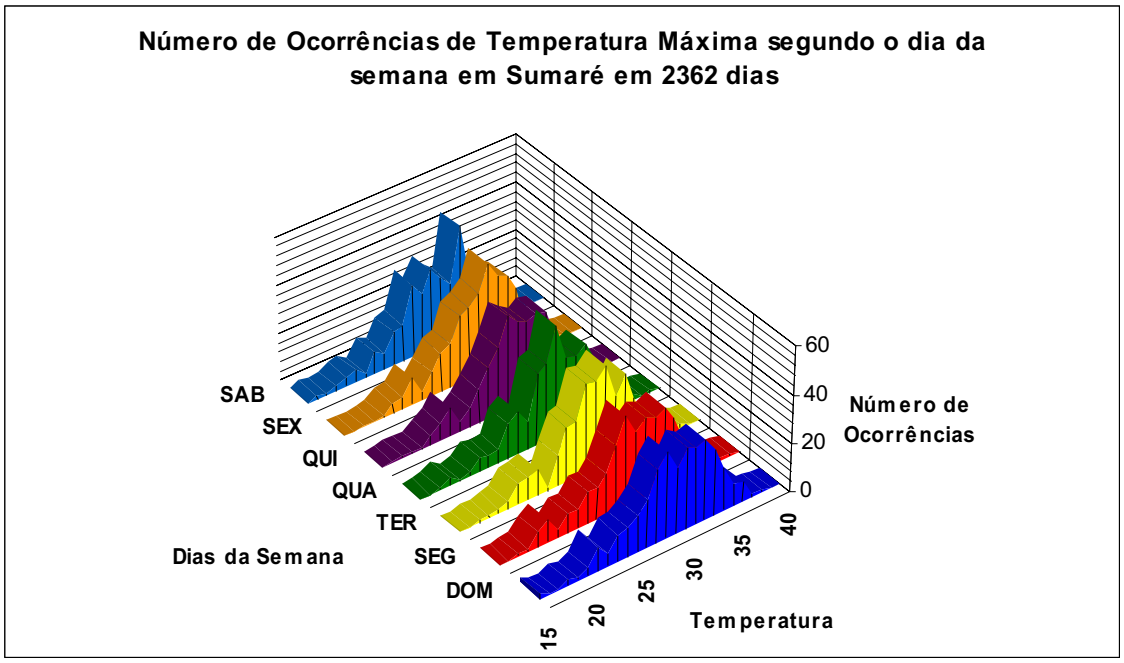
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 29



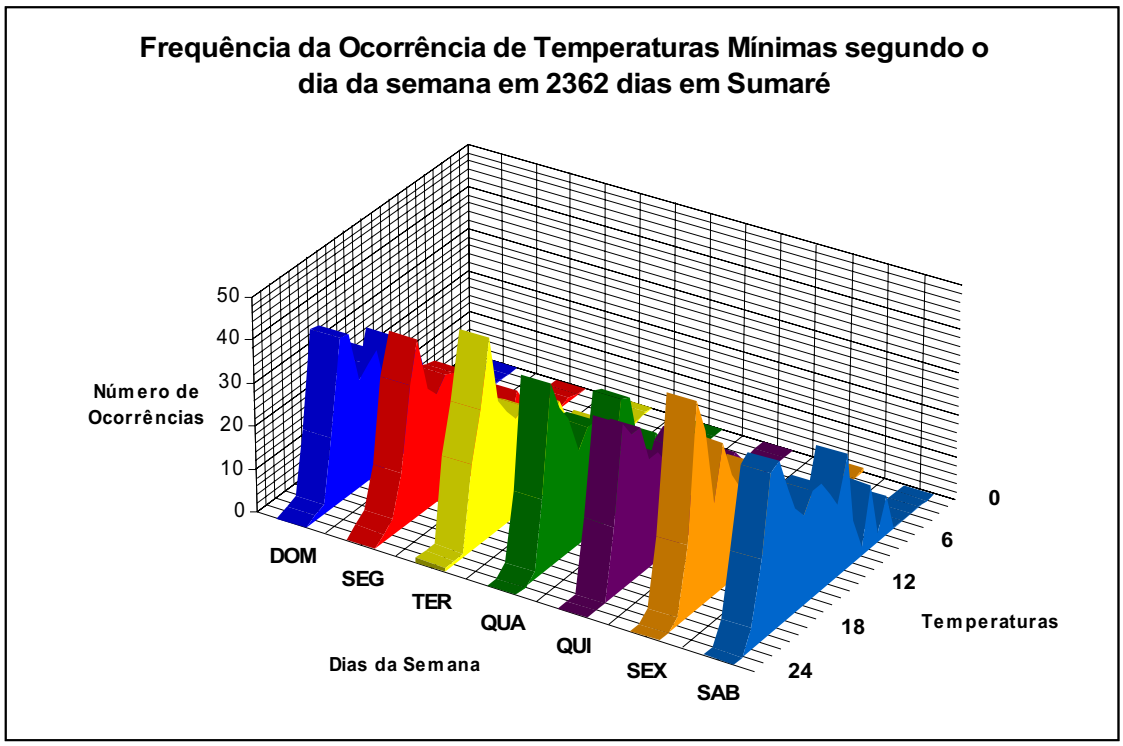
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 30



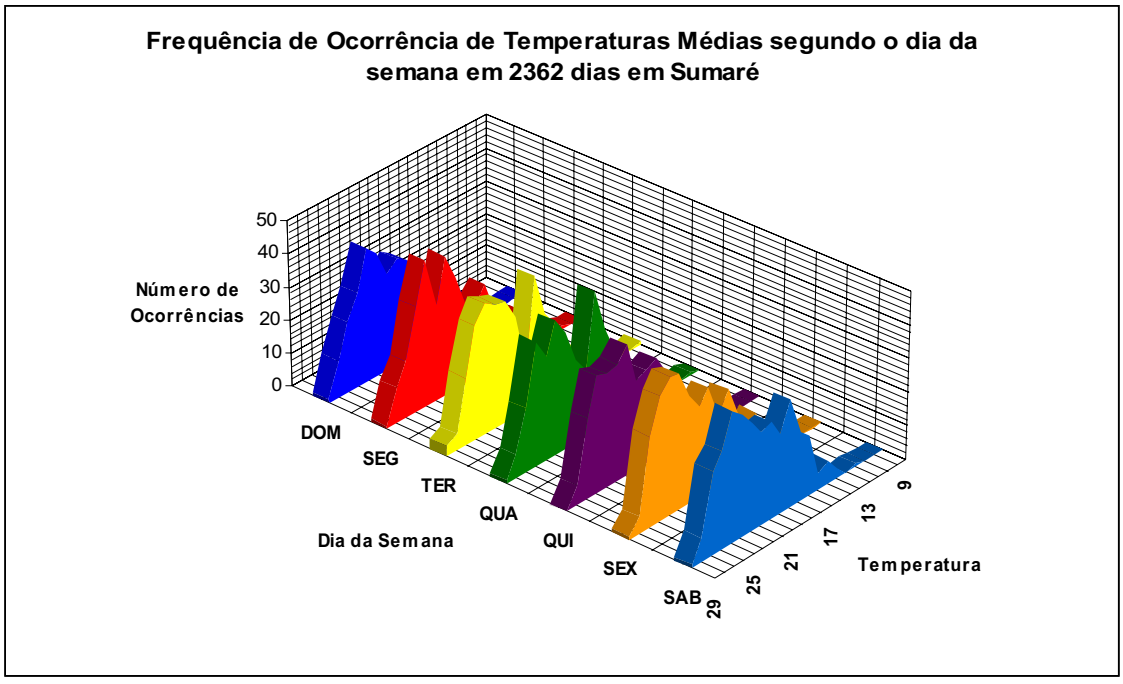
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 31



Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 32



Fonte: Sousa. 2006.

Americana

Numa análise geral do clima de Americana podemos dizer que esse se configura na classificação Aw de Koppen, apresentando uma média de precipitação de 1291.8 mm , temperatura média anual de 22 °C, temperatura média do mês mais frio de 18°C e do mês mais quente de 24,5 °C. Vale destacar que por falta de um posto de coleta de temperatura (o posto do DAEE é somente pluviométrico) o CEPAGRI (Unicamp) estima a temperatura de Americana com base nas registradas pela estação de Nova Odessa.

Tabela 19

		Temp. Média Mínima	Temp. Média Máxima	Temp. Média
Jan		19 ºC	30 ºC	24 ºC
Fev		19 ºC	30 ºC	25 ºC
Mar		18 ºC	30 ºC	24 ºC
Abr		16 ºC	28 ºC	22 ºC
Mai		13 ºC	26 ºC	20 ºC
Jun		11 ºC	25 ºC	18 ºC
Jul		11 ºC	25 ºC	18 ºC
Ago		12 ºC	27 ºC	20 ºC
Set		14 ºC	28 ºC	21 ºC
Out		16 ºC	29 ºC	22 ºC
Nov		17 ºC	29 ºC	23 ºC
Dez		18 ºC	29 ºC	24 ºC
Soma/ Média		**15.3 ºC**	**28.0 ºC**	**22 ºC**

Fonte de dados: IAC/CEAPAGRI, 2006

Hortolândia

Ao exemplo do que acontece com Americana, Hortolândia também não conta com estação metereológica, servindo de referência os valores registrados para Sumaré. Numa análise geral do clima de Hortolândia podemos dizer que esse se configura na classificação Cwa de Koppen, apresentando uma média de precipitação de 1384.9 mm, temperatura média anual de 22 °C, temperatura média do mês mais frio de 17,8°C e do mês mais quente de 24,5 °C.

Tabela 20

		Temp. Média Mínima	Temp. Média Máxima	Temp. Média
Jan		19 ºC	30 ºC	24 ºC
Fev		19 ºC	30 ºC	24 ºC
Mar		18 ºC	30 ºC	24 ºC
Abr		15 ºC	28 ºC	22 ºC
Mai		13 ºC	26 ºC	19 ºC
Jun		11 ºC	25 ºC	18 ºC
Jul		11 ºC	25 ºC	17 ºC
Ago		12 ºC	27 ºC	20 ºC
Set		14 ºC	28 ºC	21 ºC
Out		16 ºC	29 ºC	22 ºC
Nov		17 ºC	29 ºC	23 ºC
Dez		18 ºC	29 ºC	24 ºC
Soma/ Média		**15.2 ºC**	**28.0 ºC**	**22 ºC**

Fonte de dados: IAC/CEAPAGRI, 2006

4.1.2 Análise do Clima Local e dos Impactos Meteóricos

A análise do período de dados entre 1989 a 1996 e 2000 a 2006; e a análise da precipitação de 1960 a 1996 constatou que o clima das cidades da área de estudo apresenta duas estações bem definidas, o inverno seco e o verão chuvoso, sendo também nesse período que acontece os menores (julho) e as maiores (janeiro) temperaturas. A análise também permitiu constatar que nesse período a temperatura e a precipitação obedeceram a um ritmo constante de anos predominantemente secos e outros predominantemente chuvosos, obedecendo a uma maior ou menor intensidade quanto à ocorrência de fenômenos atmosférico-oceânicos como o El Niño e o La Niña. A influência do El Nino (ENSO) traz como conseqüência para a região sudeste, o estacionamento das frentes devido ao fortalecimento das correntes de jato, aumentando a quantidade de dias e dos valores da precipitação. O La Niña (Anti – ENSO), por sua

vez, torna o período mais seco, fator também associado a maiores temperaturas. Com relação a esses fenômenos, Sentelhas et al. afirma:

> No estado de São Paulo, as conseqüências dos fenômenos El Nino e La Nina não são bem definidas, por estar a região Sudeste numa zona de transição, onde as conseqüências dos fenômenos são modulados também pelas variações da temperatura no Oceano Atlântico, de onde provém o vapor d'água trazido pelos ventos alísios de SE. Assim, quanto maior a temperatura do Atlântico, maior a injeção de vapor no continente e consequentemente maior as possibilidades de chuva.

Em anos secos, a fraqueza das invasões da Massa Polar Atlântica permite a penetração da Massa Tropical Atlântica para o interior do continente, ocorrendo o choque frontal nas proximidades do rio da Prata. Assim, as cidades estudadas, ficam em domínio da Massa Tropical Atlântica, em condições estáveis que produzem céu limpo e temperaturas agradáveis. Em anos tidos como normais, as frentes com menor intensidade e freqüência atingem o trópico de Capricórnio ao longo do ano todo, sendo responsáveis pela maior parte das chuvas no inverno e nas estações intermediárias. Em anos chuvosos, ocorre intensa e freqüente atividade da Frente Polar Atlântica, ocorrendo mais instabilidade, o que produz tempo nublado e chuvoso (CASTRO, 2000). As massas de ar interagem com a topografia local, com a cobertura do solo e com a interface oceano/continente, produzindo, principalmente no verão, chuvas intensas. A atuação da massa polar atlântica (mPa) no centro-sul do Brasil influencia significativamente os totais pluviométricos nesta região. Em sua borda, no contato com os sistemas atmosféricos tropicais, configuram-se extensas zonas de pressão relativamente baixa e intensa convergência, usualmente chamada de frente polar. Estas

frentes comportam-se como verdadeiros rios atmosféricos, canalizando importantes volumes de ar em fluxo concentrado em direção a centros de baixa pressão, que normalmente atingem seu máximo aprofundamento e atividade sobre o oceano atlântico. A passagem do sistema frontal, que antecede a chegada do ar polar propriamente dito, promove condições de forte instabilidade gerando chuvas antes, durante e depois da passagem da frente em várias áreas do território paulista (Monteiro, 1968, 1973; Tarifa, 1975).

Desse modo, podemos afirmar que o clima regional é tropical, influenciado por três massas de ar, a equatorial e tropical continentais, quentes e úmidas e instáveis, causadoras de precipitações de verão; a Tropical Atlântica e Polar, responsáveis pelas temperaturas mais baixas. Graças a ação dessas massas, há o período frio e seco, com madrugadas frias e tardes quentes, e às vezes com geadas, e outro período, quente e úmido (GOBBO *et al*., 1999).

Em relação à freqüência de ocorrência das temperaturas segundo o dia da semana foi possível detectar, para as três cidades, um aumento da temperatura a partir da sexta-feira, caindo gradativamente em direção à terça-feira; sobretudo, nos valores médios. O aquecimento relativo do começo da semana talvez possa ser relacionado ao aquecimento pré-frontal acumulado antes da terça-feira, sobretudo no inverno, e o resfriamento pós-frontal acumulado no sábado. Como, uma análise sinótica elaborada, não é o objetivo desse trabalho, essa poderia ser uma boa explicação, não desconsiderando também os "acasos" que podem ocorrer nas séries temporais. Diferentemente de outros trabalhos (como o de Azevedo e Tarifa, 2001) não foi encontrada nenhuma correlação direta com a energia dissipada pelas atividades humanas; prevalecendo no nosso campo de análise ritmo dos tipos de tempo e os impactos derivados dos elementos construtivos sobre a temperatura.

Quanto à comparação dos valores de precipitação, por questão de análise, o ano foi dividido em trimestres. Influenciando pela estação mais quente do ano, o primeiro trimestre da série temporal apresentou o município de Americana como detentos de maior número de dias de chuva, em relação ao município de Santa Bárbara D'Oeste, se destacando nesse número as grandes diferenças entre os dois municípios registradas em 1965, 1975, 1980 e 1995 anos onde o clima sofreu o impacto do fenômeno El Niño; o que refletiu também numa maior tendência a precipitação nesse município. Apresentando menos dias de chuva, o município de Santa Bárbara D'Oeste acabou por apresentar uma média e um acumulado de precipitação, maiores do que os de Americana; o que demonstra que nesse município as chuvas são menos freqüentes, mas se apresentam mais intensas do que no município vizinho, mantendo também essa tendência nos anos que registraram maiores diferença (1960, 1966, 1983 e 1995 – anos de El Niño). Considerando o número de eventos El Niño e La Niña, no período analisado (1936 a 1996), podemos afirmar que alguns eventos, se prolongaram por mais de um ano, podendo chegar até três anos consecutivos; assim, para a análise realizada considerou-se o número de anos em que houve a ocorrência do fenômeno em determinado mês. Em função das diferenças observadas nas análises anteriores, verificou-se que essas variam de acordo com a intensidade de fenômeno. O segundo trimestre manteve a tendência de maior número de dias de chuva em Americana, contudo nesse período, também apresentou predominância na média e no acumulado geral da precipitação, fato esse que demonstra um aumento da intensidade das chuvas em Americana nesse período em relação à Santa Bárbara D'Oeste. A tendência nesse período se apresentou maior para Americana nos primeiros da série, se tornando maior para Santa Bárbara D'Oeste nos últimos anos (sobretudo, após a década de 70). No terceiro semestre, o número de dias de chuva nas duas cidades apresentou um ritmo

semelhante. Com exceção para os meses de julho de 1977 e agosto de 1987 onde o número de dias de chuva em Americana suplantou em muito os valores registrados em Santa Bárbara D'Oeste; fato esse que fez com que apenas nesses dois meses do período o acumulado da precipitação fosse maior em Americana do que em Santa Bárbara D'Oeste (Santa Bárbara se destacou com valores maiores no acumulado e na média geral da precipitação). A tendência à precipitação obedeceu a um ritmo semelhante para as duas cidades durante todo o período. No último trimestre do período, houve uma alternância na superioridade do número de dias de chuva entre Santa Bárbara D'Oeste e Americana, sobretudo para os meses de novembro e dezembro. Na média geral e no acumulado, Santa Bárbara D'Oeste manteve sua predominância também nesse período, contudo, em muitos anos, as duas cidades apresentaram quase que os mesmos valores de acumulado e média; e, uma tendência à precipitação muito semelhante.

A análise comparativa da precipitação nesses dois municípios demonstrou, portanto, que as maiores diferenças entre as duas cidades estão setorizadas no primeiro semestre do ano, tendendo a uma semelhança nos valores no segundo semestre do ano, para todo o período analisado. O semestre mais chuvoso seria aquele compreendido pelo primeiro (janeiro, fevereiro e março) e pelo quarto trimestre (outubro, novembro e dezembro) da nossa divisão de análise, períodos correspondentes à primavera-verão; sendo desses, os meses mais chuvosos janeiro, fevereiro e março. Os dois outros trimestres correspondem à época mais seca (outono-inverno), sendo os meses mais secos os de maio, junho, julho e agosto. Os resultados sugerem que está havendo um possível prolongamento das características de verão até abril/maio com inverno mais característico até setembro.

A análise dos dados nos permite definir que os impactos pluviais são maiores nos períodos correspondentes a primavera e ao verão, geralmente relacionados a

fenômenos frontológicos. Estando essas localizadas, geralmente, nas últimas horas do dia e início da noite; período onde o equilíbrio entre os sistemas tropicais e polares estabelece perturbações associadas às descontinuidades frontais.

Destaca-se nesse trabalho, a importância de se analisar as características individuais de cada chuva, sendo que o perfil da precipitação é tão importante quanto o volume total, uma vez que as duas localidades estão sujeitas ao mesmo total anual precipitado; contudo apresentam expressivas diferenças, visto que numa as precipitações poderão ser compostas por chuvas freqüentes de baixa intensidade, enquanto na outra duas ou três chuvas de alta intensidade poderão representar uma grande percentagem da precipitação total.

Desconsiderando diferenças atmosféricas (os dois município são conurbados, sofrendo a mesma influência da circulação geral da atmosfera), as diferenças encontradas podem estar relacionadas às diferenças econômicas e sociais entre os dois municípios. Americana é um município quase que totalmente urbanizado, enquanto Santa Bárbara D'Oeste ainda conta com vastas áreas de vazio intra-urbano e uma área rural muito forte que suplanta em tamanho sua área urbana. Considerando que as diferenças foram maiores nos períodos chuvosos, do que nos períodos secos e que essa diferença se deu no padrão da precipitação (mais dias e menor intensidade para Americana e menos dias e maior intensidade para Santa Bárbara D'Oeste); podemos dizer que as influencias da tipologia urbana e do uso do solo geral do município podem ter um grande papel nessas variações. Para MELLART (1999), a distribuição da chuva ou precipitação pluvial depende da topografia local e do tipo de chuva. O autor observou importantes diferenças na variabilidade espacial das chuvas para distâncias relativamente pequenas (1 km), mas ressaltou que o grau de variabilidade muda de ano para ano e de região para região, o que torna necessário pesquisas regionais e constantes

para obtenção de elementos mais significativos para a variabilidade espacial. Considerando que a classificação das precipitações está relacionada com as condições que provocam a elevação da massa de ar úmida à altitude onde ocorre a condensação dessa umidade; um fator que exerce grande influência no clima é a vegetação, uma vez que esta condiciona o processo de evapotranspiração e, conseqüentemente, a umidade atmosférica (LEE, 1967). O que faz com que possamos pensar na possível influência do período de crescimento da cana-de-açúcar na formação das chuvas no município de Santa Bárbara D'Oeste, diminuindo essa influência nos meses de seu corte e plantio (segundo semestre).

Os impactos meteóricos escapam completamente do controle do homem; podendo-se, na melhor das hipóteses prever metereologicamente e dar sinal de alerta para as defesas civis, contudo suas conseqüências nunca advém unicamente da esfera atmosférica. Numa área sujeita às correntes perturbadas que é a rota normal da progressão da Frente Polar Atlântica, produz-se recorrentemente, o fenômeno que se convencionou em chamar de "frentes estacionárias"; ocorrendo sobretudo no verão, época em que os fenômenos basais secundários, são fortemente agravados pelas conexões íntimas na atmosfera superior; ocasionando com freqüência, a produção de precipitações de elevados índices concentradas em 24, 48 horas (MONTEIRO,1999, p.31).

A ocorrência de precipitações de grande intensidade (aguaceiros) ou de longa duração tem causado grandes transtornos, tais como enchentes, erosão e deslizamentos de encostas, que causam, como conseqüência, o desalojamento de famílias e, até mesmo, um grande número de mortes (COSTA, 2001). Isso se deve principalmente, às chuvas convectivas, que se caracterizam pela pequena abrangência espacial, curta

duração e grande intensidade provocando, muitas vezes, grandes inundações. Como as ocorridas em 01 de janeiro de 07, nas duas cidades analisadas:

Figura 23



Abastecimento de água é prejudicado em Santa Bárbara

Cristiani Custódio
Santa Bárbara d'Oeste

Desabastecimento deve atingir 130 mil pessoas em Santa Bárbara d'Oeste

Fonte: Jornal TODODIA, 22/03/06. Org. por Sousa, 2007

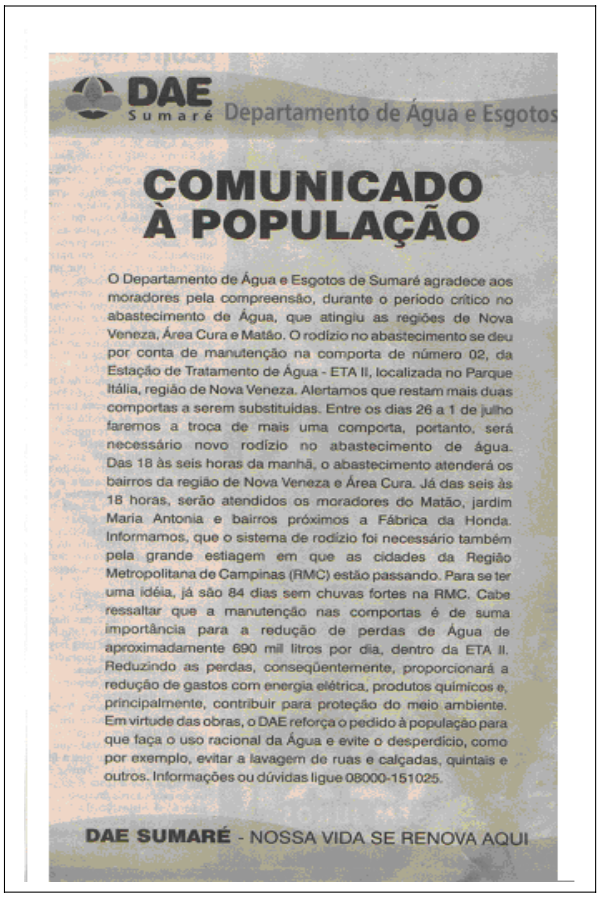
Figura 24



Fonte: Jornal TODODIA, 01/01/07. Org. por

Um problema que aflige todos os municípios estudados é sem dúvida o da baixa umidade na estação seca, coincidindo com o período de queima e corte dos canaviais. De maneira geral, chove muito pouco no inverno e quando chove, está relacionada geralmente ao resfriamento basal; já destacado por Monteiro (1969), como a grande influência dos sistemas frontais nas chuvas de inverno, se caracterizando por chuvas de longa duração (três a quatro dias) e baixa intensidade. Esse problema acaba contribuindo para um aumento da poluição atmosférica na região, piorando muito as condições de conforto térmico da população e contribuindo para o aumento de casos de doenças respiratórias. A bibliografia é bem sucinta em relação aos aspectos hígricos, porém ela considera que como a umidade relativa é dependente tanto do teor de vapor d'água atmosférico quanto da temperatura, o simples fato da cidade ser mais quente interfere no sentido de que ela apresente menor umidade relativa (CAMARGO E TAVARES, 1985, p.150).

Figura 25



DAE Sumaré Departamento de Água e Esgotos

COMUNICADO À POPULAÇÃO

O Departamento de Água e Esgotos de Sumaré agradece aos moradores pela compreensão, durante o período crítico no abastecimento de Água, que atingiu as regiões de Nova Veneza, Área Cura e Matão. O rodízio no abastecimento se deu por conta de manutenção na comporta de número 02, da Estação de Tratamento de Água - ETA II, localizada no Parque Itália, região de Nova Veneza. Alertamos que restam mais duas comportas a serem substituídas. Entre os dias 26 a 1 de julho faremos a troca de mais uma comporta, portanto, será necessário novo rodízio no abastecimento de água. Das 18 às seis horas da manhã, o abastecimento atenderá os bairros da região de Nova Veneza e Área Cura. Já das seis às 18 horas, serão atendidos os moradores do Matão, jardim Maria Antonia e bairros próximos a Fábrica da Honda. Informamos, que o sistema de rodízio foi necessário também pela grande estiagem em que as cidades da Região Metropolitana de Campinas (RMC) estão passando. Para se ter uma idéia, já são 84 dias sem chuvas fortes na RMC. Cabe ressaltar que a manutenção nas comportas é de suma importância para a redução de perdas de Água de aproximadamente 690 mil litros por dia, dentro da ETA II. Reduzindo as perdas, conseqüentemente, proporcionará a redução de gastos com energia elétrica, produtos químicos e, principalmente, contribuir para proteção do meio ambiente. Em virtude das obras, o DAE reforça o pedido à população para que faça o uso racional da Água e evite o desperdício, como por exemplo, evitar a lavagem de ruas e calçadas, quintais e outros. Informações ou dúvidas ligue 08000-151025.

DAE SUMARÉ - NOSSA VIDA SE RENOVA AQUI

Fonte: Jornal TODODIA, 25/06/06. Org. por Sousa, 2007.

Figura 26



Queda de umidade exige mais cuidado

ndice está próximo do estado de atenção estipulado pela OMS; Cepagri prevê nova frente fria

Fonte: Jornal TODODIA, 06/08/2005. Org. por Sousa, 2007.

Outro fato que nos foi possível concluir é que do ponto de vista climático regional e local, não existem diferenças entre os municípios da área de estudo. A análise conjunta de elementos climáticos numa série ininterrupta de mais de 1000 dias (2362 dias) com especial atenção a variação da temperatura permitiu observar certa cadência rítmica no comportamento dos dados. Na maioria dos parâmetros (temperatura e precipitação) os valores obtidos para cada cidade são idênticos ou muito próximos. Este fator faz com que as possíveis diferenças de temperatura encontradas nesses municípios sejam em escalas menores do clima, o que justifica a iniciativa de estudos como esse, visando analisar as diferenças de temperatura na camada limite urbana (dossel urbano) de cada uma dessas cidades, comparando os parâmetros de uso do solo que levam a esse resultado.

Pois,

> Se um clima local é um ponto dentro do regional onde uma conjugação de fatores "especializa" uma certa definição climática, nos locais ocupados por cidades, a ocorrência desses fatores constitui um espectro bem mais amplo, pelas grandes derivações introduzidas pelo homem na edificação urbana; não apenas pelo edificado urbanisticamente, mas pela adição de várias alterações no quadro geo-ecológico, tais como represas, reservatórios, aterros (...) Assim, os climas urbanos são climas locais muito alterados por ação antrópica (MONTEIRO, 1999, p.27).

4.2 Análise do campo térmico na Região de Estudo

Esta parte do trabalho apresenta o planejamento, a descrição, a documentação fotográfica e os resultados das análises dos possíveis microclimas urbanos e sua relação com a intensidade da ilha de calor. Vale destacar que nessa etapa do estudo, priorizou-se correlacionar as temperaturas de superfície (radiométricas) ao uso do solo urbano, pretendo-se nas próximas etapas do estudo relacionar este material às medidas microclimáticas obtidas através de medições móveis de temperatura, sendo possível nesse momento determinar a intensidade das ilhas de calor.

A temperatura da superfície pode ser obtida através de imagens termais de sensoriamento remoto. Isso, todavia, não implica numa estimativa real da temperatura do ar nas superfícies analisadas. Para correlacionar, numa análise aproximada, as diferenças da temperatura de superfície com a temperatura do ar daquele dia, realizou-se, a título de teste, uma correlação entre as temperaturas obtidas com o satélite e os postos fixos de coleta de temperatura localizados na região.

Os dados da estação metereológica do DAEE foram relacionados às temperaturas das áreas de grandes concentrações urbanas; pois está estação está inserida

numa área densamente edificada de Santa Bárbara D'Oeste, na região central da cidade. Os dados da estação metereológica do Instituto de Zootecnia (Nova Odessa) foram relacionados às áreas de pastagem e de cultivos de verão, pois está localizada na Fazenda do Estado (pastagem e pequenos cultivos). As áreas de ocupação rarefeita e de solo exposto foram relacionadas aos dados da estação metereológica de Sumaré, pois esta é localizada entre o Horto florestal e o cemitério da cidade, numa área de pouca ocupação urbana.

A correlação dos dados de temperatura de superfície com estações metereológicas de diferentes cidades só foi possível após analisar estatisticamente uma série de dados horários das 3 cidades, concluindo-se que do ponto de vista do clima regional não há diferenças de temperatura entre as cinco cidades analisadas (os resultados podem ser vistos no capítulo_). Nessa analise o efeito da altitude não foi isolado, pois se trata de uma região de relevo plano, com pouquíssimas diferenças de pressão atmosférica; e além disso, há outros fatores contribuindo para as condições microclimáticas, como as condições intra-urbanas.

No ano de 1988 ainda não haviam estações fixas de medição de temperatura nessa região, de modo que não foi possível realizar a correlação para essa data. Contudo, a título de análise temporal ela é apresentada nesse estudo de modo a corroborar a classificação do índice de vegetação; pois apresenta uma resposta radiométrica das classes, semelhante à classificação realizada pelo índice de vegetação (exceto para corpos hídricos). Comparando com os valores do NDVI, nota-se que os maiores valores de temperatura radiométrica correspondiam às áreas com menor quantidade de vegetação e os menores valores de temperatura radiométrica às áreas de maior quantidade de vegetação. A análise revela um complexo mosaico da termografia da superfície que corresponde à utilização do solo e ao planejamento urbano aplicado às

cidades, pois os eixos de transportes urbanos que estruturam a espacialização da massa edificada são facilmente distinguíveis na imagem relativa à composição colorida e a termografia (Mendonça, 2005). As áreas com os menores índices de temperatura radiométrica associadas aos maiores índices de vegetação, indicam, numa análise intra-urbana, os bairros com melhor qualidade ambiental.

4.2.1 A Análise dos da Vegetação – através do NDVI

Considerando que a expansão urbana está intimamente ligada à redução do número de áreas verdes, sejam elas rurais ou intra-urbanas. Nesse estudo, com o objetivo de complementar as análises e correlações entre uso do solo urbano e microclimas, foram realizadas análises dos índices de vegetação de modo a correlacionar seu incremento, forma e qualidade às questões microclimáticas.

Para tal, foi utilizada a operação aritmética de adição e subtração de bandas espectrais para originar o índice de vegetação. Os índices de vegetação se baseiam na premissa que a assinatura espectral de uma vegetação verde e sadia mostra um evidente contraste entre a região do visível, especificamente no vermelho e do infravermelho próximo, e quanto maior for esse contraste maior é o vigor de dada vegetação; pois, o contraste de informação do solo na região do vermelho e do infravermelho próximo não é tão marcante como a vegetação. Existem vários cálculos que seguem esta lógica, contudo a quem tem mais se destacado é o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI).

Vários estudos mostraram a alta correlação do NDVI com parâmetros associados ao desenvolvimento e produtividade das plantas, tais como densidade de vegetação e cobertura, biomassa foliar verde, índice de área foliar, e estado das culturas.

Nesse trabalho o NDVI foi realizado utilizando o software IDRISI 32, no módulo *Tranformation – Vegindex - NDVI.* Os valores são apresentados no intervalo -1 ≥ NDVI ≥ 1 (indicando que só os valores positivos correspondem às zonas de vegetação).

O sensoriamento remoto proporciona uma visão sinóptica de áreas agrícolas, além de possibilitar um monitoramento temporal dos estágios de desenvolvimento da cultura em grandes áreas, o que possibilita que em um trabalho como esse, voltado para a formação do campo térmico das cidades, tenhamos uma noção real do grau resposta espectral das áreas rurais em relação à resposta urbana.

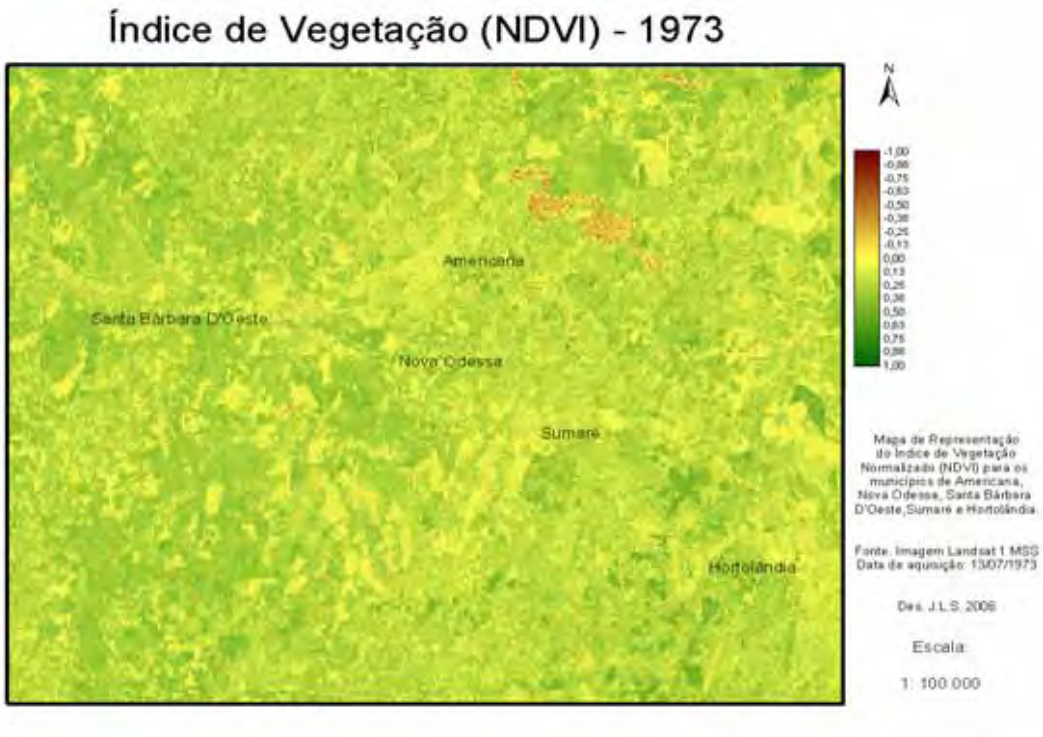
Conhecendo-se a curva espectral média da vegetação fotossinteticamente ativa é possível verificar três regiões distintas, que compreendem o visível (até 740 nm), onde se observa uma reflectância baixa em virtude da absorção da radiação incidente pelos pigmentos da planta, como as clorofilas a e b e carotenóides, uma segunda região que compreende a faixa do infravermelho próximo, dominado pela estrutura celular das folhas provocando alta reflectância. E por fim, a faixa que compreende o infravermelho médio dominado pelo teor de água contido nas folhas, o qual provoca bandas de absorção em 1400 e 1950 nm e diminuição na reflectância na curva espectral da cultura.

Justamente em virtude da diferença nos valores de reflectância nas faixas do visível (400 a 740 nm) e do infravermelho (740 a 1400 nm) e das diferenças nas informações contidas nestas faixas do espectro, é que os índices de vegetação foram concebidos e, baseados fundamentalmente nestas diferenças, é que, usando-se razões entre as bandas, pode-se inferir as condições de vigor e produtividade da vegetação

A influência da resposta espectral do solo no comportamento geral de uma área agrícola é função de parâmetros agronômicos e biofísicos da cultura, tais como porcentagem de cobertura do solo, estágio fenológico, estrutura e arquitetura da cultura,

espaçamento de plantio e condições fitossanitárias, portanto altamente relacionados com aspectos temporais do desenvolvimento da cultura. Conhecendo, portanto, os efeitos da resposta espectral dos solos no comportamento espectral da vegetação, diversos autores vêm se preocupando em separar seus efeitos, a fim melhor caracterizar melhor a vegetação e permitir que dados espectrais, como índices de vegetação, possam ser utilizados no monitoramento temporal das culturas e da resposta espectral das mesmas.

Imagem 8

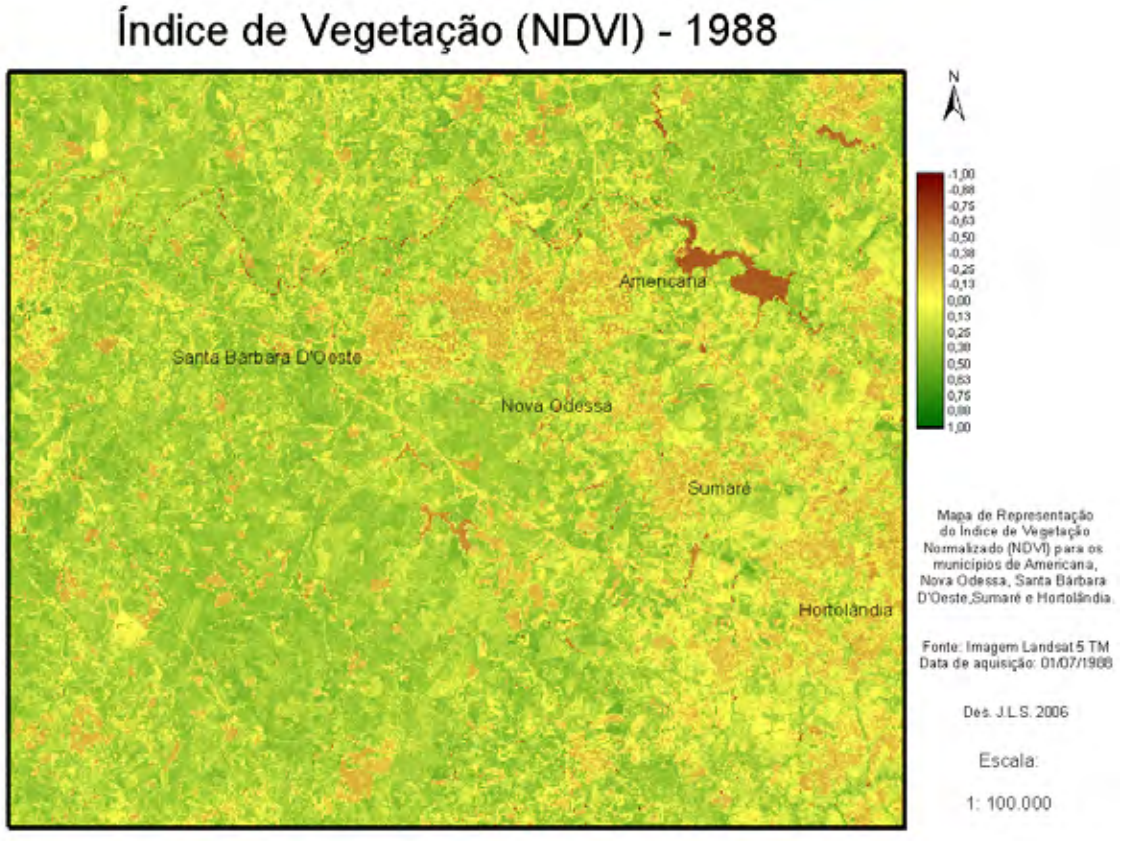


O primeiro NDVI (da imagem Landsat MSS de julho/1973) analisado apresentou uma série de limitações: a resolução do Landsat MSS era de apenas 80 metros, o período (julho) corresponde ao período de preparo do solo e plantio das culturas de ciclo curto e da cana de açúcar e as manchas urbanas dos municípios ainda não estavam consolidadas. Contudo, já era

possível ver levemente as formações das manchas urbanas, em meio às áreas vegetadas e de solo exposto.

Jackson et al. (1983) estudaram o comportamento de vários índices de vegetação derivados da informação do sensor Landsat MSS tentando avaliar, entre outras coisas, a sua capacidade. O NDVI apresentou-se mais sensível às pequenas percentagens de recobrimento por vegetação, mostrando que provavelmente nas fases iniciais de desenvolvimento das culturas o NDVI seja o método mais adequado para o monitoramento e a discriminação entre o solo nu e o solo coberto com baixa percentagem de vegetação; contudo nessa imagem encontramos também a cana de açúcar nosso estágio de maturação (o que dá uma resposta espectral semelhante a do solo exposto – aumento da palha na cultura).

Imagem 9



O segundo NDVI (1988) já apresenta maior nitidez nas feições, facilitando a compreensão da resposta espectral. Os corpos hídricos aparecem em destaque (com

nenhuma vegetação, -1), sendo seguido pela mancha urbana, que se apresenta com total nitidez, assim como os espaços verdes intra-urbanos. Como chave de interpretação dos elementos analisados podemos classificar:

Tabela 21

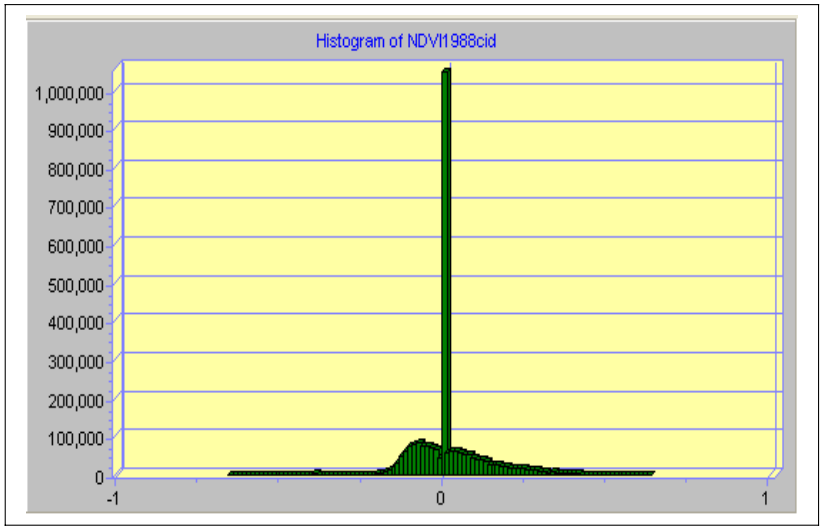
Elemento/ Características	Cana de açúcar	Mata	Pastagem	Corpos Hídricos	Solo exposto	Área Urbana
Tonalidade (NDVI) Cor: NDVI256	Diversos tons de verde	Verde escuro	Amarelado	Marrom escuro	Amarelo	Marrom claro

Vale destacar que essa imagem também é do mês de julho, período de preparação do solo para as culturas ditas de verão (período de maturação entre dezembro e janeiro). Esta análise é aproximada, servindo apenas para diferenciar os demais elementos dos municípios das manchas urbanas. Uma classificação mais detalhada dos usos do solo nessa área pode ser encontrado no trabalho de Borges et al. (1993).

Outra dificuldade de se analisar imagens do período entre julho e agosto é o fato de esse período ser pouco antes do corte da cultura, estando a cana-de-açúcar na fase de maturação. Isso faz com que os valores do NDVI comecem a se estabilizar até que por fim há uma queda da reflectância em virtude do aumento da quantidade de palha na cultura e senescência. Isso faz com que se analisemos os histogramas do NDVI de 1973 e 1988 esses apresentem menos vegetação que os de 2000 e 2002.

Gráfico 33

Histograma do NDVI para 1988:

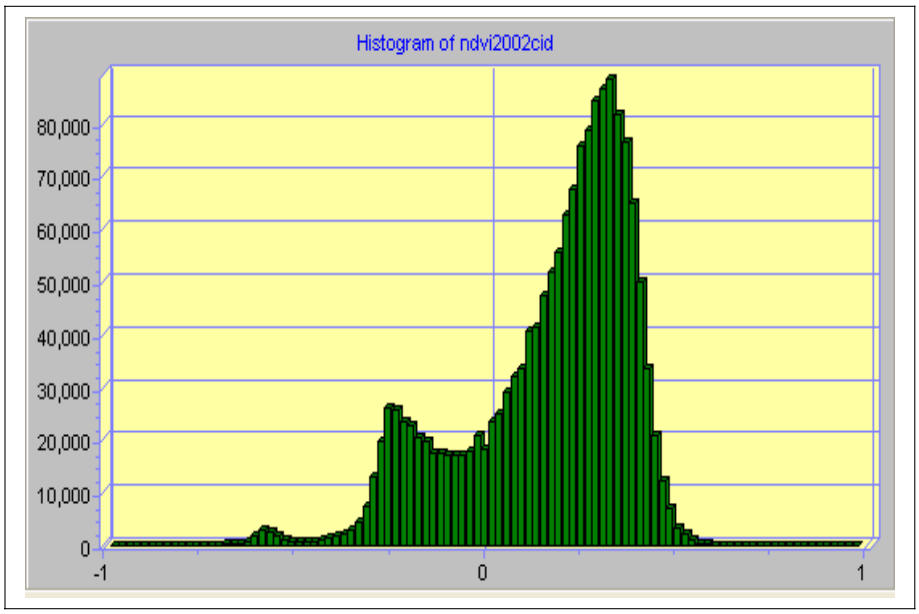


Fonte: Sousa, 2006.

Os NDVI ‘s seguintes foram realizados com imagens do período entre março e abril de 2000 e 2002, respectivamente.

Gráfico 34

Histograma do NDVI para 2002



Fonte: Sousa, 2006.

O período de fevereiro a abril corresponde à fase de máximo desenvolvimento vegetativo (cana-de-açúcar com 1,50 a 2,00 m); apresentando uma estabilidade nos seus valores. Como não houve mudanças bruscas no uso do solo urbano e rural os NDVI's de 2000 e 2002 apresentaram a mesma estrutura, mantendo-se as mesmas áreas verdes intra-urbanos já detectadas em 1988.

Do ponto de vista do campo térmico das cidades, pela análise temporal dos NDVI's da área de estudo, podemos dizer que num primeiro momento, 1973, a seqüência natural dos valores do campo confundirem-se com os da cidade foi real. Com a evolução urbana e o aumento da antropização das cidades, nas décadas seguintes, a diferença de vegetação rural/urbana se tornou evidente, aparecendo em destaque as áreas verdes intra-urbanas.

Nas imagens é possível comparar as respostas do índice de vegetação NDVI com a composição RGB e com imagens de alta resolução da mesma área, comprovando seus resultados, quanto à ausência de vegetação.

Imagem 10

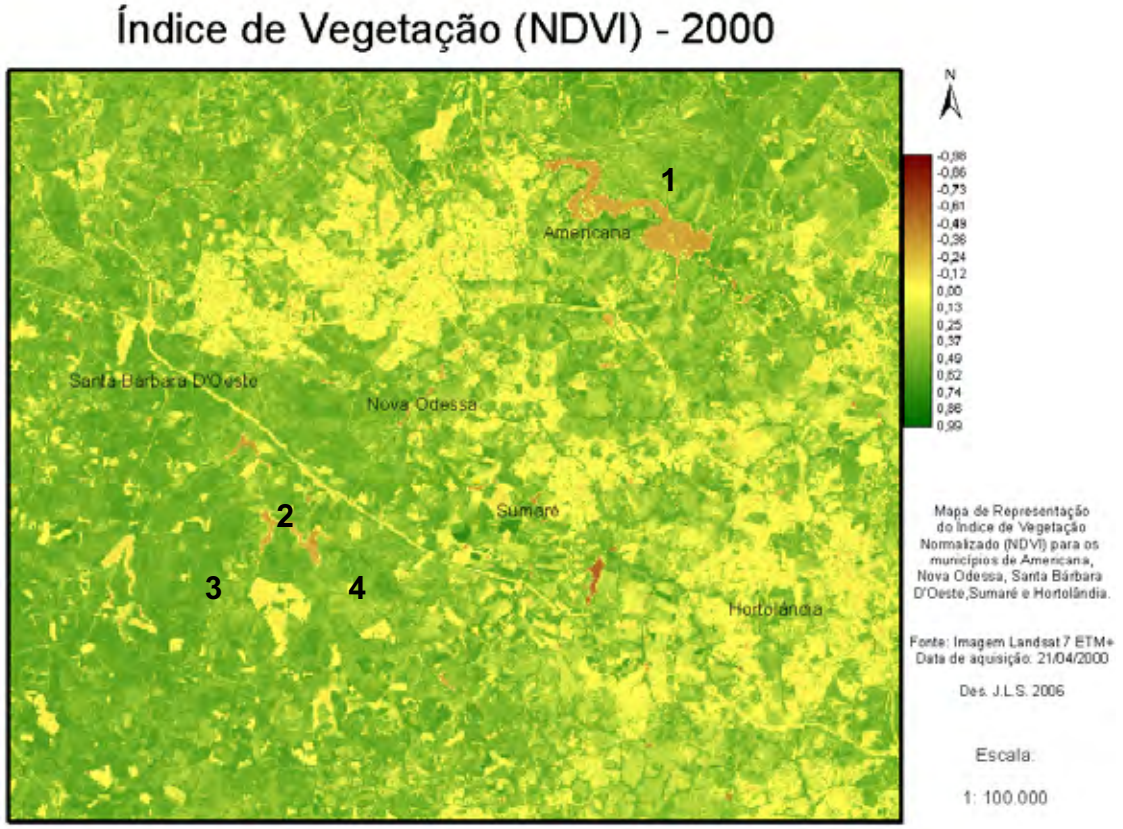


Imagem 11

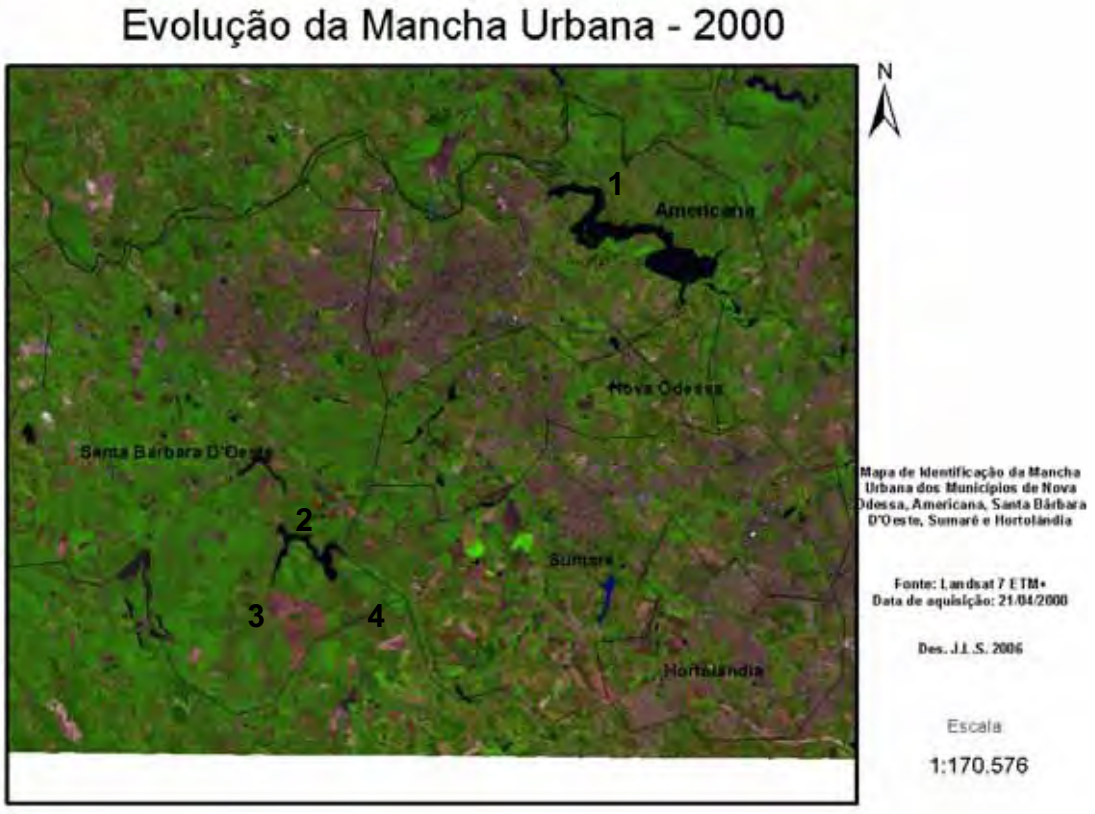


Imagem 12

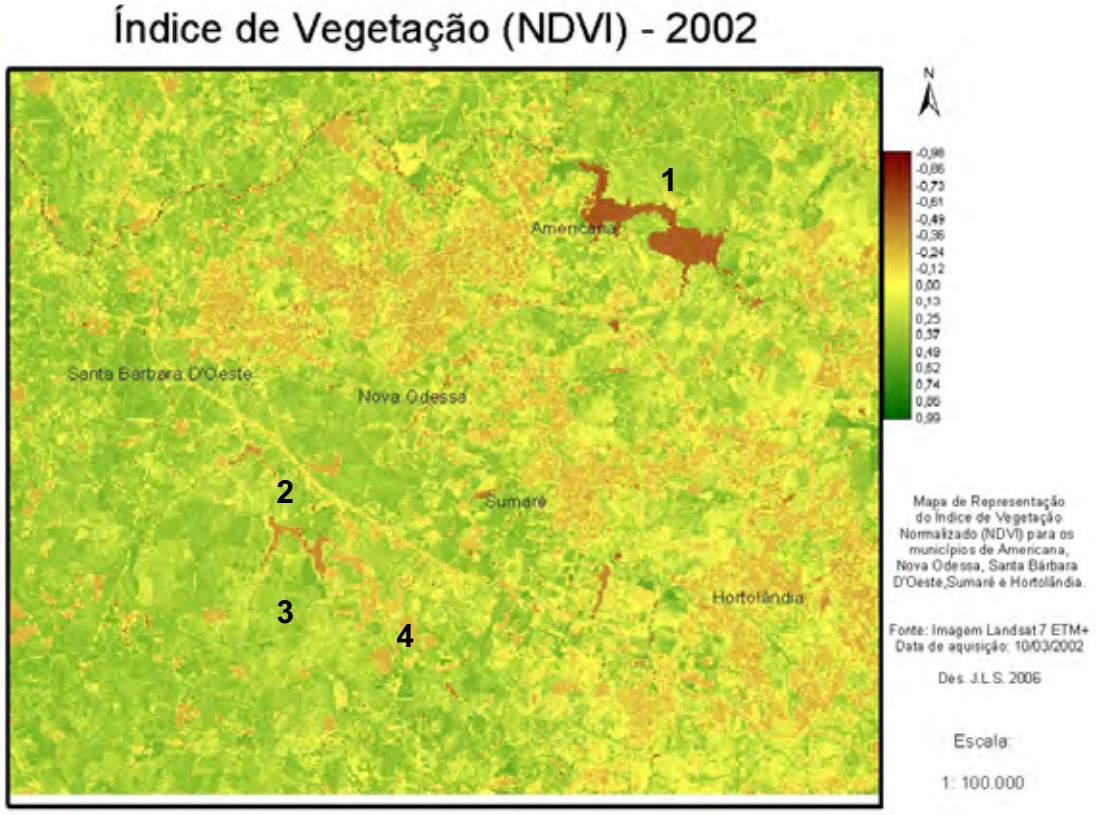
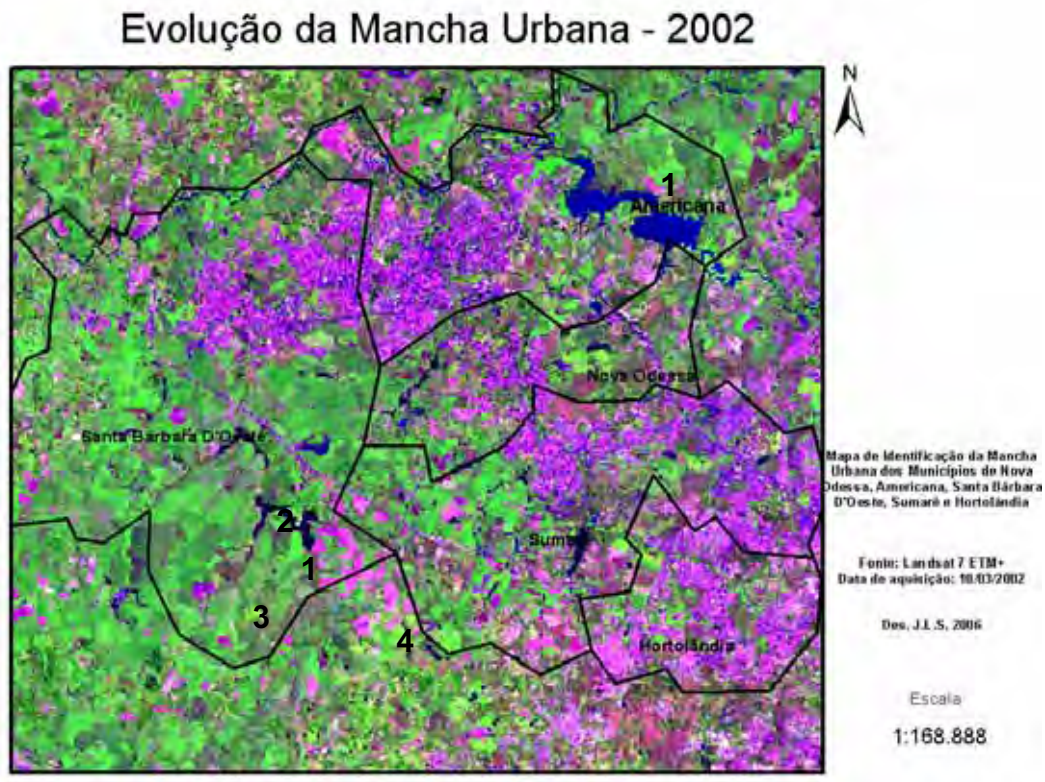
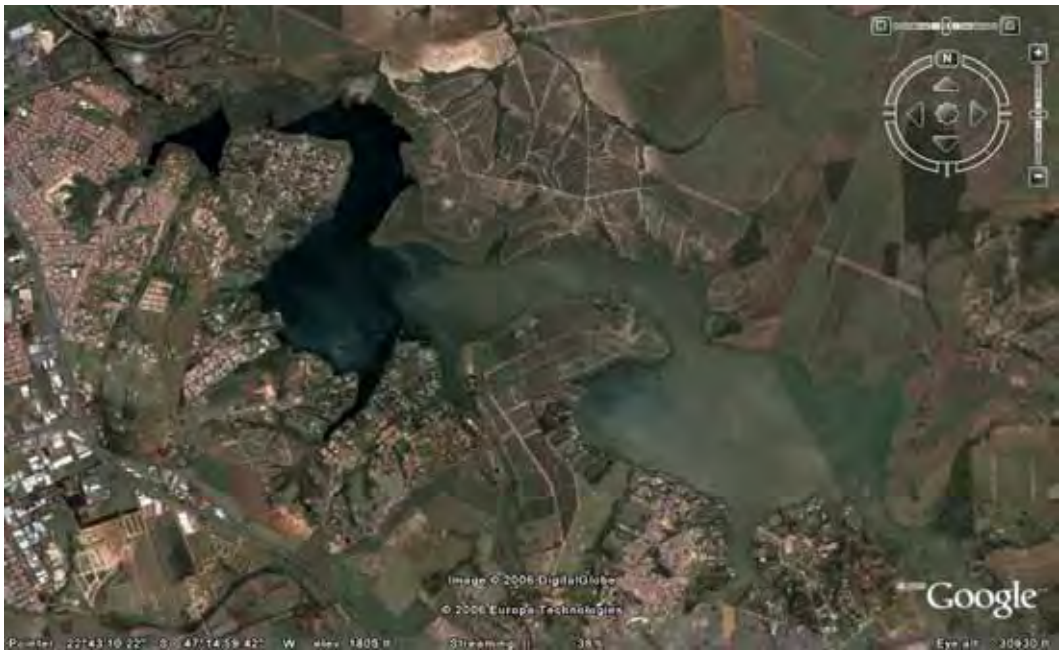


Imagem 13



Imagens de Alta Resolução:

Figura 27
Ponto 1 – Represa de Salto Grande (ausência total de vegetação).



Fonte: Google Earth, 2006.

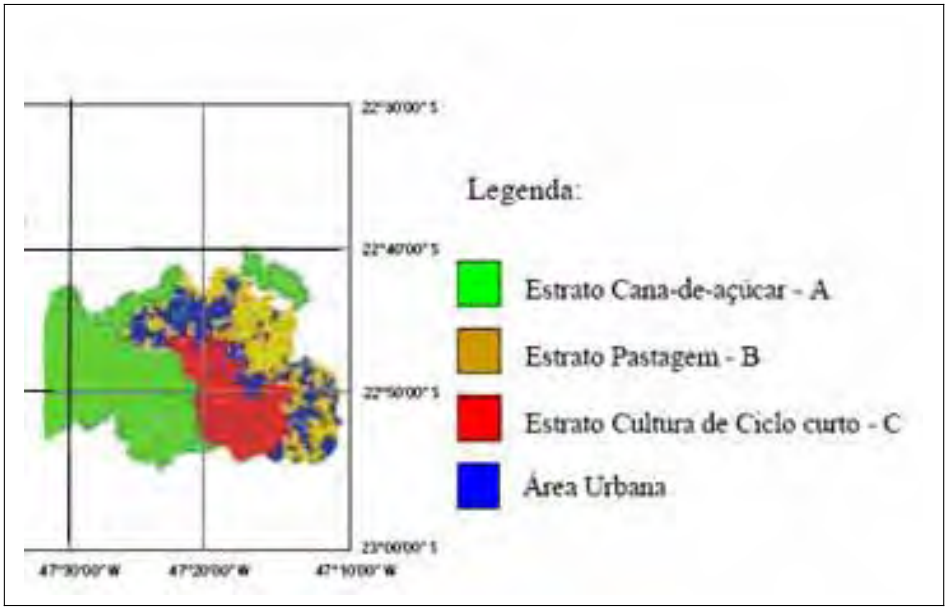
Figura 28
2 (Ribeirão dos Toledos – ausência total de vegetação), 3 (talhão de cana de açúcar – fase de maturação, com muita palha) e 4 (solo exposto de cultura de ciclo curto)



Fonte: Google Earth, 2006.

Segundo a divisão de Moura (2000) a área rural dos municípios da área de estudo podem ser divididos como sendo:

Figura 29



Fonte: Moura (2000). Adaptado por Sousa, 2006.

Para essa classificação ele utilizou imagens Landsat 5 TM do período entre julho e setembro de 1998, pois este período coincide a fase de pré-plantio das culturas de ciclo curto, comparando seus resultados com o Levantamento Sistemático de Produção Agrícola realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A citação desse trabalho vem de encontro com a análise realizada anteriormente, encontrando para as imagens do mês de julho (1973 e 1988) uma grande parcela de solos expostos, principalmente na área definida por ele como pertencente às culturas de ciclo curto, inclusive causando confusões na interpretação visual ao se confundir com a mancha urbana dos municípios de Sumaré e Nova Odessa, principalmente. Contudo, estudos mais recentes apontam uma redução nas áreas destinadas a culturas de ciclo curto e uma expansão da cana de açúcar em toda a região.

Figura 30



ECONOMIA X MEIO AMBIENTE

Cana-de-açúcar avança e divide especialistas

Cultura expandiu 20,7% em todo Estado de São Paulo; pequenos produtores lucram arrendando terras

Diario Rodrigues
Região

Arrendamento é opção viável

Fonte: Jornal TODODIA, 01/01/07. Org. por Sousa, 2007.

Do ponto de vista do uso e ocupação dos solos, podemos dizer que apesar do reduzido número de pessoas empregadas no setor rural nessas cidades; as áreas ocupadas pela monocultura de cana (sobretudo) e pelas culturas de verão (geralmente, produções familiares ou pequenas) ainda representam uma boa parte do território. Desse modo, se objetivamos analisar efetivamente o fenômeno das ilhas de calor temos que pensar que sua conjuntura é diferente das grandes cidades que têm sido analisadas em estudos dessa espécie, cidades essas, em que a área rural é geralmente relacionada ao subúrbio ou a áreas rurais rarefeitas ou florestadas.

Um estudo da microrregião de Americana exige que pensemos nos impactos da inércia térmica do ciclo das culturas rurais (sobretudo a cana de açúcar, que apresenta

diferentes espectros conforme sua fase de desenvolvimento e posterior queima[2]), além dos impactos das áreas urbanas; pois as diferenças urbano-rurais estão intimamente relacionadas às fases de desenvolvimento das culturas. Outro fator relevante quanto às interpretações é considerar os impactos das diferenças de temperatura dos vazios intra-urbanos com as áreas densamente edificadas.

Figura 31



AMERICANA

TJ derruba lei que proíbe queimadas

Tribunal concedeu liminar pedida por sindicato da indústria canavieira e julgou lei inconstitucional

Paulo San Martin
Americana

O presidente do TJ (Tribunal de Justiça) de São Paulo, Luiz Tâmbara, concedeu liminar requerida pelo Sifaesp (Sindicato da Indústria da Fabricação do Álcool do Estado de São Paulo) e considerou inconstitucional a lei municipal de Americana, promulgada em 2003, que proíbe as queimadas da cana-de-açúcar em todo o território do município. Com a concessão da liminar, os órgãos municipais ficam impedidos de multar e coibir as queimadas.

O secretário de Meio Ambiente de Americana, Victor Chinaglia Júnior, afirmou ontem que a prefeitura vai recorrer da decisão. "Permitir a volta das queimadas é uma afronta à população de Americana, que é extremamente castigada, nesta época do ano, pela fumaça e pela fuligem. As queimadas afetam especialmente as crianças", avaliou o secretário. Chinaglia afirmou que a Secretaria dos Negócios Jurídicos "vai entrar imediatamente" com um recurso para tentar derrubar a liminar.

O Sifaesp impetrou uma Adin (Ação Direta de Inconstitucionalidade) contra a Prefeitura de Americana, sob alegação de que a lei que proíbe as queimadas de cana no município é inconstitucional, uma vez que se sobrepõe à lei estadual, de 2002, que decretou a "eliminação gradativa da queima da palha de cana-de-açúcar" no Estado e deu prazo de 30 anos para que as queimadas fossem totalmente abolidas. O Sifaesp argumenta ainda que, de acordo com a Constituição, a legislação sobre Meio Ambiente é um atributo exclusivo da União.

"Há razoabilidade do direito invocado, uma vez que a lei hostilizada, ao proibir a utilização do fogo (...), em qualquer área do município de Americana, invadiu seara privativa da União", diz o texto da sentença de Tâmbara. Ele ainda pondera que a questão das queimadas já foi regulamentada pelo governo estadual.

"Nós vamos argumentar, para derrubar esta liminar. A Constituição de 1988 determinou que as questões referentes ao uso e ocupação do solo são atribuições exclusivas do município. E a forma como é manejada a cultura da cana, em maior ou menor grau, deve ser enquadrada dentro destas atribuições", afirma Chinaglia. De acordo com o secretário, o impasse provocado pela decisão do TJ "é mais uma prova" de que a política ambiental do Governo do Estado "é zero". "Foi um absurdo a promulgação desta lei que dá 30 anos para a solução de um problema grave como este, em detrimento da população de cidades como Americana e em favorecimento dos grandes grupos do setor", acusou ele. O secretário acredita que o sindicato dos produtores de álcool e açúcar "só se motivou" a impetrar a ação de inconstitucionalidade por causa da existência da "confusão legislação estadual".

Nos últimos 30 dias, desde que começaram as queimadas nas plantações de cana-de-açúcar, a prefeitura aplicou duas multas de R$ 5 mil e foram registradas mais dez BOs (boletins de ocorrência) contra grandes proprietários. "Consideramos que a multa prevista na lei municipal é pequena, mas há um projeto em tramitação na Câmara, de autoria do vereador Kiko (Marco Antônio Alves Jorge, do PDT), propondo que o valor da multa seja de R$ 1 por metro quadrado de área queimada", lembra Chinaglia.

...nas plantações de cana é prejudicial à saúde

Fonte: Jornal TODODIA, 10/08/05. Org. por Sousa, 2007.

[2] A queima de cana é proibida por lei nessa região, contudo, os grandes produtores têm conseguido liminares que garantem a manutenção desse processo.

Figura 32



Benefícios e malefícios na balança

As queimadas são uma preocupação para o efeito estufa. Mas se por um lado a cana tem o malefício da queima, por outro ela traz benefícios grandes quando usada na fabricação do álcool combustível, com a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa.

O engenheiro agrônomo e professor da Esalq (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), Carlos Clemente Cerri, aponta que a cana-de-açúcar para a produção de combustível é extremamente positiva para o meio ambiente. "A cana tem benefícios com relação ao ambiente no que se refere a produção de álcool. O álcool como combustível evita a queima de combustível fóssil (proveniente do petróleo). Isso é um ganho", resumiu o professor. Segundo Cerri, a queima do álcool é mais ecológica porque a própria plantação de cana do ano seguinte absorve o gás carbônico produzido nessa queima de combustível. Com esse ciclo, a quantidade de gás na atmosfera se estabiliza.

Mas o engenheiro agrônomo salienta que esse benefício da cana-de-açúcar é minimizado quando a colheita utiliza a queima da palha para o corte. "A queima da palha de cana produz o gás carbônico e quando há essa queimada, o ganho ambiental não é mais tão grande", explicou. A colheita sem queimada, segundo o especialista, propicia que parte da folhagem que fica sobre o solo se decomponha e ajude na adubação natural do solo, além de não ocorrer a emissão de gases na atmosfera.

O engenheiro agrônomo doutor em economia pela Unicamp (Universidade Estadual de Campinas) e pesquisador do IEA (Instituto de Estudos Agronômicos), José Sidnei Gonçalves, acredita que o maior problema ambiental da cana-de-açúcar, a queimada, será resolvida com o tempo. Já que a legislação estadual prevê a redução gradativa das queimadas.

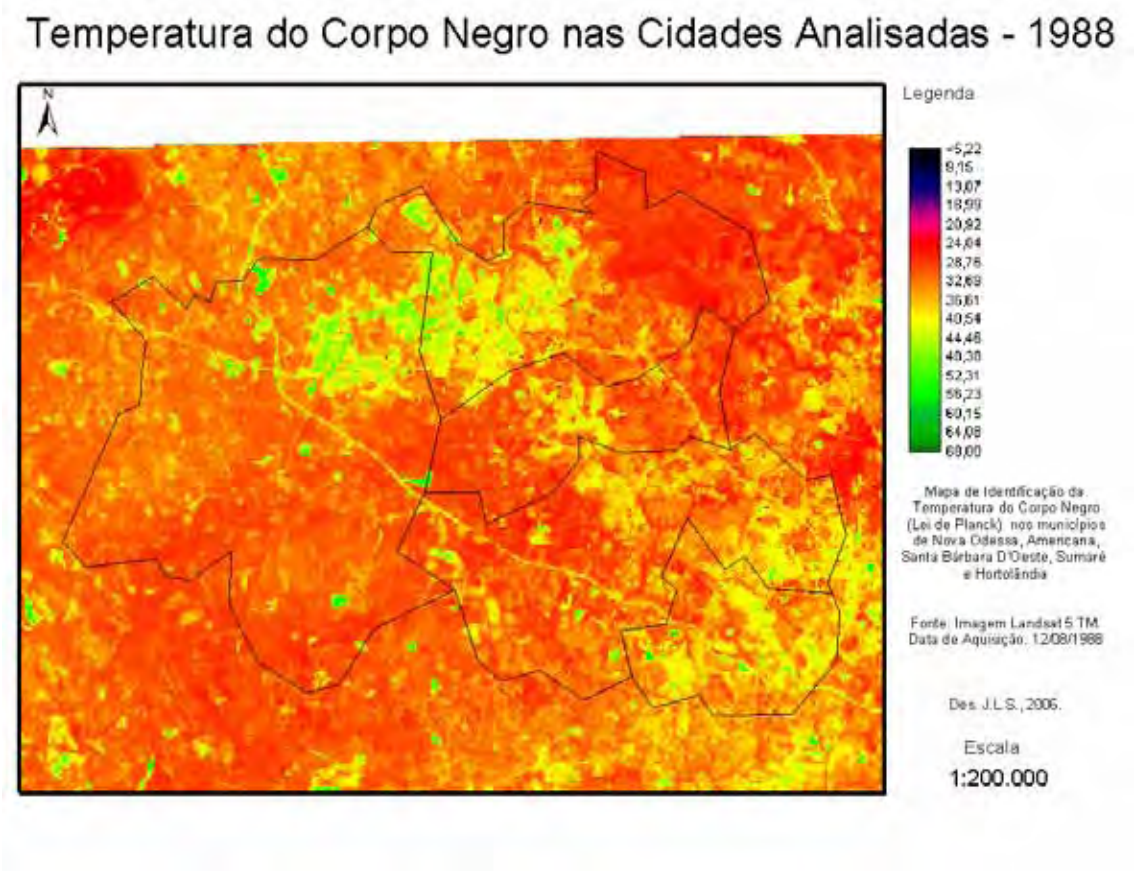
Para acabar com a queima de cana, Cerri defende a antecipação dos prazos previstos na lei para a mecanização das lavouras. "Precisa também de políticas públicas que incentivem o plantio já mecanizado com espaço para mão-de-obra", alegou o engenheiro agrônomo. (GR)

Fonte: Jornal TODODIA, 01/01/07. Org. por Sousa, 2007.

Esses dois tipos de análises podem ser efetuadas a partir do cálculo da temperatura do corpo negro (Lei de Planck) que vai determinar quais os pontos de maior emissividade nessas cidades. Nesse trabalho, buscamos trabalhar com uma série temporal (1988, 2000 e 2002) destacando que nesse período as diferenças de uso do solo se deram somente de maneira intra-urbana; o que denota a importância desses estudos para a escala do conforto térmico dos citadinos.

4.2.2 As Ilhas de Calor

Imagem 14

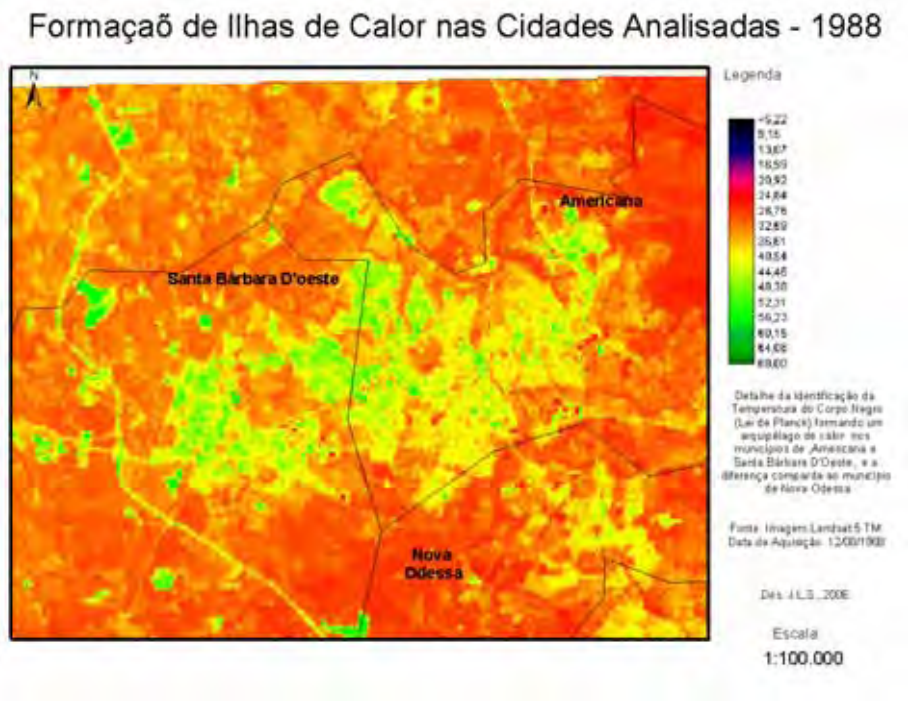


Para a interpretação intra-urbana utilizou-se uma análise visual das possíveis ilhas de calor ocorridas nessa data, devido as diferenças de temperatura radiométricas entre os centros urbanos e as áreas rurais. Partindo do pressuposto que a formação do fenômeno ilhas de calor se dá na capacidade de absorção da radiação; enquanto nas áreas livres rurais uma parcela significativa é absorvida e transformada em calor latente, no processo de evapotranspiração, com apenas a parte restante sendo convertida em calor sensível; nas áreas urbanas, a maior parte da radiação solar é absorvida e convertida diretamente em calor sensível, o que alcança a temperatura do ar e durante a noite, contribui para a formação de ilhas de calor. Vale destacar, que o satélite Landsat passa pela órbita brasileira por volta das 9 horas da manhã, fato esse que limita o uso de imagens desse satélite para a determinação exata das ilhas de calor. A banda termal do

Landsat seria, assim, uma ferramenta para analisar o comportamento térmico dos diferentes usos o solo da cidade, apontando através dessas análises as possibilidades das diferenças nas temperaturas de superfície influírem para a formação de ilha de calor.

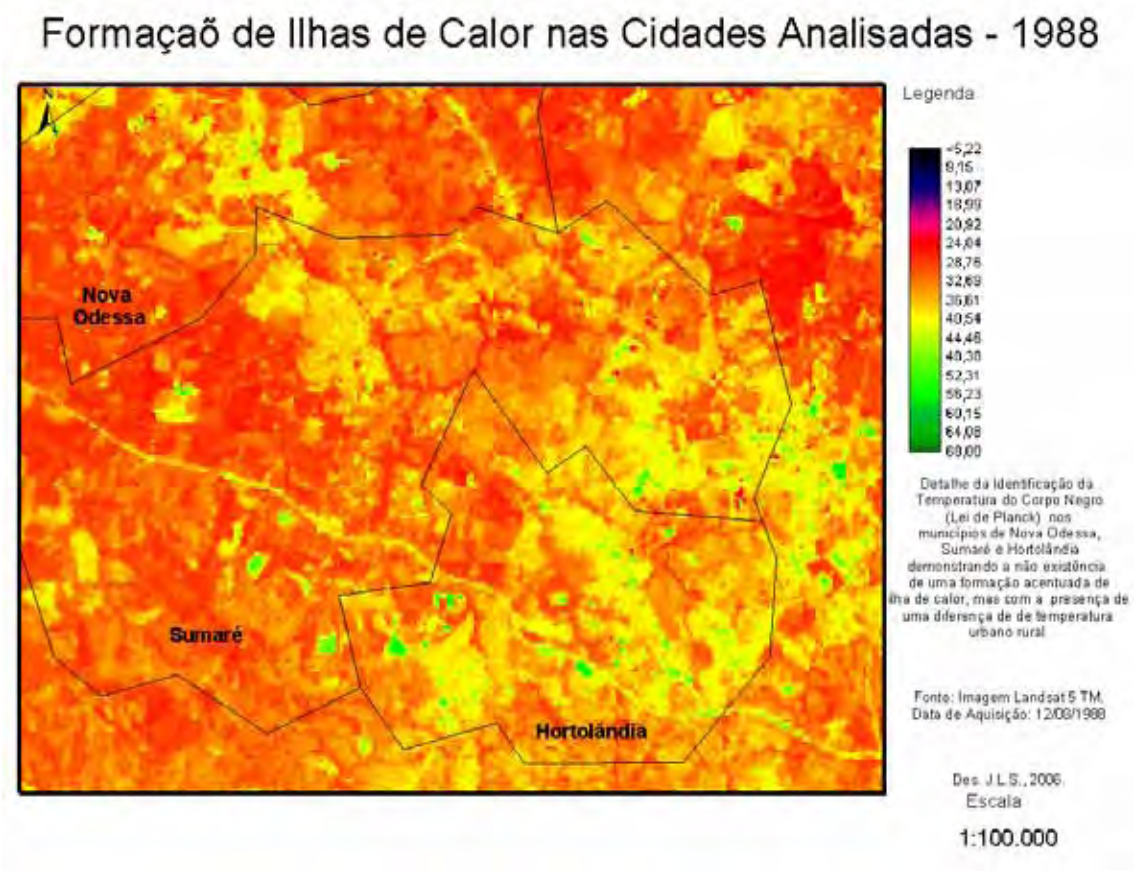
Oke et al (1977) simulou os efeitos óticos e térmicos dos materiais utilizados para a formação de ilhas de calor noturnas, encontrando um papel minoritário da emissividade nesse processo, medindo a emissividade urbana e rural, Oke encontrou um aumento da emissividade de 0.85 para 1,0, o que significa 0,4 C no ΔT entre áreas urbanas e rurais. Contudo, em lugares planos, o efeito das propriedades termais dos materiais foi bem mais significativo. Para o mesmo período, ele encontrou uma admitância urbana de 2200 J/m²/K, para menos de 800 unidades de admitância rural (o que significa uma ilha de calor de 2°C para esse período). Nas áreas rurais, quando a admitância cai para 600 J/m²/K, temos a formação de uma ilha fresca de até 4°C, durante a noite. Como nossa região é relativamente plana, se torna interessante realizar essa análise, de modo a tentar correlacionar efeitos da temperatura de superfície no clima.

Imagem 15



Analisando a imagem de 1988, é possível notar uma extensão da ilha de calor pela conurbação entre as cidades de Americana e Santa Bárbara D'Oeste (em torno de 50 ºC), nas áreas densamente edificadas, devido a uma maior resposta espectral dos materiais que a compõem. Ilhas com menor emissividade são vistas nessa região, sendo associadas aos vazios urbanos (em torno de 35 ºC). As áreas de ocupação não tão concentrada, associadas aos bairros residenciais e a toda mancha urbana da cidade de Nova Odessa, apresentaram uma temperatura de superfície em torno de 38 ºC. As áreas de cultivo rurais, por sua vez, apresentaram temperaturas entre 24 e 38 ºC. A diferença de emissividade entre as áreas densamente edificadas e as áreas rurais é portanto de até 26 C 9º de temperatura de superfície, o que pode, dependendo de outras condições (adensamento urbano, altura dos cânions etc.) contribuir com a formação de uma ilha de calor noturna.

Imagem 16



As diferenças urbano/rurais também são visíveis em Nova Odessa, Sumaré e Hortolândia, contudo, a configuração formada é diferente da de Americana e Santa Bárbara, pois essas cidades ainda não apresentavam em 1988 áreas densamente edificadas com prédios altos e outras condições desse gênero. Hortolândia, apesar de ser a mais edificada das três, conta na maioria de sua área com casas térreas unifamiliares e com carência de equipamentos técnicos ou grandes obras de engenharia que pudessem impactar sobre sua temperatura de superfície. Os pontos mais quentes encontrados nessas cidades podem ser associados às indústrias que já estavam instaladas ali nesse período e que provocam impactos na temperatura de superfície, podendo ser observado a localização das mesmas próximas a vias de transporte.

Correlação das Temperaturas de superfície com a Temperatura do Ar

As imagens de satélite termal são muito úteis na determinação do balanço de radiação, pois elas são capazes de gerar produtos que permitam determinar a reflexão de ondas-curtas e a emissão de ondas longas. A presente pesquisa irá se focar nas imagens do satélite Landsat 7 ETM+, que tem no infra-vermelho termal (banda 6H) uma resolução de 60 metros, oferecendo uma possibilidade de registro de até 30 metros de modo a não atrapalhar sua interpretação numa correlação com outro produto de sensoriamento remoto. As análises aqui apresentadas foram realizadas através do software IDRISI 3.2 (EASTMAN, 2001); com o calculo do algoritmo Thermal, onde as imagens foram processadas, transformando os valores radiométricos (originais) em informações de temperatura radiante (emitida) da superfície da cidade.

Obtidos os valores de superfície, esses foram relacionados as temperatura do ar máxima e mínima (correspondentes, a primeira, ao horário das 13:00 h.; e a segunda, ao horário das 2:00 h.) para aquele tipo de uso do solo; utilizando para isso as estações base, como já descrevemos anteriormente, este teste busca encontrar possíveis correlações entre a temperatura do ar e a temperatura de superfície, considerando para tal os possíveis efeitos da emissividade na temperatura.

Estações Metereológicas e sua Localização Quanto ao Uso e Ocupação do Solo

Figura 33

Área Urbana: Estação Metereológica de Santa Bárbara D'Oeste.

Localização: prédio do DAEE, na área central da cidade.



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 34

Áreas de Pastagem intra-urbanas e de culturas de verão: Estação Metereológica de Nova Odessa

Localização: Instituto de Zootecnia



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 35

Áreas de ocupação rarefeita e de solo exposto: Estação Metereológica de Sumaré.

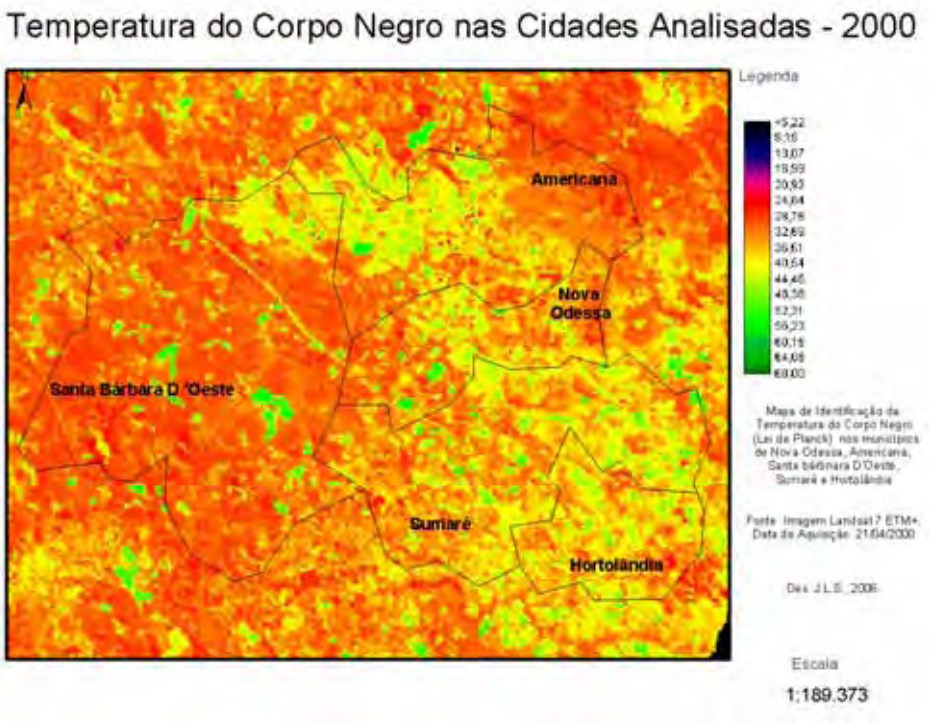
Localização: entre o Horto Florestal e o cemitério da cidade.



Fonte: Google Earth, 2006.

Primeiro Período Analisado: 21 de abril de 2000.

Imagem 17



Estação IZ:

Máxima temperatura alcançada de dia: 27ºC

Mínima temp. alcançada a noite: 12ºC

Imagem 18

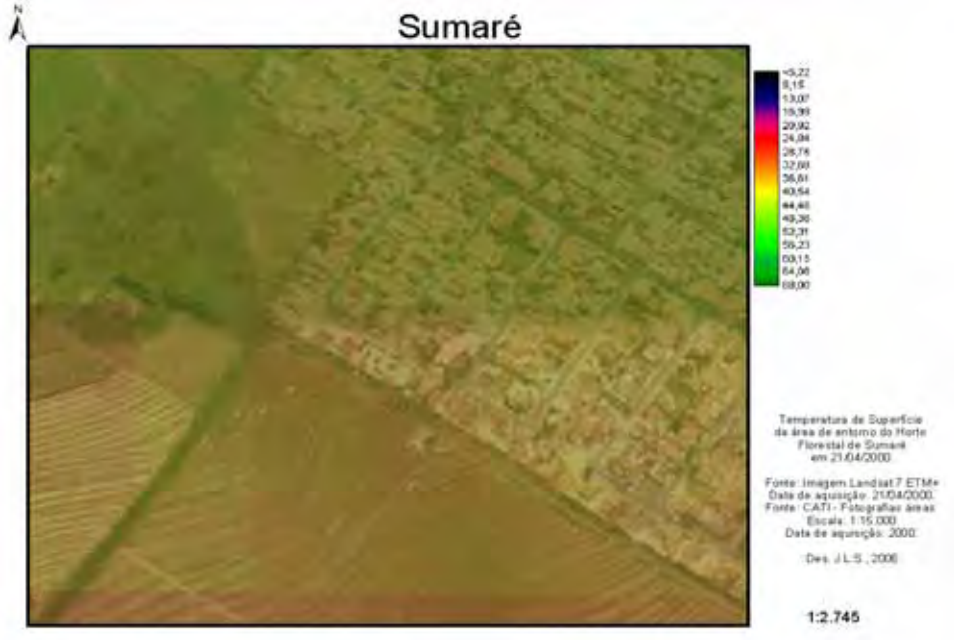


Estação Sumaré:

Máxima temperatura alcançada de dia: 29ºC

Mínima temp. alcançada a noite: 10ºC

Imagem 19

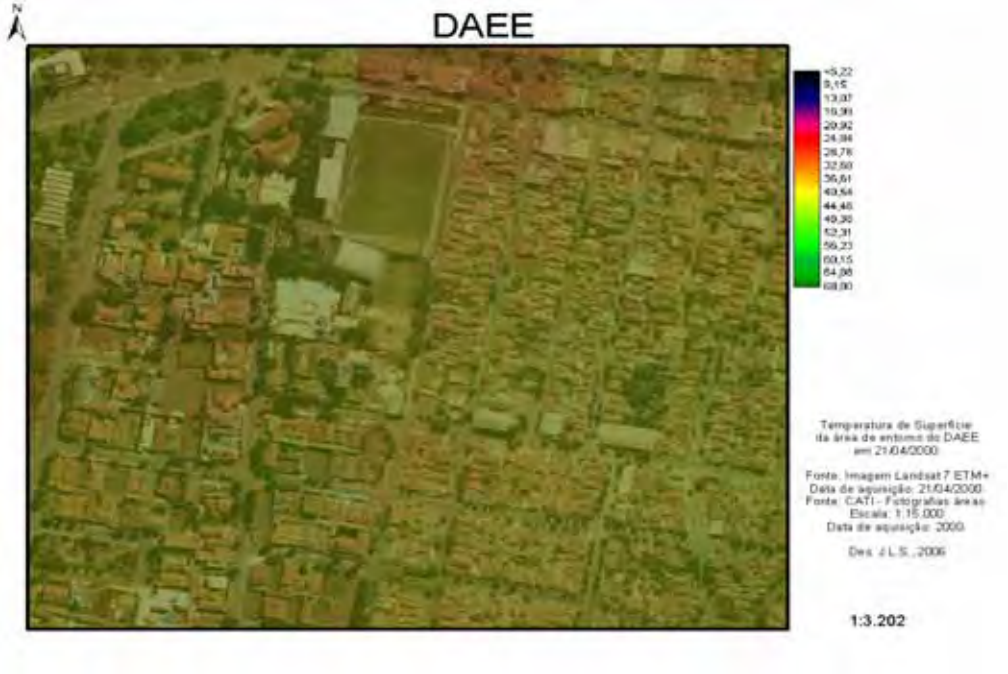


Estação Santa Bárbara:

Máxima temperatura alcançada de dia: 27ºC

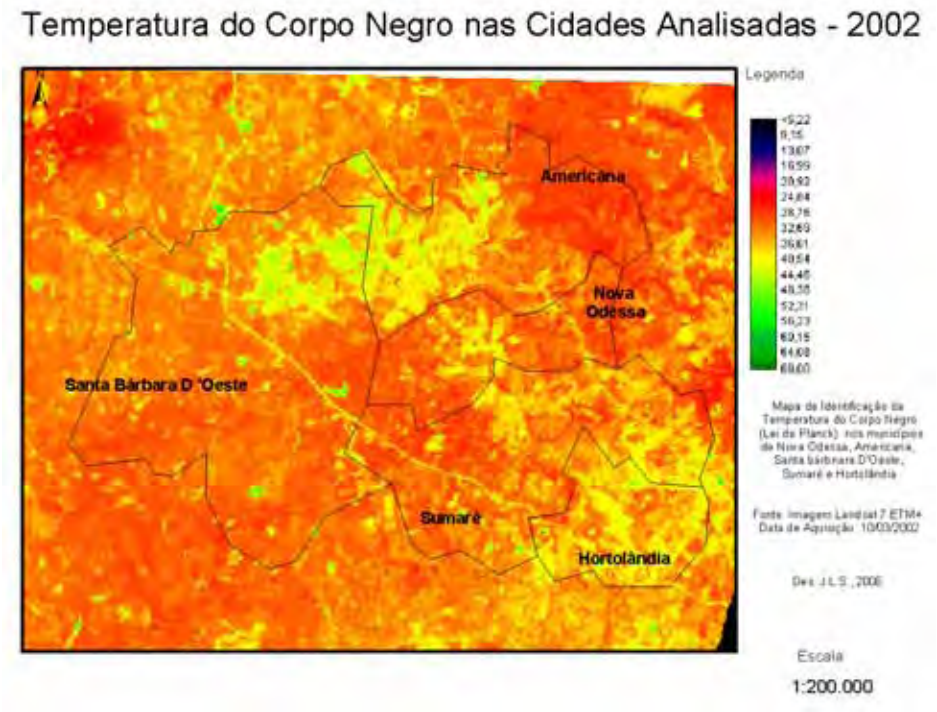
Mínima temp. alcançada a noite: 12ºC

Imagem 20



Segundo Período Analisado: 10 de março de 2002.

Imagem 21



Estação IZ:

Máxima temperatura alcançada de dia: 35,6ºC

Mínima temp. alcançada a noite: 19ºC

Imagem 22

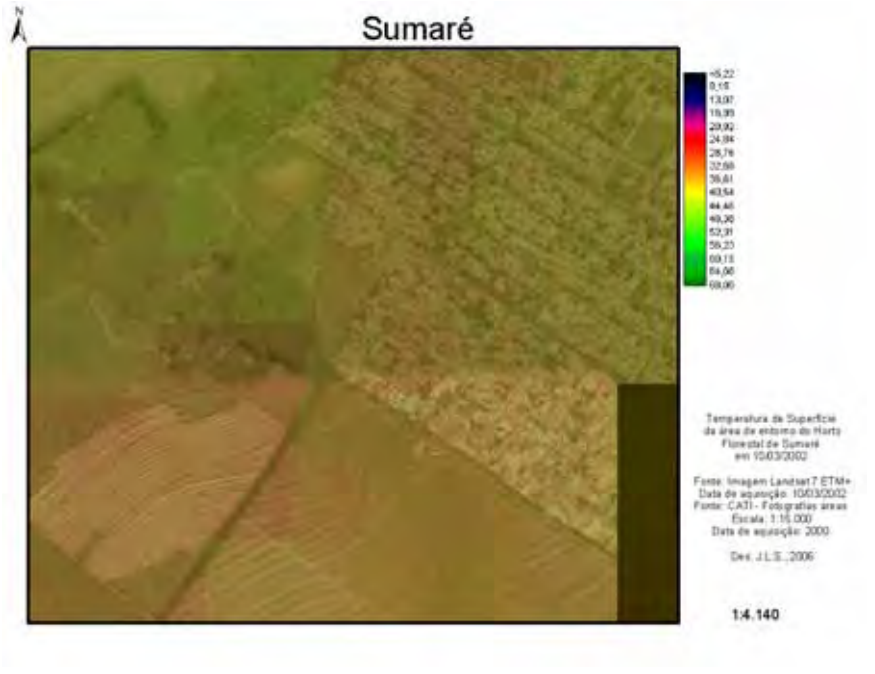


Estação Sumaré:

Máxima temperatura alcançada de dia: 34,6ºC

Mínima temp. alcançada a noite: 20ºC

Imagem 23

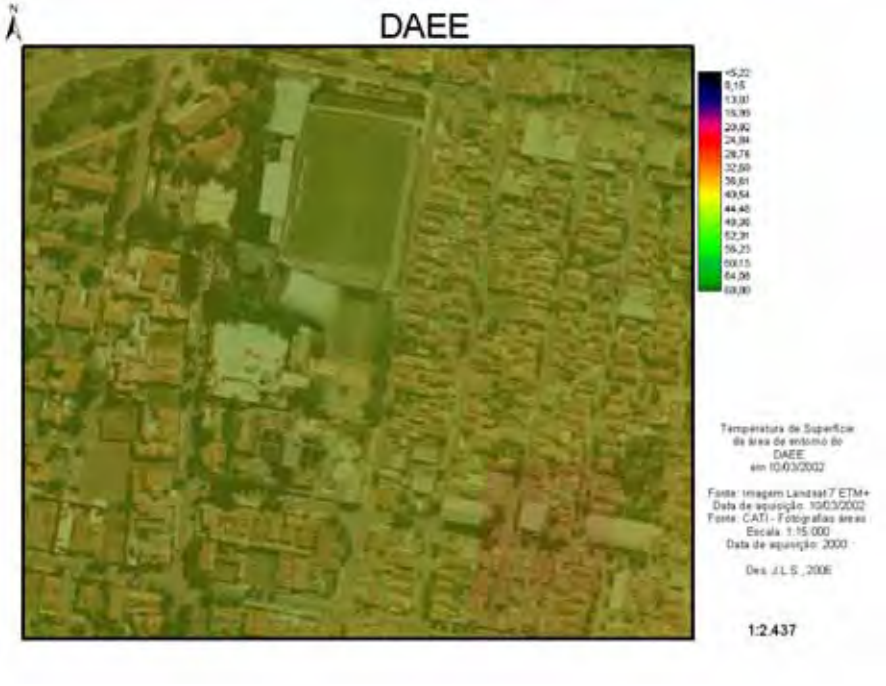


Estação Santa Bárbara:

Máxima temperatura alcançada de dia: 34,6ºC

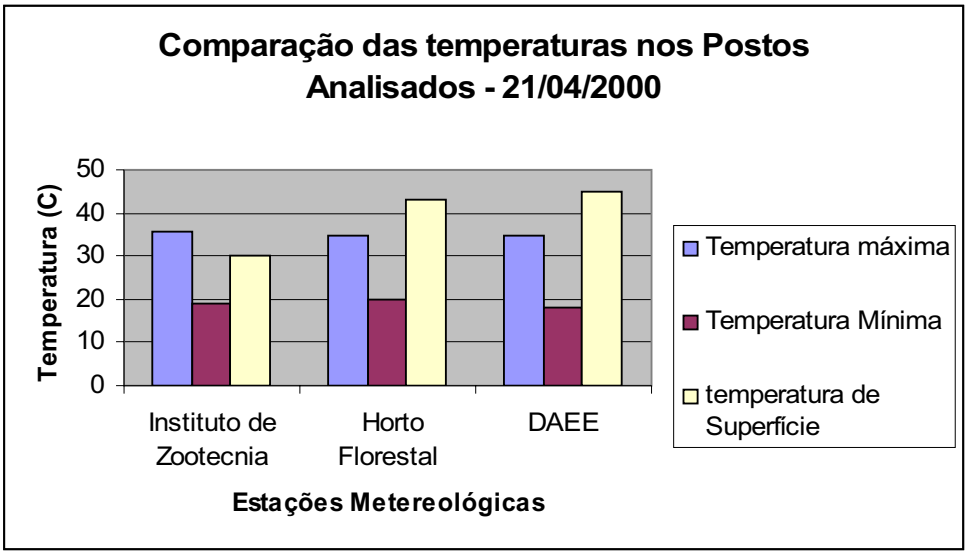
Mínima temp. alcançada a noite: 18ºC

Imagem 24



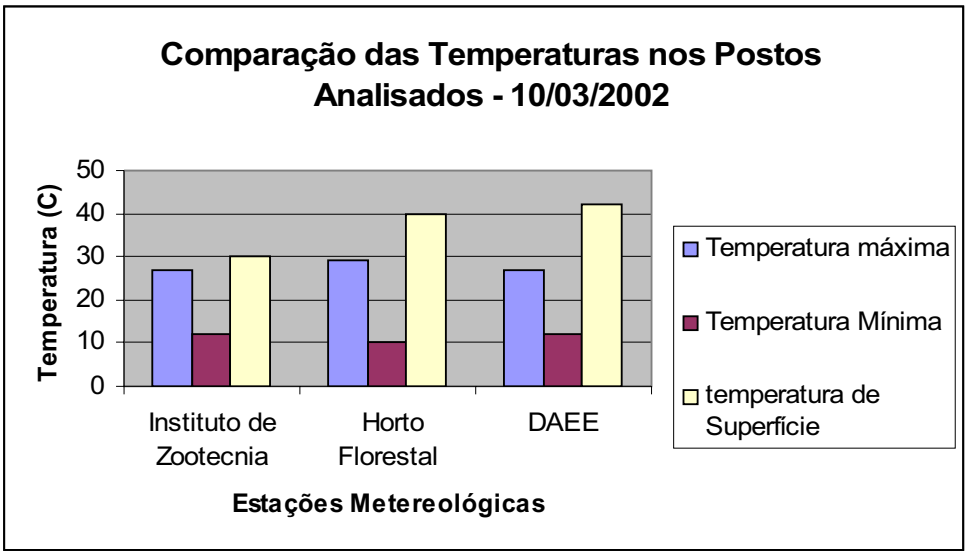
1.2 Comparação dos Resultados:

Gráfico 35



Fonte: Sousa, 2006.

Gráfico 36



Fonte: Sousa, 2006.

A comparação dos dados de temperatura de superfície obtidos com as imagens de satélite demonstram que as áreas urbanizadas apresentaram maiores temperaturas que as áreas rurais ou mistas. Comparadas essas temperaturas com as temperaturas do ar, naquele dia, para períodos diferentes (dia e noite, representados pela temperatura mais alta registrada no dia e mais baixa registrada a noite), não foi conseguido constatar nenhuma relação direta entre a temperatura de superfície e a temperatura do ar nas duas datas analisadas (como pode ser visualizado nos dois gráficos apresentados). Contudo, a temperatura de superfície e a temperatura do ar máxima registradas no Instituto de Zootecnia apresentaram uma semelhança em seus valores, principalmente para o período de 10/03/2002. Esta estação também registrou uma leve diferença de temperatura para mais em relação às outras no período de 21/04/2000.

A localização rural do Instituto de Zootecnia seria um contra-senso em relação aos estudos mundiais de comportamento térmico, os quais apresentam áreas urbanizadas como mais quente que o entorno rural. Contudo, antes de fazer essa afirmação buscaram-se analisar as raízes dessa diferença, algumas já analisadas nos capítulos anteriores. É um fato, que a maioria dos estudos de clima urbano analisa seqüências

temporais curtas, muitas vezes generalizando os resultados; pois se houve uma ilha de calor de 10º C num certo dia num dado local, não significa que isso ocorra com freqüência. Este fato, já era atentado por Tavares (1997) ao estudar a cidade de Sorocaba, que analisando uma série de três ano e mio de dados identificou situações extremas poucas vezes. Nesse estudo, foram analisados seis anos de dados, sendo que nestes, a área rural apresentou em torno de 1(em relação a estação DAEE) a 2 ºC (em relação a estação Horto Florestal) de temperatura mais elevada em relação à área urbana, sobretudo nos meses de inverno. Constatado esse fato nas médias horárias, objetivou-se por analisar detalhadamente o perfil dessa variação de temperatura, trabalhando com os dados coletados a cada 20 minutos nas estações Instituto de Zootecnia e Horto Florestal (as que apresentaram maiores contrastes); obtendo como resultado uma variação de até 2º C para os meses de inverno (variação que passa a não existir nas outras estações do ano). Vale destacar que nessa análise, do período de inverno, a segunda quinzena dos meses analisados apresentou uma tendência de diminuição dessa diferença, chegando aos meses de junho, julho e setembro a períodos, onde a estação Horto Florestal (Sumaré) apresentou maiores temperaturas que a estação Instituto de Zootecnia (Nova Odessa). A tendência de aquecimento verificada na estação Instituto de Zootecnia não está relacionada diretamente a interferência do mecanismo urbano, o que aponta para causas de outra ordem e escala que podem refletir fenômenos de natureza diversa. O fato é que alterações na superfície, como as realizadas nessa estação, de substituição de mata nativa por pastagem, são capazes de alterar o clima da área abrangida e as conseqüências desses efeitos em outras escalas ainda são pouca estudadas. Assim, podemos dizer que comparando o solo gramado com o solo nu, no primeiro os valores médios de temperatura foram maiores nos meses de inverno e menores no verão, principalmente próximo à superfície. Isto pode ser

explicado pela maior facilidade que o solo sem cobertura tem para se aquecer e se resfriar, pois a sua superfície esta exposta diretamente acoplada a atmosfera, enquanto que a cobertura funciona como a um isolante térmico entre o solo e atmosfera.

É fato que durante o dia, a exposição à radiação solar faz com que se tenha um maior estresse térmico quente nas áreas rurais. Sendo que na cidade, a carga térmica da radiação solar é similar à temperatura do ar e é geralmente conjunta a uma maior velocidade do vento. A diferença entre as duas aparece durante a noite, quando o ambiente urbano é exposto a cargas mais altas de calor do que as ocorrentes no ambiente rural no mesmo período. Isto demonstra que a quantidade de energia solar absorvida na cidade não é maior no dossel urbano e pode até, muitas vezes, ser menor do que a absorção das áreas verdes, cultivadas ou livres. A diferença é que nas áreas livres rurais uma parcela significativa é absorvida e transformada em calor latente, no processo de evapo-transpiração, com apenas a parte restante sendo convertida em calor sensível. Uma explicação possível para o fato de no inverno persistirem as maiores temperaturas no ambiente rural está no fato que no inverno a o período de queimadas e vegetação seca tenha uma resposta de absorção e conversão em calor sensível que reflita mais na temperatura do que a área urbana; pois nos meses mais quentes, a área urbana tem apresentado as maiores temperaturas durante a noite. Esse aquecimento pode estar relacionado tanto à baixa umidade de determinadas superfícies agrícolas quanto à maior radiação que se processou sobre as mesmas quando comparadas ao meio urbano. O que demonstra que a vegetação nem sempre é favorável às condições de conforto térmico humano.

Em relação à área arborizada, esta intercepta os raios solares, criando áreas de sombreamento evitando a radiação direta no solo e reduzindo a temperatura ambiente. A pastagem nesse caso está contrastando coma mata nativa das proximidades da estação

horto Florestal, comprovando o valor da vegetação arbórea para temperaturas mais amenas, gerando uma ilha de frescor urbana (IFU). Nas cidades tropicais se as ilhas de calor reduzem o conforto térmico no meio urbano porque o clima é quente e úmido. As ilhas de frescor são fenômenos desejáveis do ponto de vista do conforto térmico das cidades de clima tropical, que em geral ocorrem junto aos parques, áreas verdes, matas e florestas de preservação junto aos mananciais hídricos, dos lagos e nas represas.

Gráfico 37

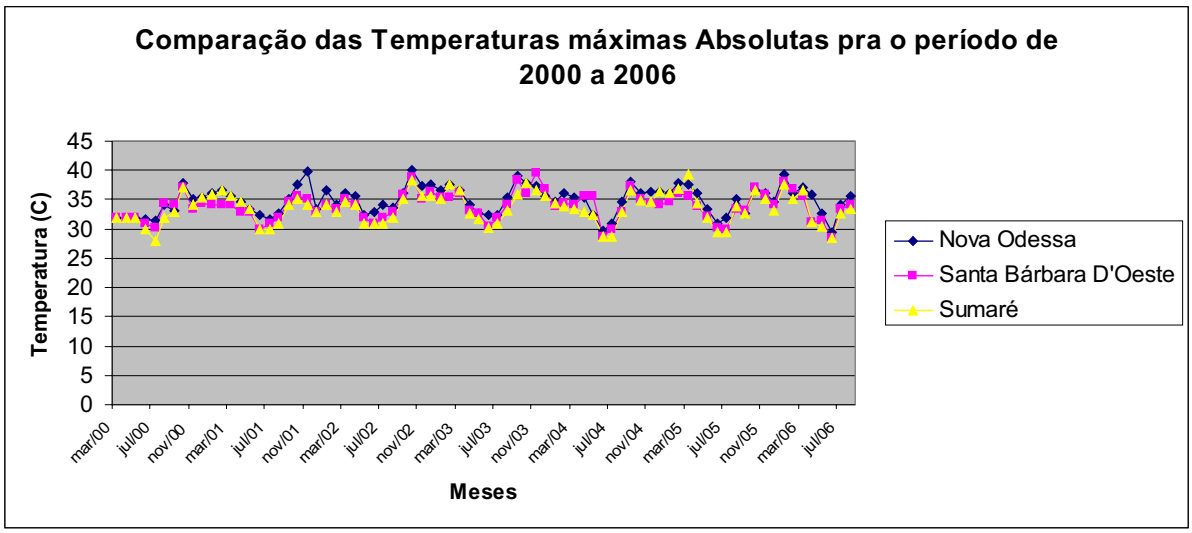
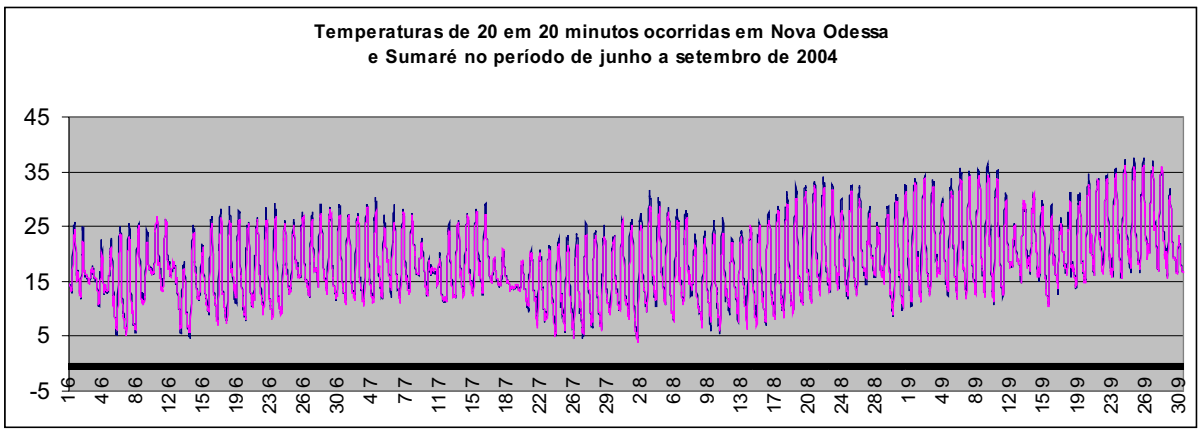


Gráfico 38



Variação das temperaturas registradas a cada 20 minutos entre Nova Odessa (azul) e Sumaré (rosa) no período de junho a setembro de 2004.

Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Outro ponto que merece importante destaque é que as cidades analisadas são desprovidas de grandes amplitudes altimétricas, tendo seu núcleo inicial (região central) localizadas as margens do Ribeirão Quilombo. Esta característica acabou por evidenciar a importância da topografia na dissipação, atenuação e acentuação de possíveis ilhas de calor, em situações específicas.

Analisando a topografia de Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Sumaré, Nova Odessa e Hortolândia podemos dizer que seus sítios urbanos não são favoráveis a formação de ilhas de calor durante a noite, pois a área central com ruas mais estreitas e densamente edificadas ocupa o fundo do vale, cerca de 80 a 90 metros abaixo dos topos adjacentes, por onde deve fluir, pela força da gravidade, o ar mais frio. Outro fator determinante é que o efeito cânion urbano ainda é muito reduzido devido ao fato de a verticalização não ser muito concentrada, graças às legislações locais (conforme veremos na análise da classificação do uso do solo).

As ilhas de calor encontradas foram diurnas, principalmente nas primeiras horas da manhã, conseqüência da maior exposição das áreas rurais à radiação solar gerando um maior estresse térmico quente nessas áreas, não se configurando, portanto em ilhas urbanas de calor.

Das possibilidades para a particularidade do campo térmico dessa região, podemos destacar:

- Segundo a Organização Metereológica Mundial (OMM), para assegurar que as observações feitas em diferentes estações metereológicas devem ser similares, um posto metereológico, independente do seu tipo, deve localizar-se numa superfície nivelada coberta com grama e medindo pelo menos 9 por 6 metros de tamanho. Estando distantes de qualquer obstáculo, sejam eles edifícios ou árvores e cobertas por abrigos de Stevenson (Ayoade, 1983). Muitos trabalhos

apontam à existência de ilhas de calor utilizando termo-higrômetros digitais instalados em pontos da cidade ou em veículos, realizando transecto móvel; contudo é consenso internacional que os valores reais de amplitude da ilha urbana de calor só são efetivamente obtidos através da análise dos dados de estações metereológicas padrão sendo a OMM muito rigorosa na análise dessas estações, sendo esse padrão seguido nesse trabalho. Tavares, Viadana, Prochnow, Yamada e Utimura (1995) encontraram em pesquisa realizada na cidade de Americana, a configuração de uma ilha urbana de calor vespertina que se diferenciava em 1ºC das áreas adjacentes e em 2º C em relação aos interflúvios anexos. Se considerarmos que o tipo de medição realizada por eles difere da dessa pesquisa, ao utilizar termistores NTC 150 R10 acoplados a multímetros digitais montados em veículos, registrando as temperaturas através de transecto móvel e não a análise da rede de Estações Metereológicas. Não devemos deixar de considerar a possibilidade de possíveis efeitos residuais oriundas da calibragem dos aparelhos que muitas vezes registram diferenças de até 2º C em relação às temperaturas registradas pelos termômetros de bulbo seco encontrados nas estações. Principalmente se considerarmos que o dia em que foi realizada essa medição, fatores clássicos de formação de ilhas urbanas de calor se concentravam: dia de tempo claro, propiciado pelo domínio de anti-ciclones polares em processo de tropicalização no período de inverno.

- As cidades analisadas nesse trabalho são industrializadas, contudo sua industrialização, assim como fluxo de automóveis, não pode ser comparada ao da grandes cidades. Considerando esse fator, também podemos supor que o nível de poluição também é menor. Essas implicações indicam que a maior parte da

radiação terrestre seja liberada para o espaço, não impactando diretamente sobre as cidades.

- As superfícies urbanas das áreas estudadas são menos pavimentadas e a drenagem das águas pluviais é menos eficiente, pois estas cidades ainda contam com grandes áreas vazias dentro do seu limite urbano. Também, por se tratarem de cidades interioranas, muitas casas ainda contam com quintais sem pavimentação e as ruas com árvores nas calçadas. Isto significa que menos energia será armazenada ou irradiada pelas superfícies urbanas. Do mesmo modo, mais energia é utilizada para a evaporação e transpiração, com menos energia disponível para aquecer o ar.
- Não foi identificado nas áreas centrais dessas cidades um efeito cânion urbano acentuado. Devido ao reduzido número de edifícios concentrados num mesmo espaço nessas áreas.
- A estrutura urbana dessas cidades é feita essencialmente de residências unifamiliares o que faz com que quase todos os telhados tenham a mesma altura, o que faz com que a emissão de radiação de onda longa dos telhados funcione como numa área livre e a intensidade da perda de radiação seja máxima.

4.3Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos no mapeamento de uso do solo das áreas selecionadas por apresentarem diferenças na termografia.

4.3.1 Desenvolvimento da Metodologia

O estudo de áreas urbanas pode ser feito em várias escalas de acordo com a abordagem definida. Nestas diferentes escalas de abordagem, estão presentes os produtos de sensores remotos.

A primeira escala de abordagem é aquela que tem por objetivo identificar a estrutura urbana-regional, ou seja, a visão da cidade e do seu entorno. Foresti (1990) acrescentou que os sensores remotos orbitais proporcionam uma visão integrada que permite avaliar as condições ambientais urbanas e, a análise multitemporal favorece o estudo de acompanhamento e alteração da expansão urbana. A segunda escala de abordagem é o estudo do espaço intra-urbano, isto é, a estrutura interna da cidade e a distribuição dos elementos que compõem este ambiente. A fotografia aérea é a mais utilizada para isto devido à resolução espacial fina. Nessas imagens, o conhecimento do comportamento espectral de alvos urbanos é feito conjuntamente com a forma, a textura e o arranjo. Portanto imagens com este nível de definição podem detalhar com muito mais precisão os objetos contidos no ambiente urbano, embora haja um aumento na dificuldade de extração dos dados de resoluções espaciais tão finas. No ambiente urbano, o uso destas imagens deve seguir certas considerações específicas para o grau de detalhamento a que se destinam, para que haja uma otimização das informações disponíveis.

Um dos principais objetivos do sensoriamento remoto é o de distinguir entre e identificar as composições de diferentes materiais superficiais, sejam eles tipos de vegetação, padrões de uso do solo, rochas e outros Essa distinção e identificação torna-se possível devido ao fato dos materiais superficiais terem comportamentos específicos

ao longo do espectro eletromagnético, comportamentos esses que podem portanto ser usados para identificá-los

Quando esse tipo de operação é efetuado para todos os pixels de uma determinada área, o resultado é um mapa temático, mostrando a distribuição geográfica de um tema, tal como vegetação ou solo Pode-se dizer então que uma imagem de sensoriamento remoto classificada é uma forma de mapa digital temático Quando essa imagem é reorganizada para se ajustar à uma dada projeção cartográfica, torna-se um importante elemento para ser incorporado a um sistema geográfico de informações. Ao se classificar uma imagem, assume-se que objetos/alvos diferentes apresentam propriedades espectrais diferentes e que cada ponto pertence a um única classe.

Definição de Classes de Uso do Solo

A análise das fotografais aéreas permitiu o reconhecimento dos diferentes usos e coberturas do solo na área de estudo, a elaboração de chaves de interpretação e a avaliação da classificação. Nestas fotografias foram identificadas _ alvos, assumindo esses alvos como representativos de todas as classes de uso e cobertura do solo presentes na área de estudo. A área de estudo corresponde a uma mancha urbana continua que pode ser caracterizada pela variação interna de sua área quanto aos tipos de uso, pela intensa conurbação entre os municípios e pelos diferentes arranjos da área industrial. O centro urbano das cidades dessa região é localizado nas planícies aluviais onde estão as várzeas dos rios, permanecendo a conurbação assim, margeante ao rio.

O levantamento aerofotográfico utilizado para a classificação foi realizado pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) para o levantamento de citrus do Estado de

São Paulo; portanto, com fins de levantamento de ocupação de áreas rurais. Graças à qualidade do levantamento foi possível utiliza-lo para fins de compreensão do espaço urbano. As imagens foram mosaicadas e georreferenciadas em coordenada policônica com o Datum GCS_SAD69 (Brasil) pelo próprio IAC e divididas em cenas.

Para a classificação utilizada nesse trabalho utilizaram-se as cenas 49,50 e 51 que cobrem os municípios de Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Nova Odessa e Sumaré. As escalas utilizadas para a classificação foram 1: 5.000 e 1/10.000 dependendo da área escolhida e da facilidade de análise das feições. Foram selecionadas 41 áreas para a classificação, sendo 17 delas correlacionadas diretamente com os valores radiométricos.

Na definição das áreas e sua divisão em classes levou-se em consideração as relações:

- Classes de uso do solo definidas pela lei de zoneamento urbano municipal (leis de uso e ocupação do solo).
- Classes possíveis de serem observadas e obtidas através das fotografais aéreas;
- Classes com diferentes respostas radiométricas obtidas nos resultados do processamento das imagens Landsat;

As classes de uso do solo baseiam-se nas atividades desenvolvidas na área, nas características econômicas da ocupação, na descrição física da área, incluindo o tamanho do lote, a densidade da construção etc. (ANDERSON et al., 1976). Assim, objetivou-se por sub-dividir as áreas para maior detalhamento.

Classes Analisadas neste Trabalho

Na classificação, os diversos tipos de uso do solo urbano foram distinguidos de diferentes maneiras: sua localização; o uso industrial pela forma dos prédios e a proporção de área pavimentada; as áreas residenciais e mistas, por apresentarem proporções entre área construída, vegetação e solo exposto; os loteamentos, por apresentar tanto solo exposto quanto vegetação. Usos do solo de modo sistematizado:

Sistema de Classificação do uso e Cobertura da Terra apara a Área de estudo

Classe	Descrição
Área Urbanizada	Toda a área edificada das cidades.
Área Residencial Área de Uso Misto Centro comercial Área Industrial Zona de conurbação	Áreas residenciais, com predominância de edificações unifamiliares com a presença de alguns comércios.
	Áreas residenciais, institucionais e comerciais, incluindo algumas indústrias.
	Áreas com predominância de comércios.
	Área de predominância de indústrias e distritos industriais.
	Área de junção do perímetro urbano de duas cidades.
Vegetação	Roda vegetação localizada dentro e fora das cidades.
Área de Proteção Ambiental Intra-urbana Mata Ciliar	Áreas verdes intra-urbanas protegidas pelas legislações municipais.
	Vegetação que margeia os rios.
Área Rural	Área destinada para esse fim pelo zoneamento dos municípios.
Área Rural Fazenda	Área pública ou particular de uso rural, porém localizada no perímetro urbano.

Divisão organizada por Sousa (2007), baseada em Anderson et al., 1976.

4.3.2 Usos do solo e diferença de temperatura dos materiais

Do ponto de vista metodológico, podemos dizer que quando a radiação atinge a superfície e chamada de irradiação. Essa irradiação e parte absorvida, parte refletida e a

parcela restante, transmitida através do corpo. Assim, ao considerarmos um corpo real (nosso caso, nesse artigo) e importante que se reconheça quando as características de radiação das superfícies de um corpo real podem ser aproximadas de um corpo cinzento, contudo para se considerar se essa aproximação será possível ou não se deve considerar a distribuição espectral da radiação emitida pelo corpo e a radiação incidente (em valores normais).

O albedo e a capacidade de um material de refletir a radiação solar incidente; sendo que a capacidade de reflexão e maior à medida que a superfície e mais lisa e mais clara. Assim, quanto mais refletivo for um material, maior radiação ele ira absorver. Analisar as áreas urbanas exige que estabeleçamos relações entre o comportamento dos materiais do tecido urbano e os fluxos de radiação liquida de ondas longas. Oke realizou estas analises em 1981 e obteve como resultado uma combinação que permitiu produzir um esquema que considerasse os aspectos da heterogeneidade do sistema urbano. Oke assim concluiu que a intensidade da radiação de onda longa e a capacidade de armazenamento de calor nas superfícies são efetivamente as variáveis que determinam as diferenças no balanço de energia e taxas de resfriamento entre os meios urbanos e rurais.

Nessa parte do trabalho objetivou-se analisar as temperaturas de superfície obtida com os dados do satélite e cruzá-la com as fotografias aéreas e imagens de satélite de alta-resolução para tentar identificar a resposta espectral que cada ambiente deu, do ponto de vista da emissividade, à cidade.

O objetivo dessa análise preliminar é determinar as regiões com maiores diferenças térmicas para posteriormente, na próxima etapa o trabalho, estudar profundamente seu uso do solo e realizar aí, medidas móveis de temperatura para tentar

construir um quadro de existência ou não do fenômeno das ilhas urbanas de calor nessa região.

Por dificuldades na obtenção de fotografias aéreas ou imagens de satélite de alta resolução que cubram o município de Hortolândia e Sumaré em sua totalidade, essa análise não foi realizada para essas cidades. Objetivou-se utilizar imagens do satélite Quick Bird obtidas pelo programa gratuito Google Earth por serem as mais atualizada sobre a área de estudo (2005), as fotografais aéreas que são utilizadas nesse estudo datam de 2000.

Relação Temperatura do Corpo Negro e Mancha Urbana

Figura 50

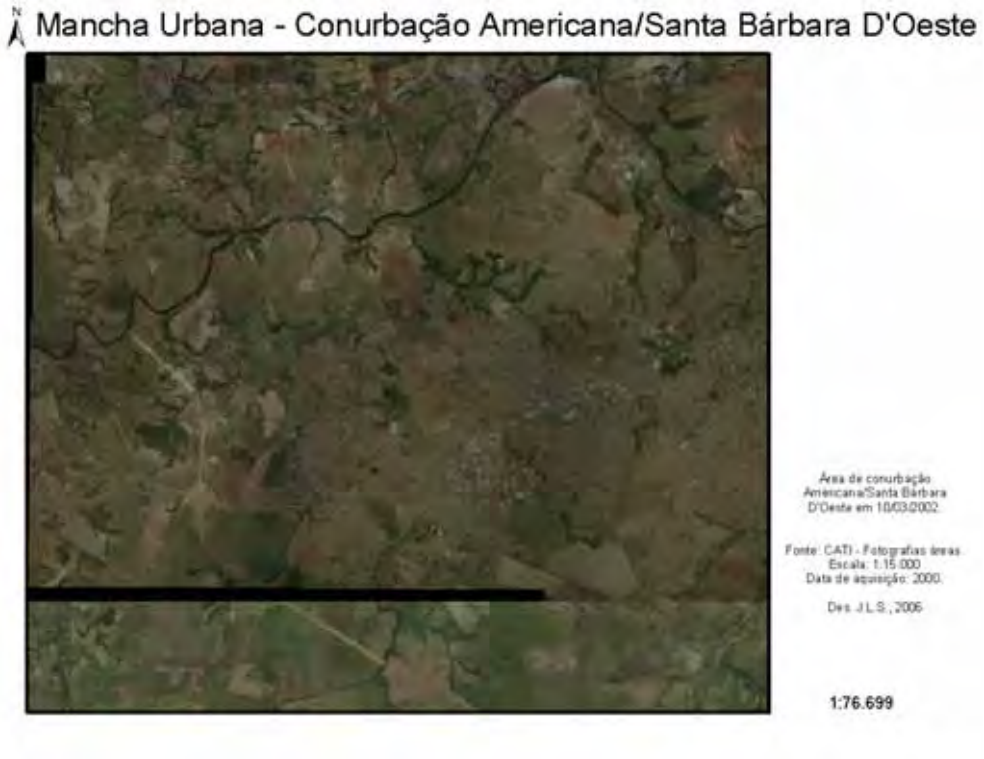
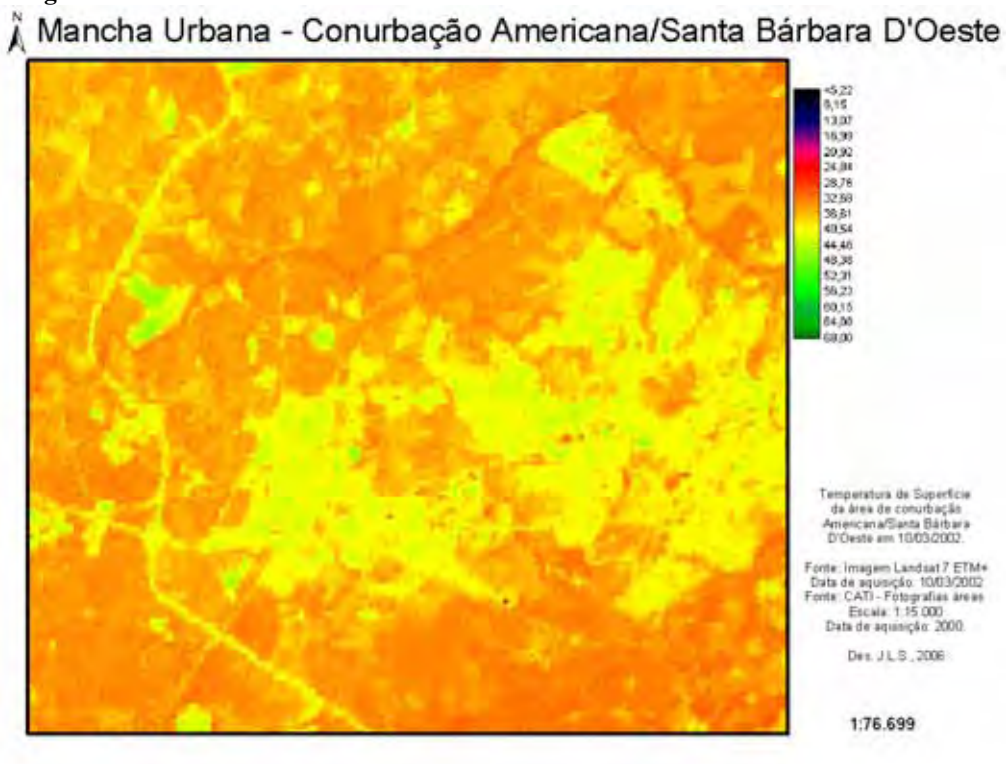


Imagem 25



A análise comparativa da fotografia aérea e do produto térmico da imagem de satélite nos dá uma reprodução fiel da mancha urbana conurbada das cidades de Americana e Santa Bárbara D'Oeste. Essa imagem nos permite ver as diferenças, do ponto de vista radiométrico, das áreas antropizadas em relação a áreas rural adjacente e sobre os vazios urbanos e áreas verdes no interior da cidade.

Vale destacar que as diferenças, só demonstram uma diferença radiométrica entre as diferentes tipologias que formam essas cidades (edifícios, ruas, áreas verdes etc.). Para um estudo mais aprofundado dessas características se faz necessário o aprofundamento na geometria dessa malha urbana (dimensões, volumetrias, distribuição e distância entre as ocupações, principalmente os edifícios). A morfologia urbana, a propriedade térmica dos materiais das superfícies e a proporção entre áreas verdes e área construída são os principais responsáveis pelas mudanças climáticas e geração das ilhas de calor. Daí, a importância do isolamento de algumas tipologias urbanas que aparecem em destaque nas imagens de satélite, para análise verticalizada de suas características e para a realização de medidas de temperatura.

Vale destacar que os modelos existentes para análises de ilhas de calor como fenômeno noturno geralmente prevêem a intensidade máxima da ilha de calor em função da população, posteriormente englobando a velocidade do vento regional (OKE, 1982), ou ainda a relação H/W (height/width) entre a altura dos edifícios e a distância entre eles ou a variante fator do céu visível (sky view factor).

Analisando esses modelos podemos dizer que esses trabalham com a hipótese de que a ilha de calor urbana é causada principalmente pela redução da perda de calor radiante acumulada durante o dia para o céu no período noturno, devido à visão restrita do céu. No entanto, o questionamento que se levantou nesse trabalho foi à possibilidade de considerar outros fatores que não esses pra a formação desse fenômeno, visto que a tipologia urbana desses municípios não é densamente verticalizada, não havendo regiões com obstrução total ou parcial do céu.

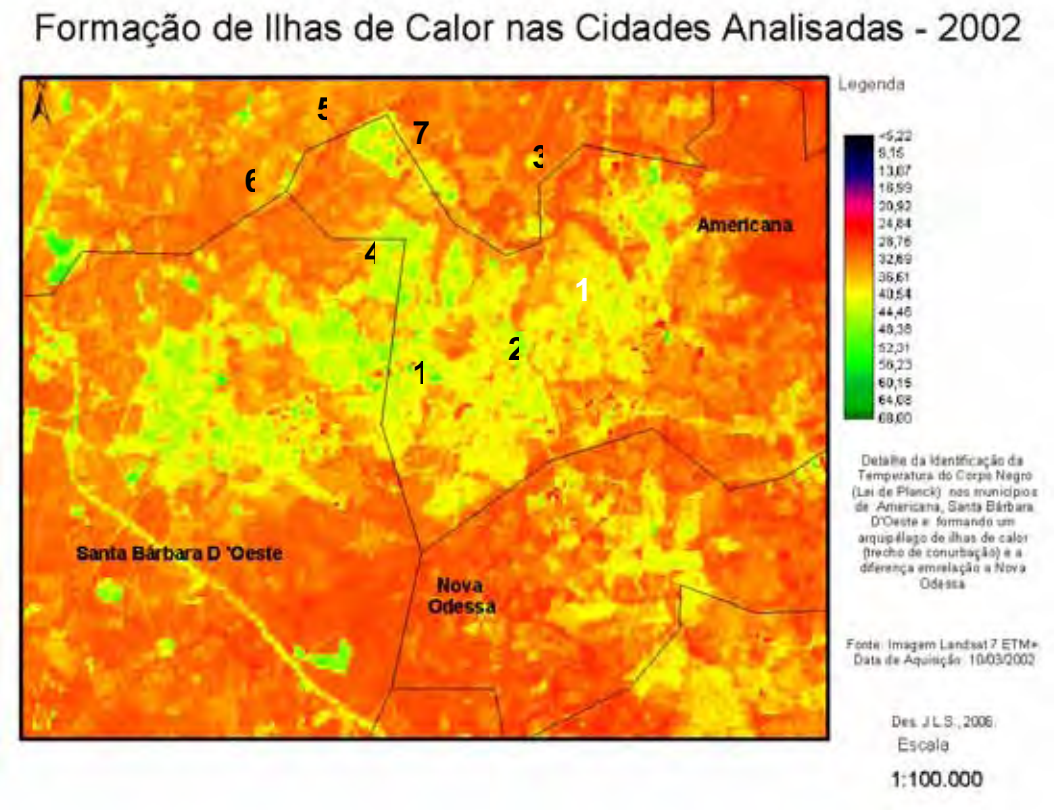
Os resultado obtidos, confirmam a fala de GIVONI (1998, p.252) de que a perda total de energia radiante a partir da zona urbana é mais ou menos a mesma se comparada a uma área rural. A diferença, segundo ele, é que em áreas urbanas a maior parte da radiação é emitida a partir das coberturas e fechamentos verticais dos pavimentos mais altos dos edifícios, e o resfriamento ao nível da rua é parcial. Daí, graças à ausência de grandes densidades edificadas nessa pesquisa, criar-se a necessidade de analisarmos as diferentes aéreas construídas na cidade e relacionar seu

efeito nos microclimas pontualmente, pensando em um possível efeito cumulativo que possa gerar um fenômeno de alterações das características térmicas.

Tipologias Urbanas Escolhidas como amostragem de pontos críticos na imagem radiométrica

Americana

Figura 36





Levantamento das Tipologias do Uso do solo a serem analisadas através das temperaturas radiométricas:

Figura 37
1 – Área central (centro comercial da cidade e área mais densamente edificada, com significativas parcelas de verticalização).



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 38
2- Área de baixa densidade de ocupação (corresponde a área da Fazenda Campos Sales e da Fazenda do Estado com algumas residências unifamiliares que compõem o Bairro Jardim Alvorada).



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 39

3 – Área de Proteção Ambiental Intra-urbana (Mata ciliar do Córrego Bertini).



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 40

4 – Área verde circundante do Estádio de Futebol "Décio Vita", pertencente ao Rio Branco Futebol Clube (Área institucional "Jardim Dona Judite", definida pela prefeitura como "sistema de lazer").



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 41

5 – Área de alta concentração industrial as margens do rio Piracicaba (se concentram as indústrias Toyobo do Brasil; Fibra Vicunha S/A, Degussa e a Termoelétrica da Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL – Carioba I).



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 42

6 – Área de cultivo (zoneamento rural)



Fonte: Google Earth, 2006.

Figura 43

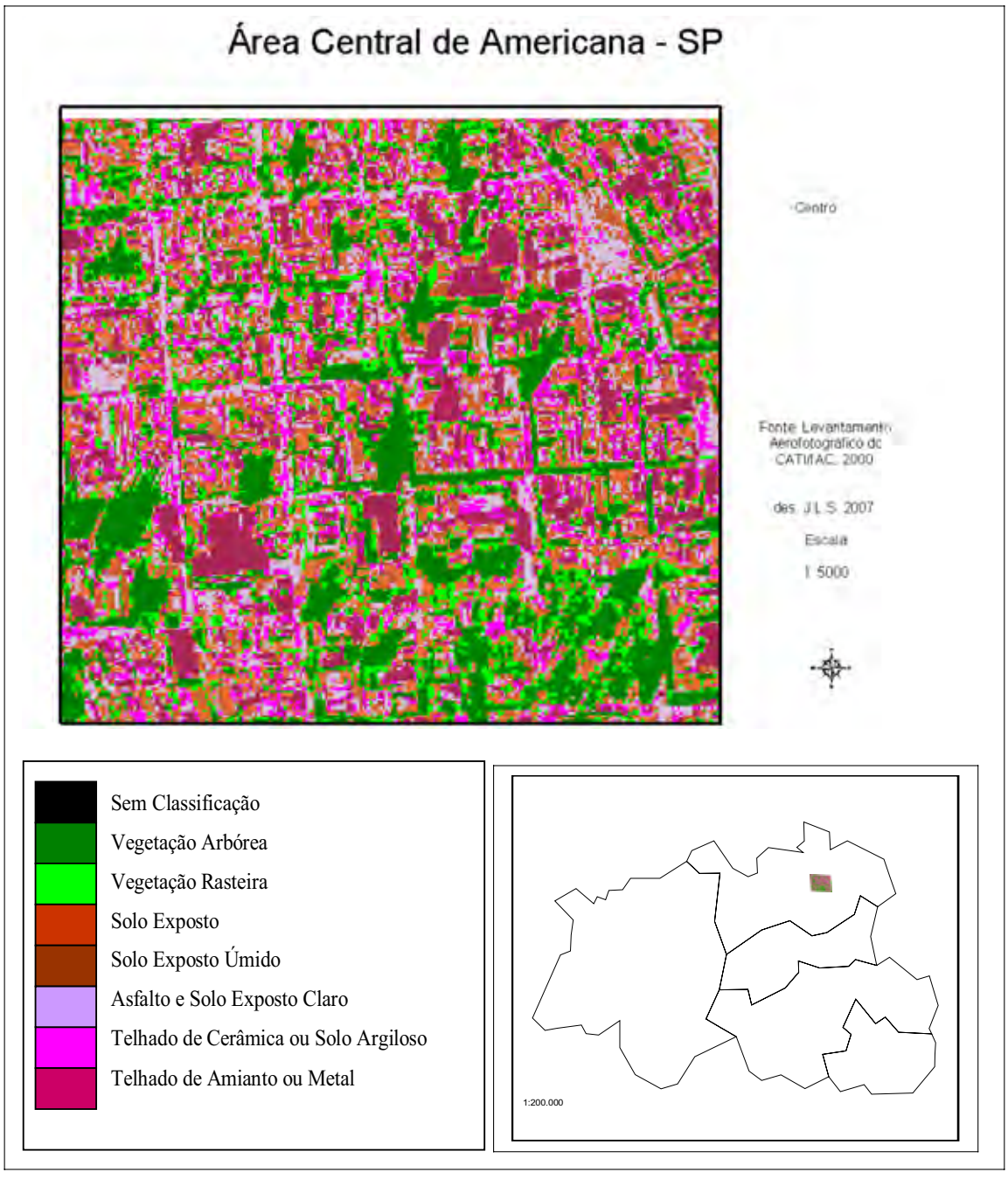
7 – Área Industrial na divisa com o município de Limeira (empresa RIPASA S/A, fabricante de papel e celulose).



Fonte: Google Earth, 2006.

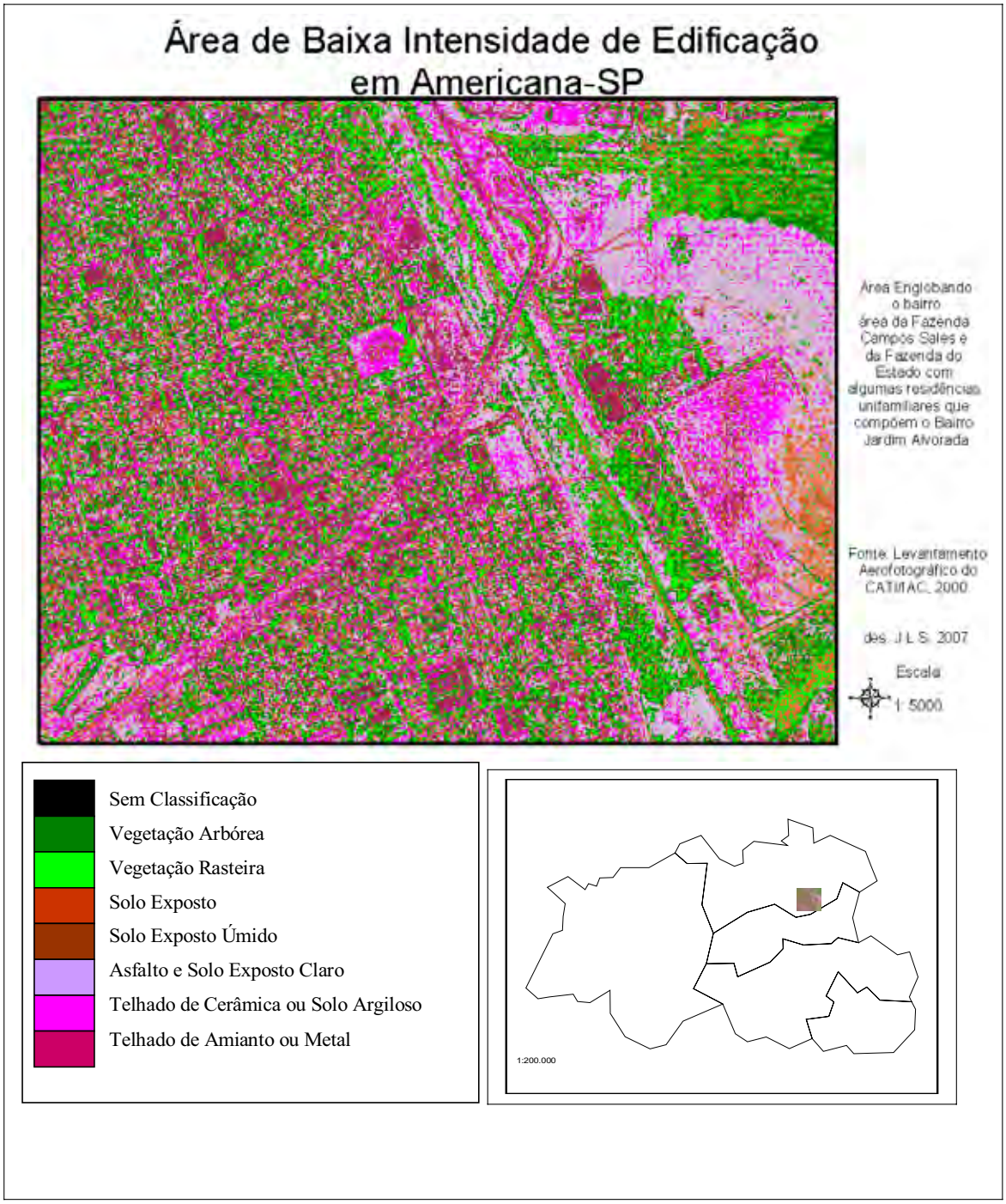
Classificação dos Pontos Selecionados

Ilustração 9



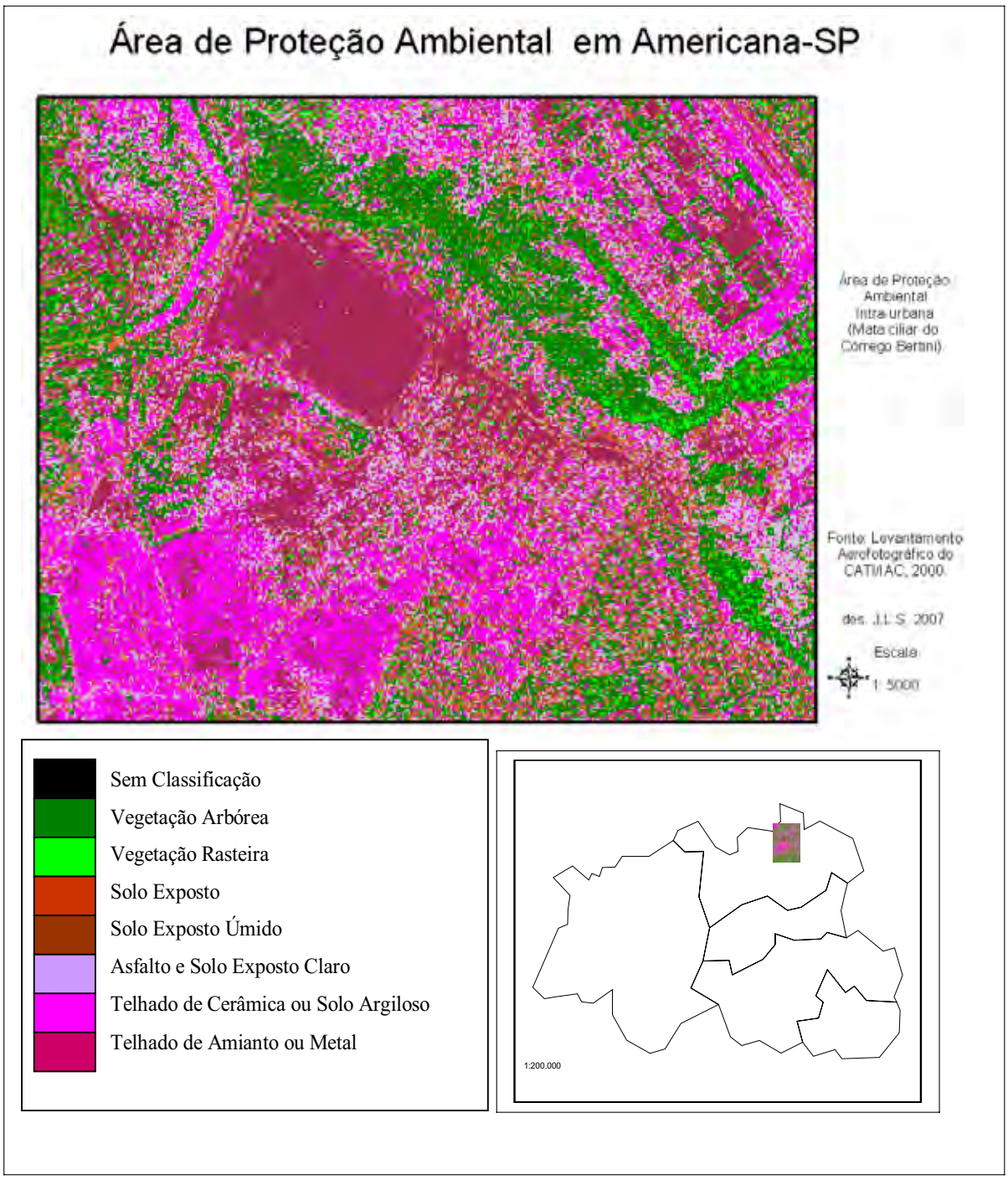
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 10



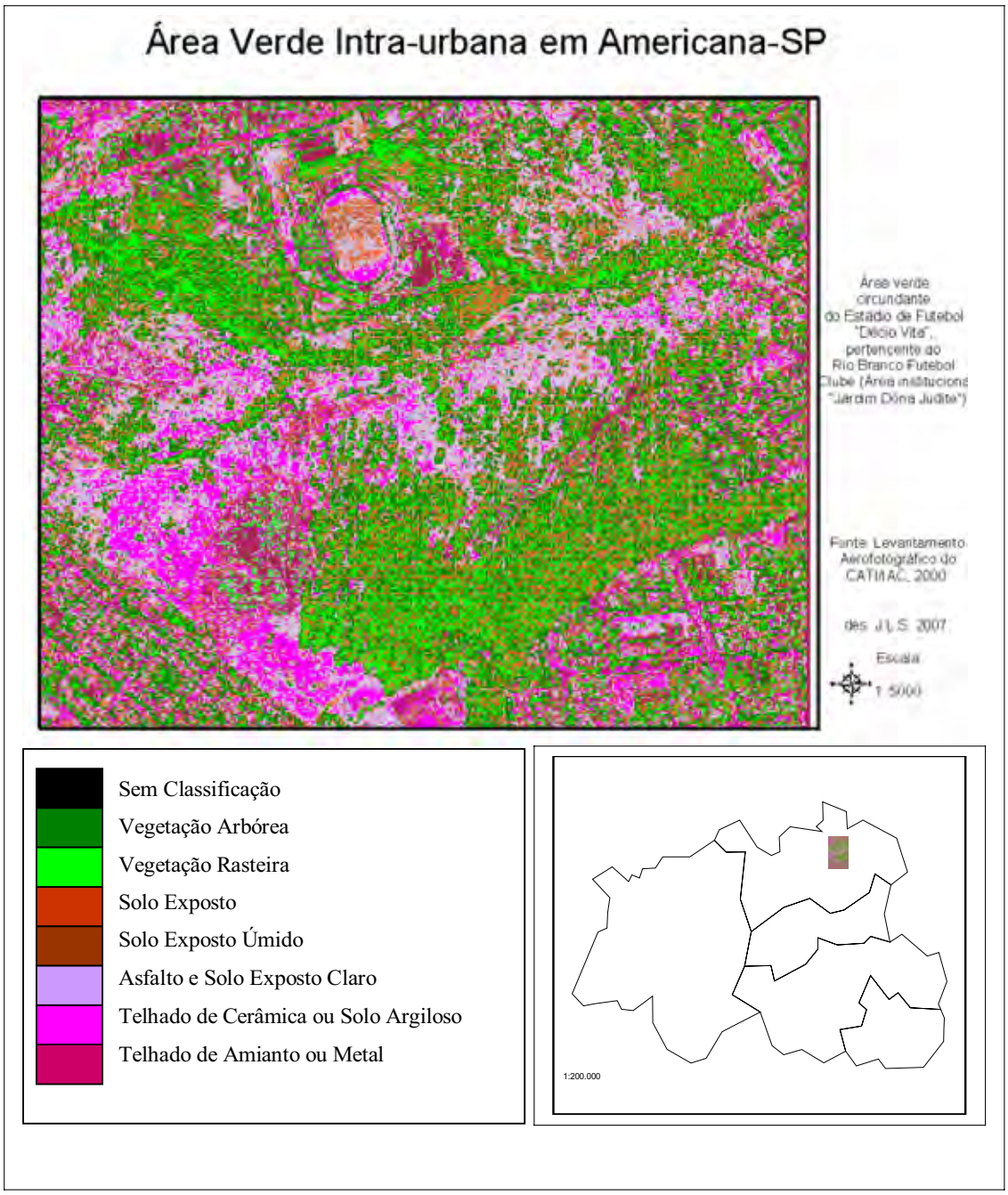
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 11

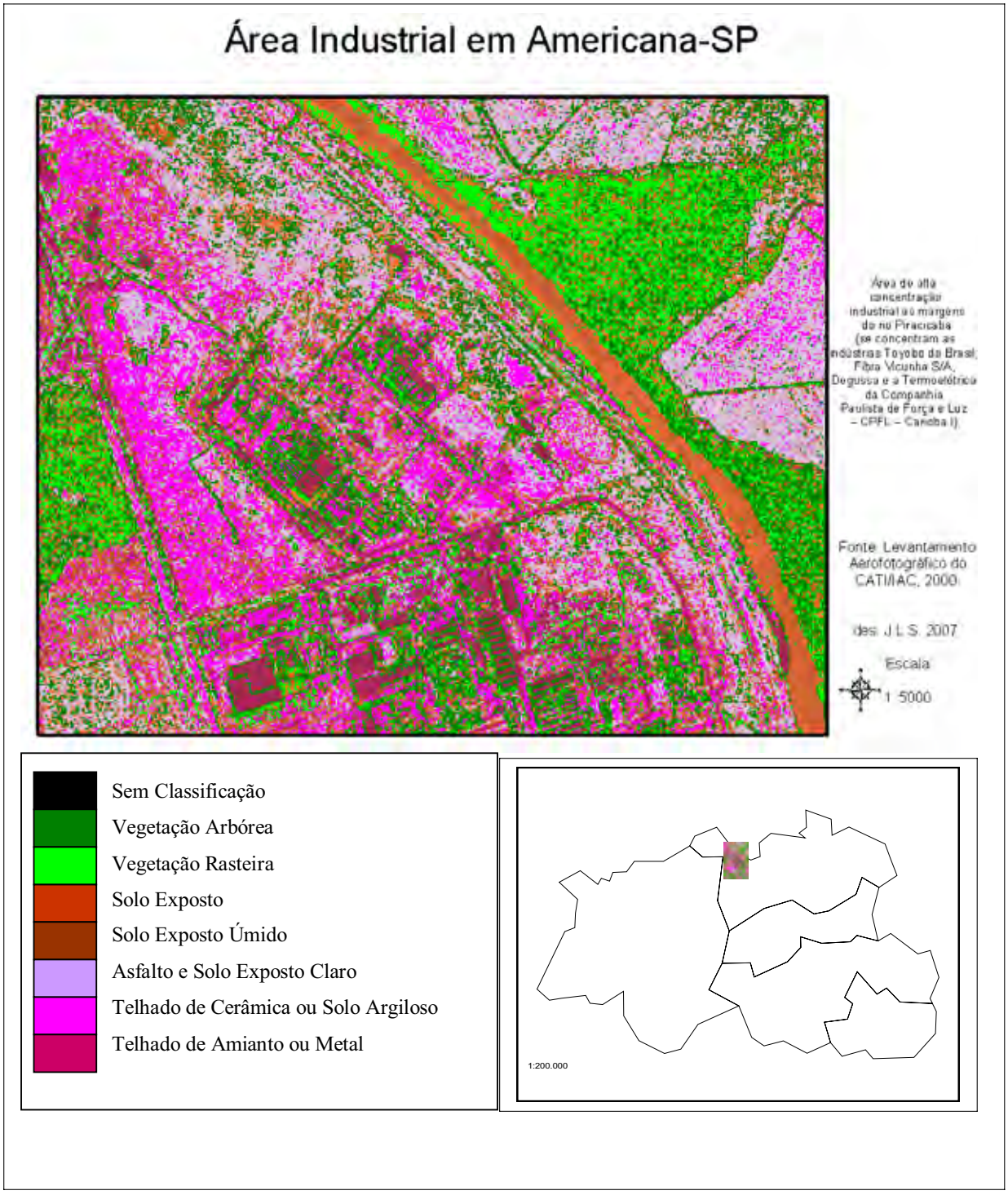


Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 12

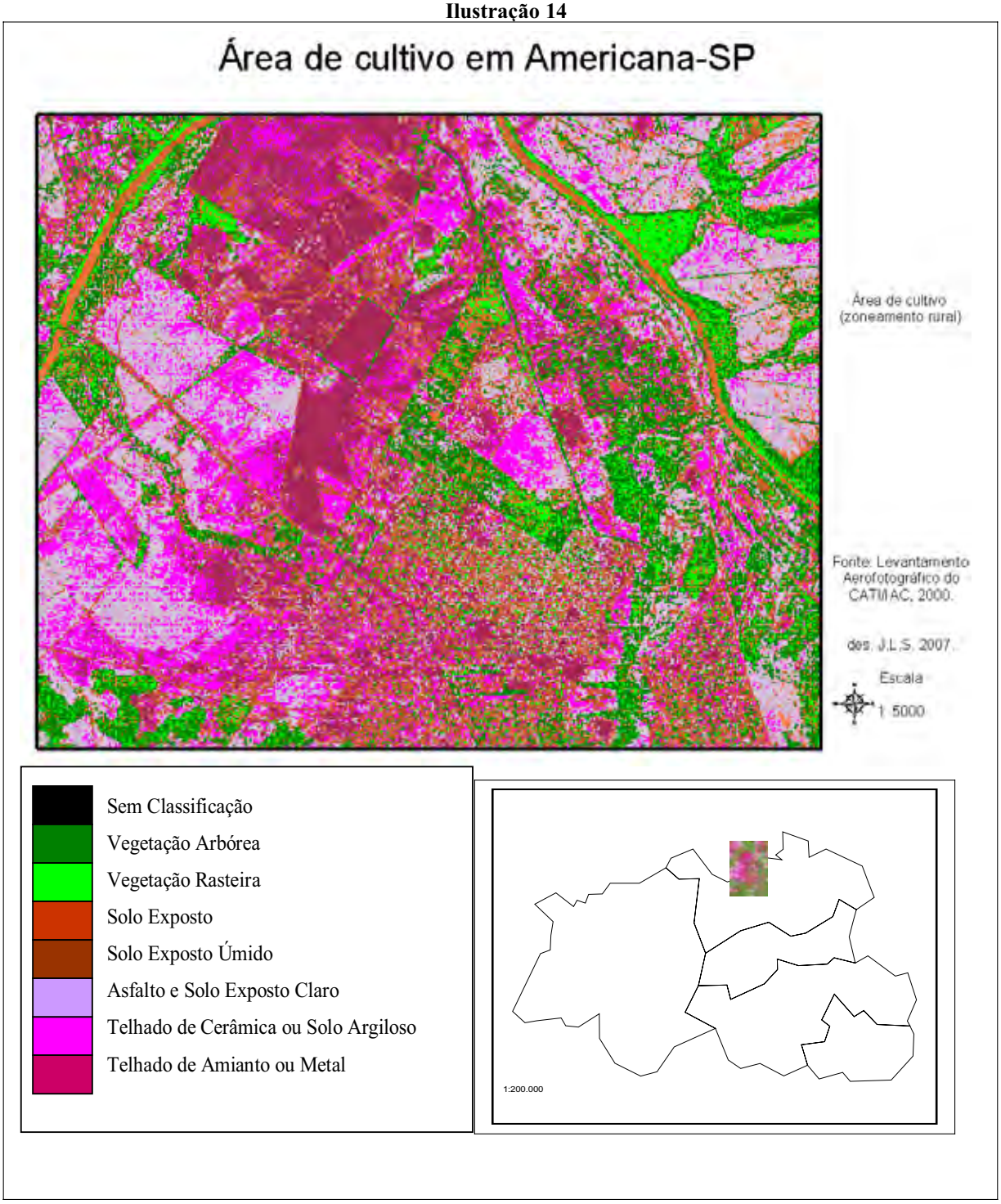


Fonte: Sousa, J.L. (2007)



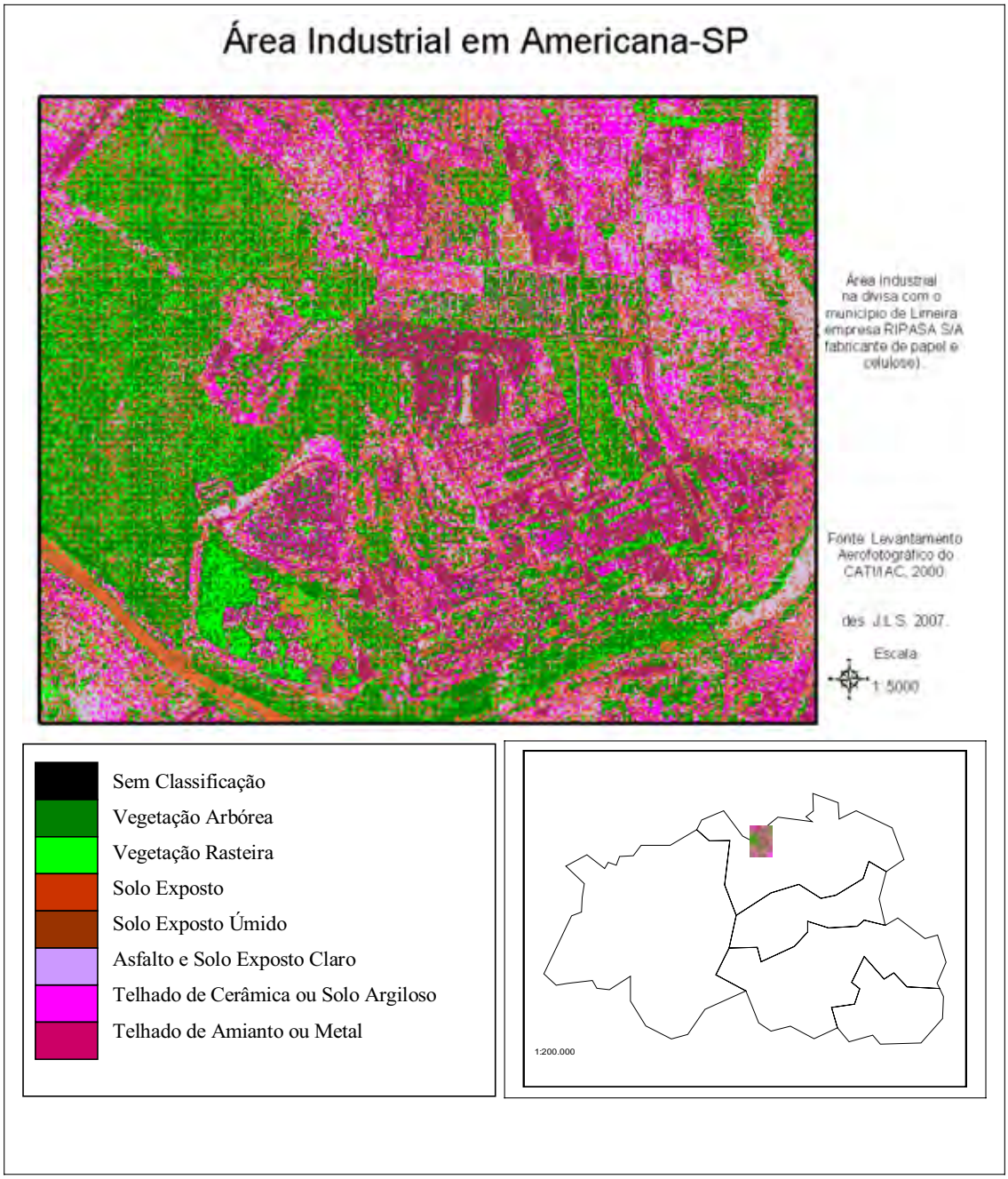
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 14



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

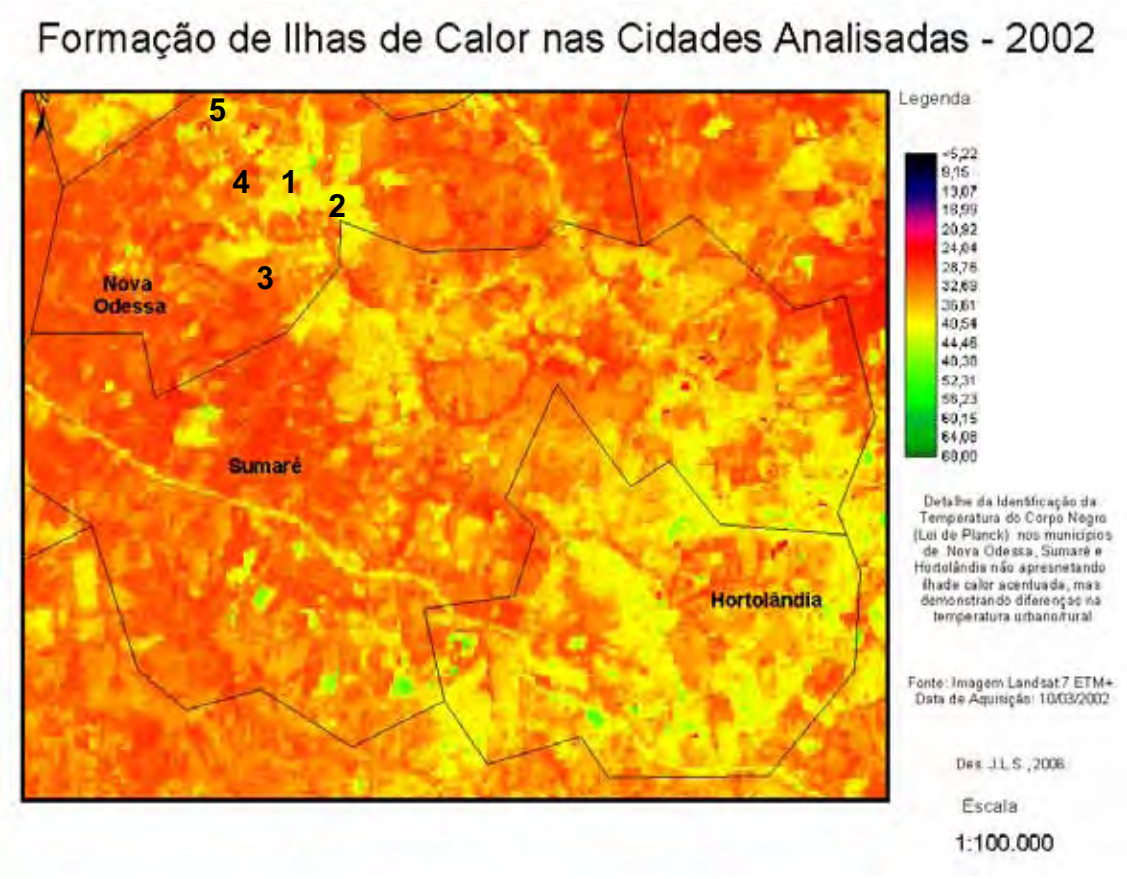
Ilustração 15



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Nova Odessa

Figura 44





Fonte: Google Earth, 2006

Levantamento das Tipologias do Uso do solo a serem analisadas através das temperaturas radiométricas:

Figura 45

1 – Parque Ecológico "Manuel Jorge".



Fonte: Google Earth, 2006

Figura 46

2 – Fazenda da Família Klava (lado direito) e Loteamento em implantação "Jardim Maria Antônia" (lado esquerdo) em área definida como rural no zoneamento da cidade, mas localizada dentro do perímetro urbano.



Fonte: Google Earth, 2006

Figura 47
3 – Mata ciliar do Córrego Capuava (4,16 km de extensão).



Fonte: Google Earth, 2006

Figura 48
4 – Zona Rural (visíveis a Hípica Nova Odessa e os novos loteamentos: Residencial Imigrantes e o Jardim Primavera).



Fonte: Google Earth, 2006

Figura 49

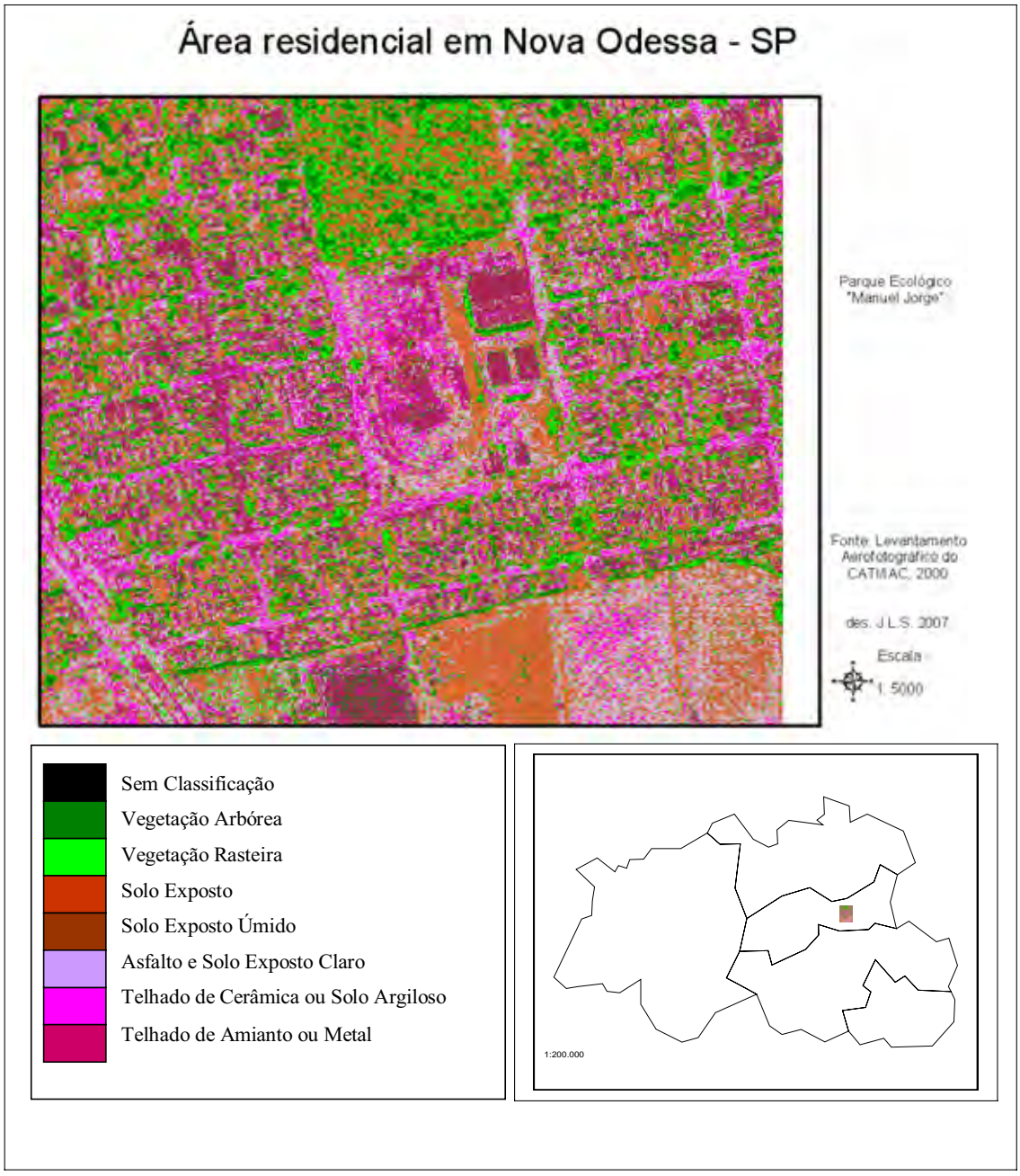
5 – Fazenda do Estado (Instituto de Zootecnia).



Fonte: Google Earth, 2006

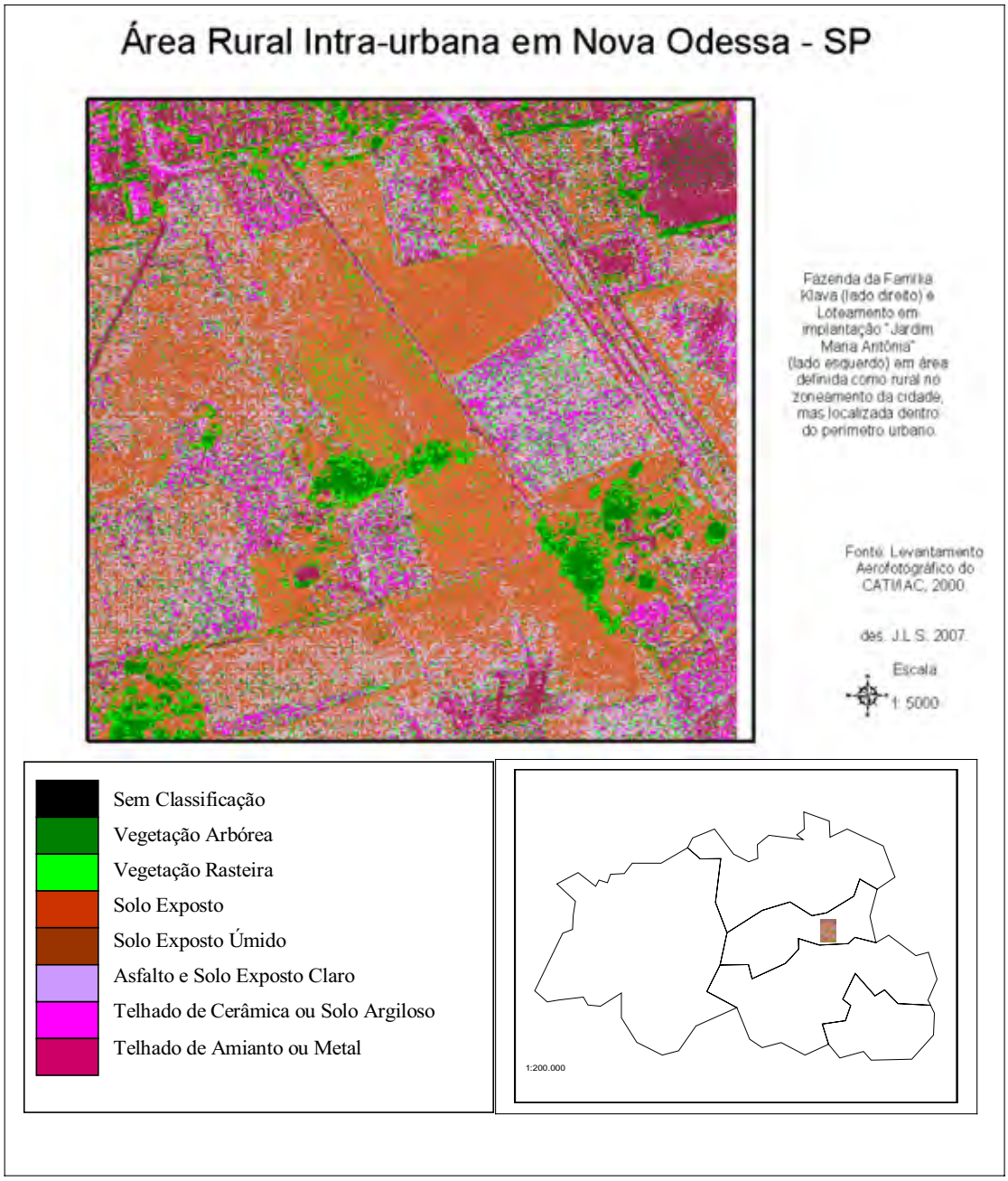
Classificação dos Pontos Selecionados

Ilustração 16



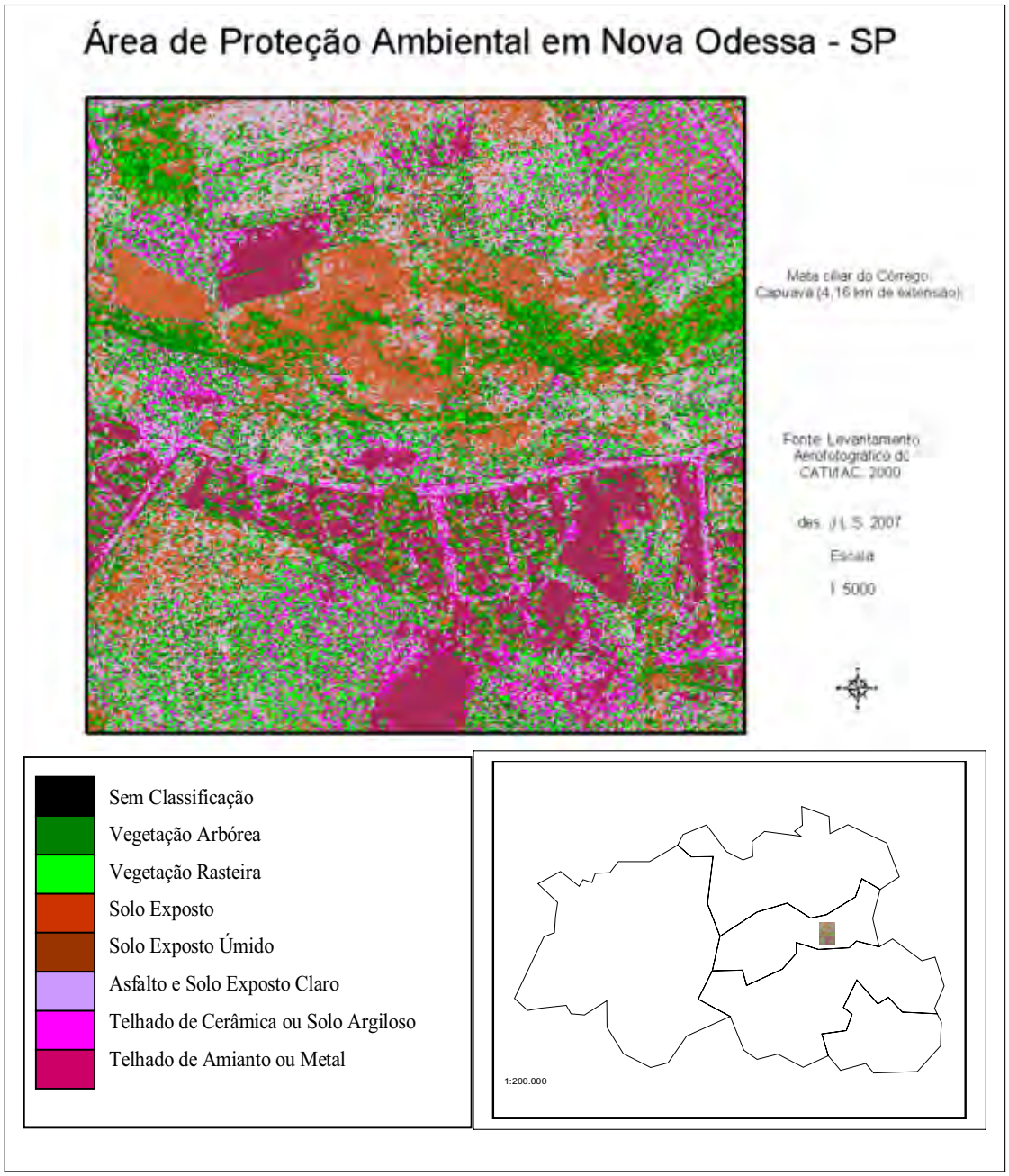
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 17



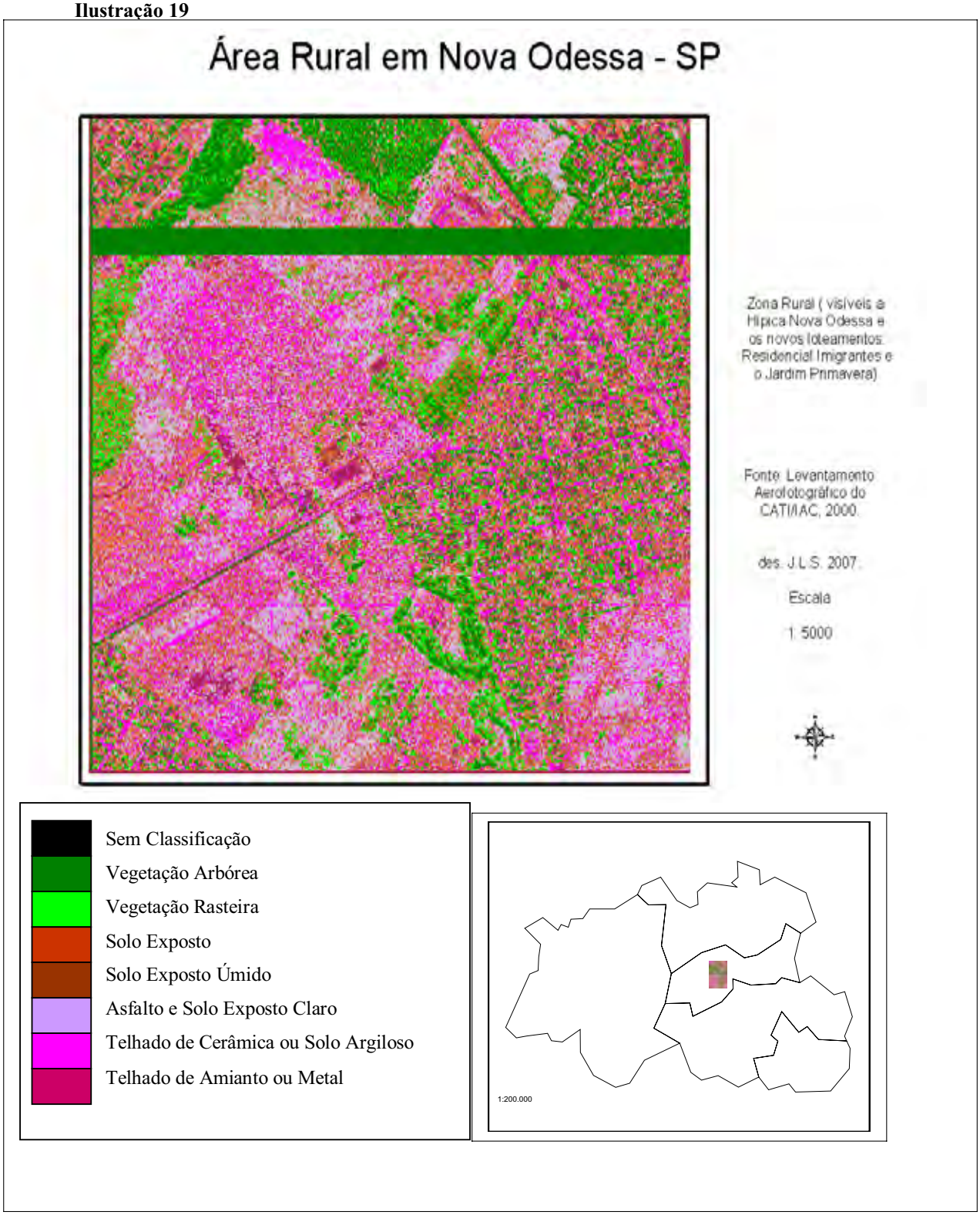
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 18



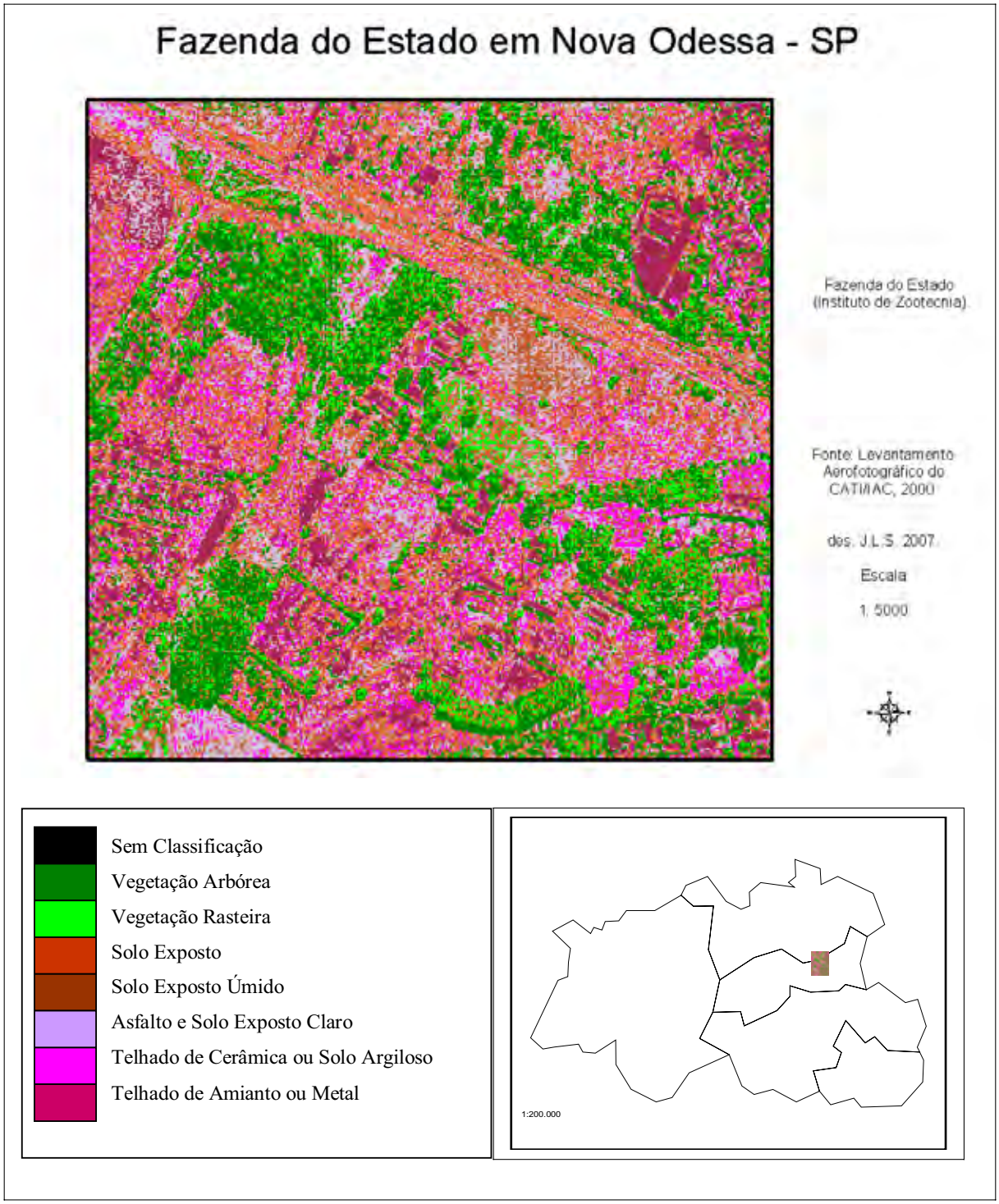
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 19



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

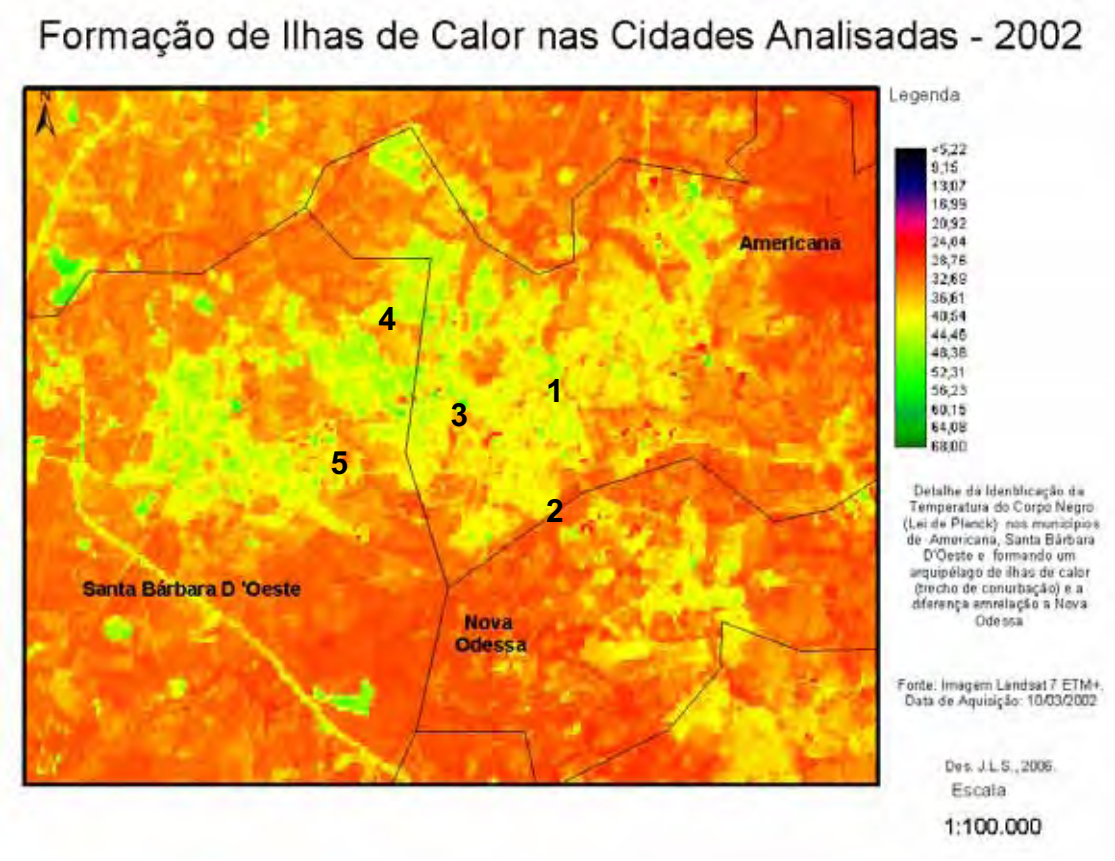
Ilustração 20



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Santa Bárbara D'Oeste

Figura 50





Fonte: Google Earth, 2006

Levantamento das Tipologias do Uso do solo a serem analisadas através das temperaturas radiométricas:

Figura 51

1 – Área de Conurbação com a cidade de Americana (engloba os bairros Dona Regina, Candido Bertini I e II, Palmeira, Ferrarezi, Europa I, II, III e IV, Nova conquista, Parque Zabani, Jardim Adélia, Santa Rosa I, Turmalinas, São Camilo, Cidade Nova I e II, Esmeralda, Planalto do Sol, Mollon, Pântano e a Chácara São Sebastião).



Fonte: Google Earth, 2006

Figura 52

2 – Rodovia SP – 304 e fazenda Jacyra.



Fonte: Google Earth, 2006

Figura 53
3 – Área Devoluta que divide a cidade (Vila Romi).



Fonte: Google Earth, 2006

Figura 54
4 – Linha de Alta Tensão – CTEEP.



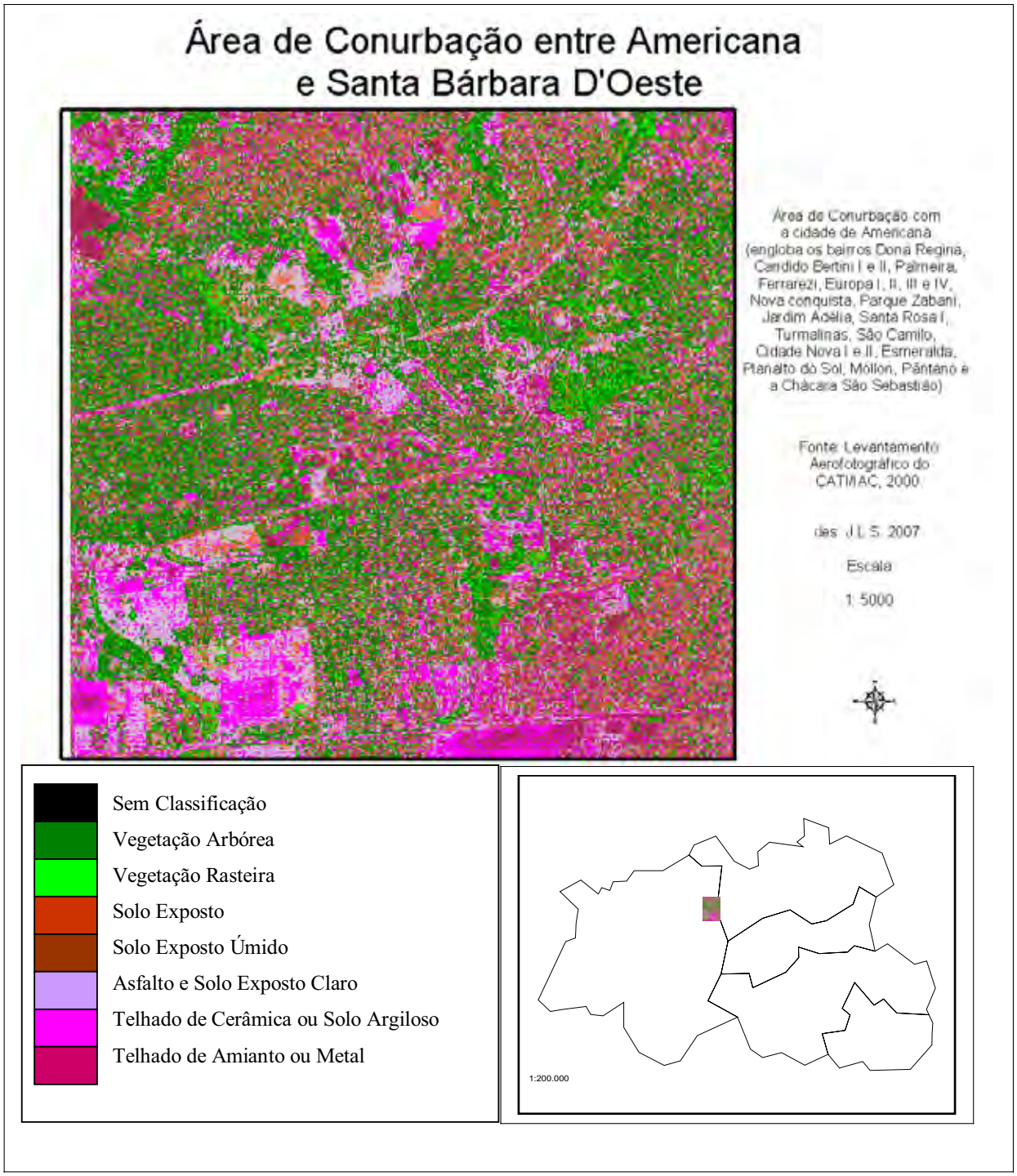
Fonte: Google Earth, 2006

Figura 55
5 – Mancha urbana (inclui a área central).



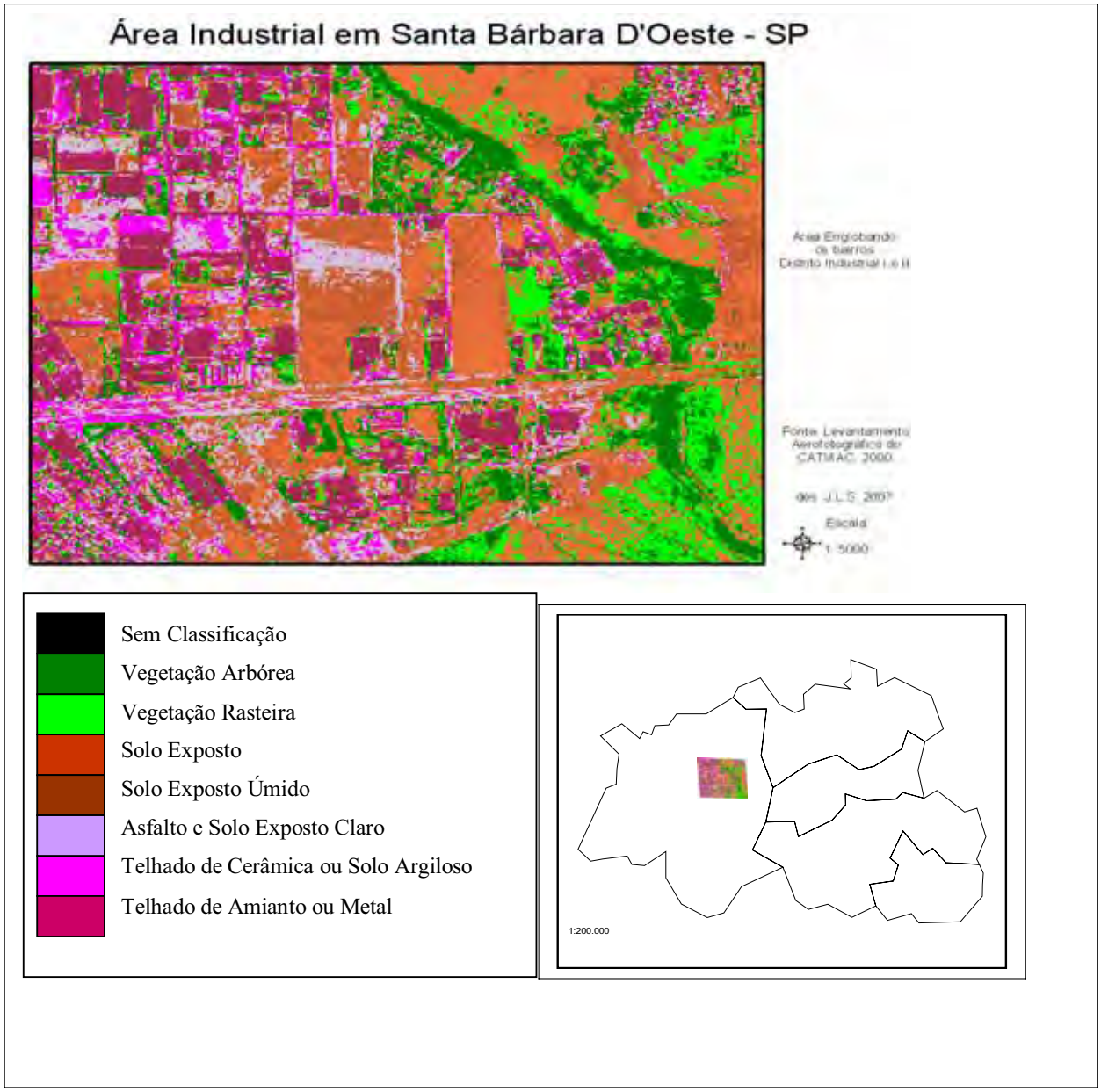
Classificação dos Pontos Selecionados

Ilustração 22



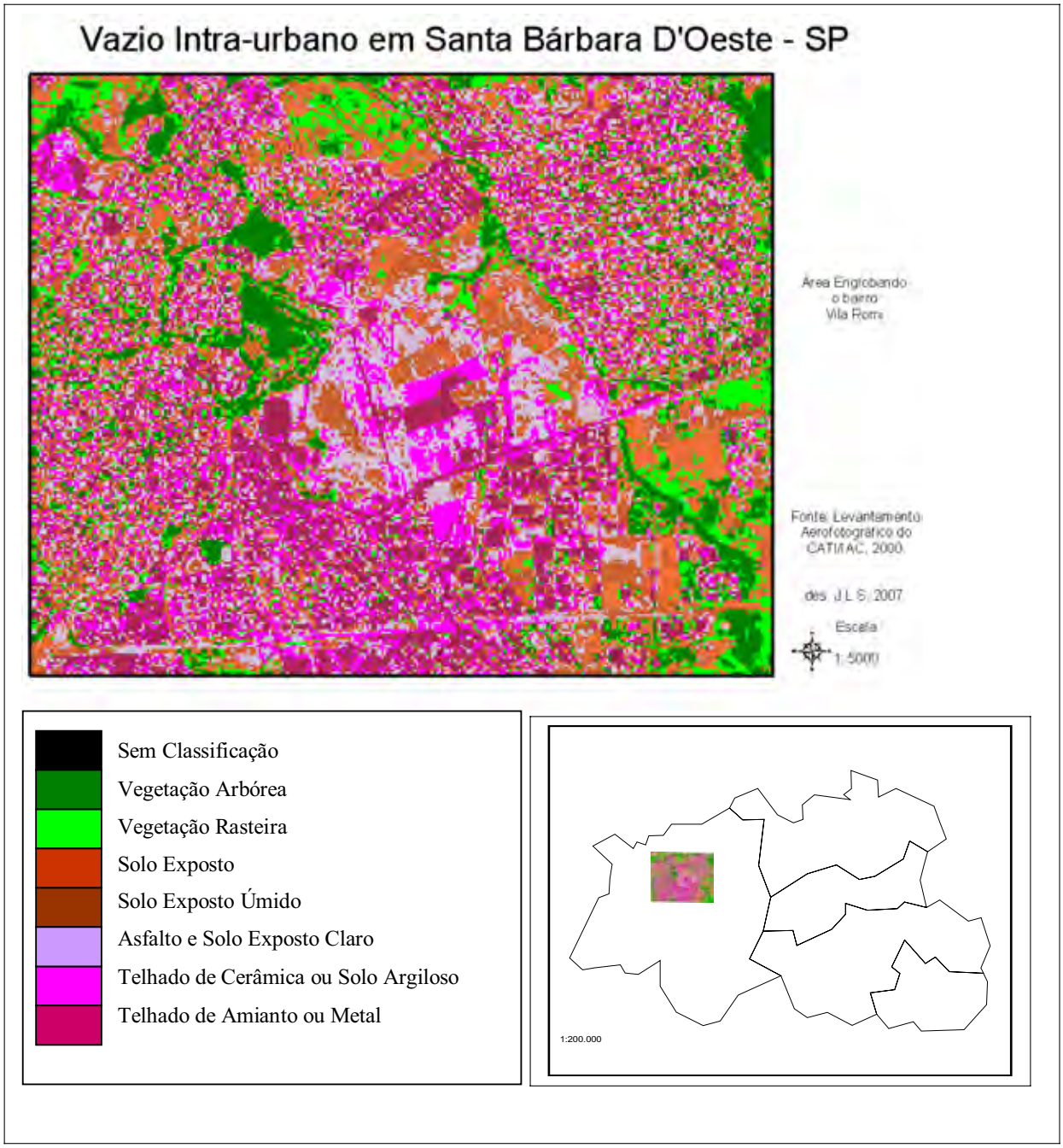
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 23



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 24



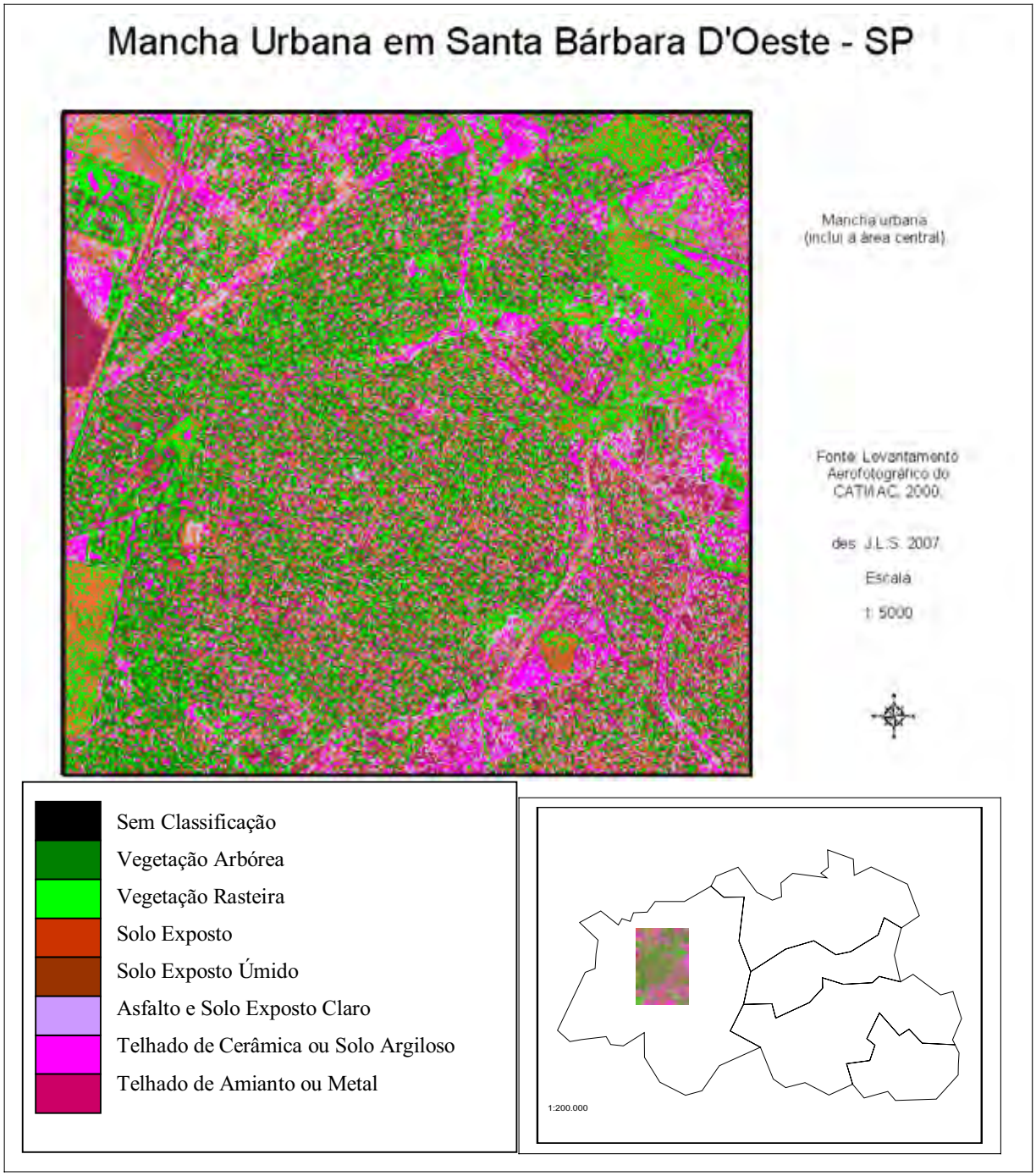
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 25



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 26



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Comparação Temperatura Radiométrica e Classificação

O albedo é definido como uma fração da energia solar incidente que é refletida por sua temperatura radiométrica. Para determinar os valores conhecidos pela temperatura radiométrica, foi necessário analisar os tipos de cobertura das áreas analisadas. A alta qualidade das fotografias aéreas permitiu uma análise classificatória, contudo, a qualidade desses produtos em muitos casos não produziu uma análise aceitável.

O valor da temperatura radiométrica foi calculado através da banda 6 dos satélites Landsat TM e ETM+; com uma resolução de 30 metros, refletindo a reflectância das superfícies. Infelizmente, este satélite não fornece uma análise das feições individuais; o que faz necessário a correlação entre as imagens e os produtos aerofotográficos. Após essa correlação foi analisada a imagem classificada e comparado o uso do solo com o valor do albedo.

Tabela 22

Americana

Área	Temperatura radiométrica (Cº)
1	40,54
2	42,00
3	25,00
4	56,23
5	32,00
6	26,00
7	55,00

Gráfico 39

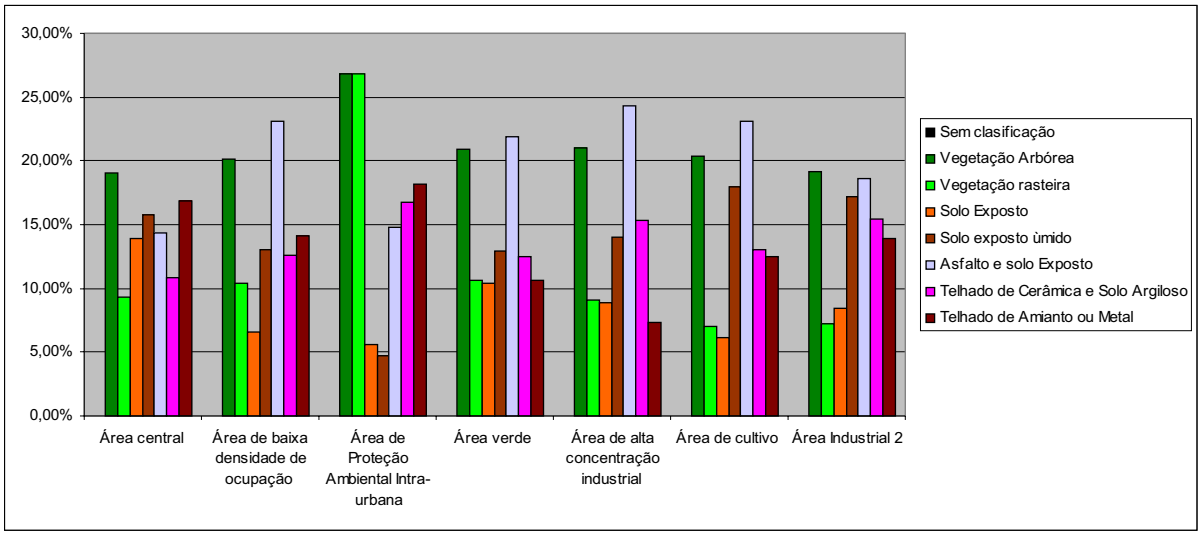


Gráfico 40

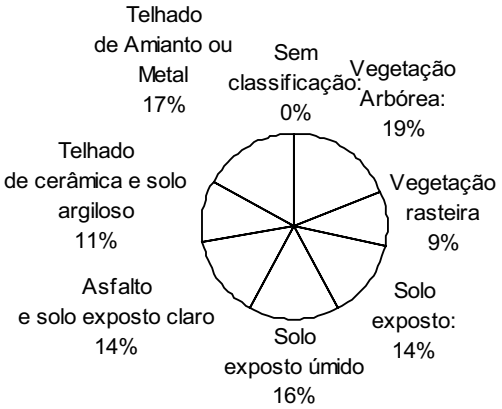


Gráfico 41

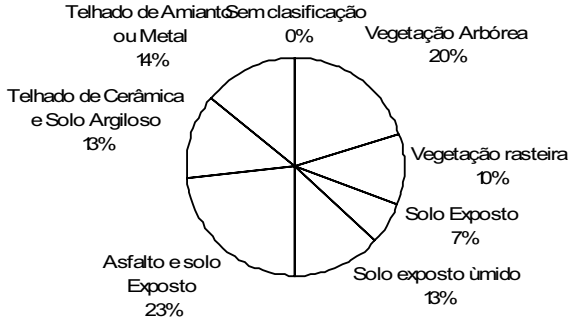


Gráfico 42



Gráfico 43



Gráfico 44



Gráfico 45

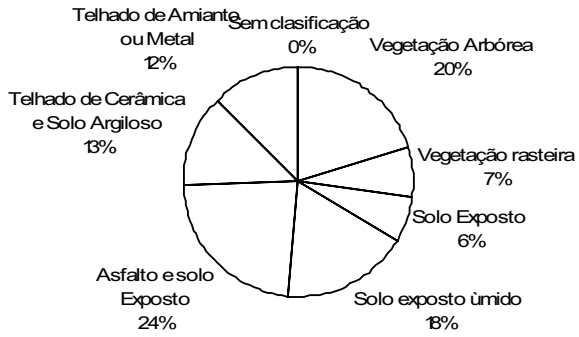
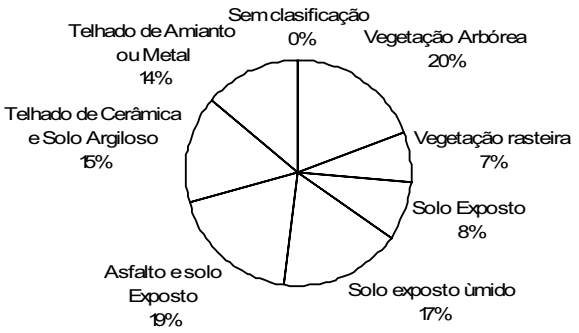


Gráfico 46



Nova Odessa

Tabela 23

Nova Odessa

Área	Temperatura radiométrica (Cº)
1	24,84
2	28,76
3	30,00
4	33,00
5	30,00

Gráfico 47

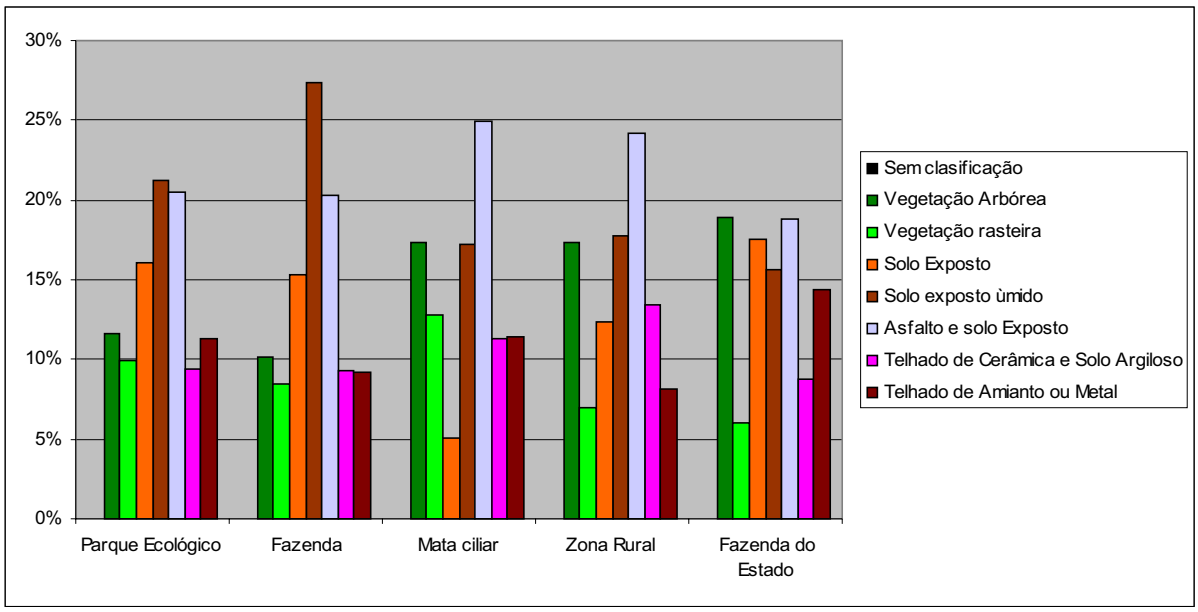


Gráfico 48

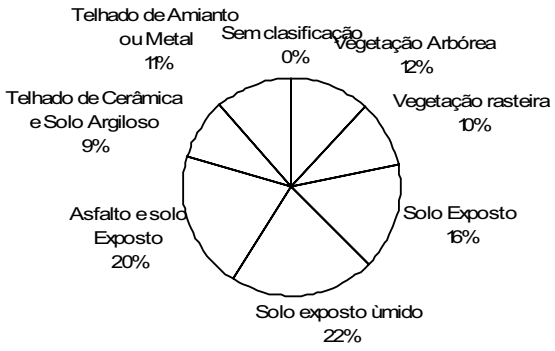


Gráfico 49

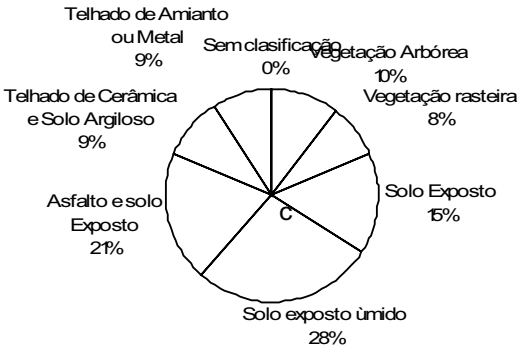


Gráfico 50

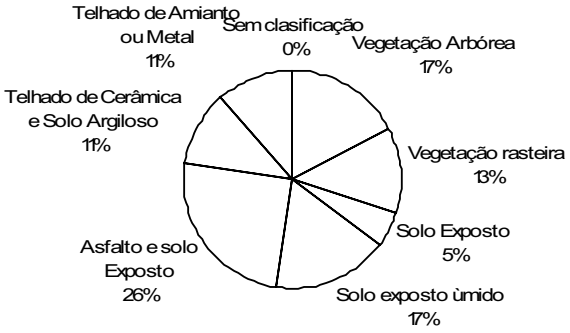


Gráfico 51

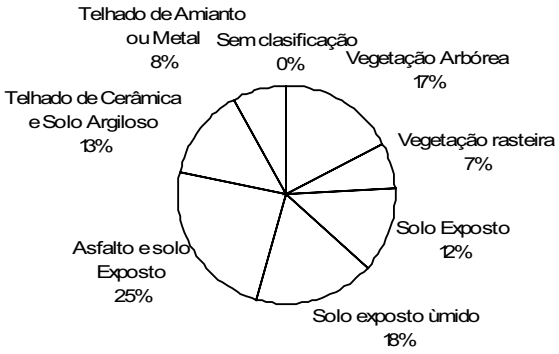
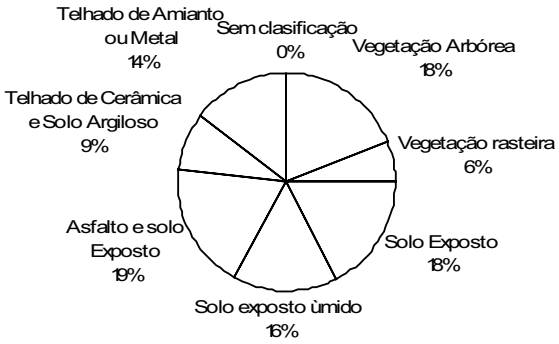


Gráfico 52



Santa Barbara

Santa Bárbara D'Oeste

Tabela 24

Área	Temperatura radiométrica (Cº)
1	40,54
2	40,54
3	44,46
4	32,69
5	30,00

Gráfico 53

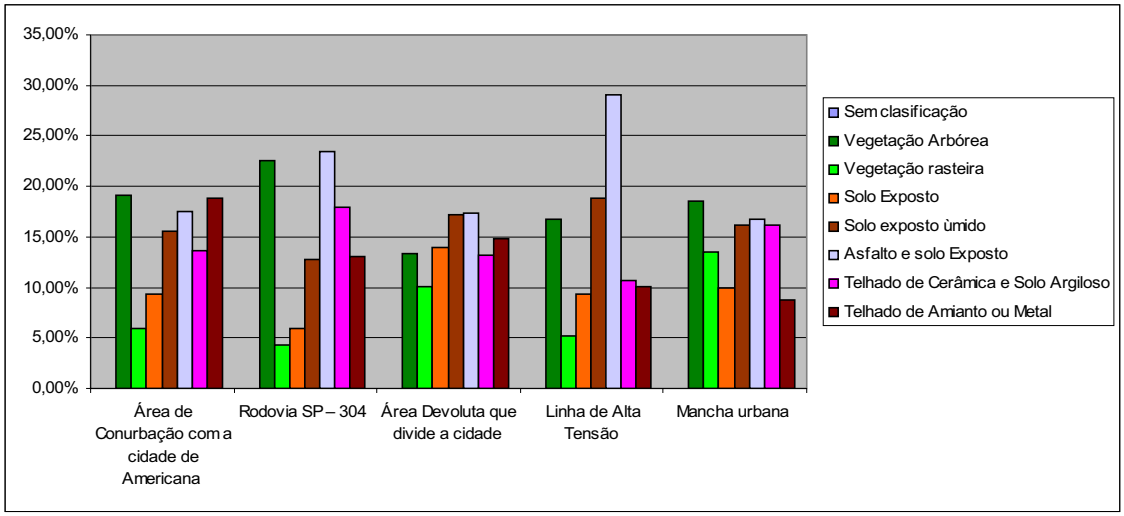


Gráfico 54

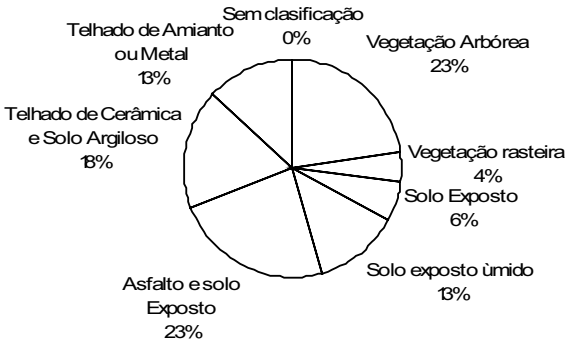


Gráfico 55

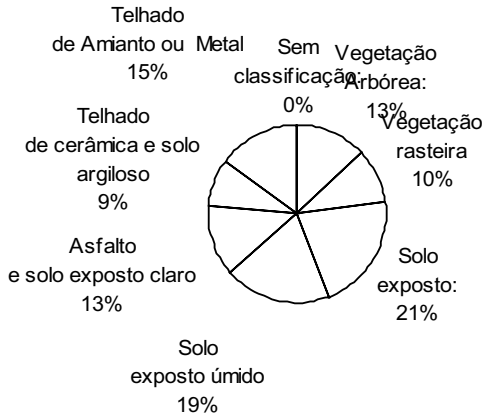


Gráfico 56

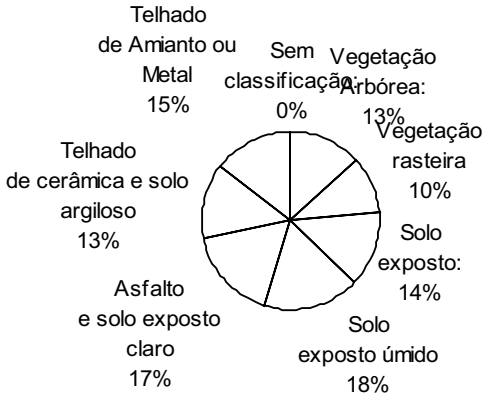
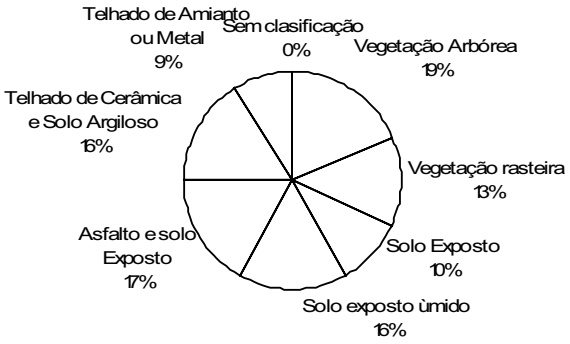


Gráfico 57



Gráfico 58



Análise dos Resultados da Classificação

O que se pode observar através da interpretação dos resultados da classificação da imagem de satélite, é que as classes urbanas apresentam padrões construtivos. Os materiais utilizados nas construções são os mesmos e as dimensões dos lotes variam muito pouco. Um problema detectado foi o fato das áreas com verticalização se confundirem com outras feições devido à presença de sombra, o que dificulta a sua separação em uma única classe. Contudo, suas características, permitem delimitar esse erro nas imagens classificadas. As áreas industriais se concentram em regiões

determinadas no município. Sua localização é facilitada pelos padrões construtivos que se destacam nas imagens; grandes dimensões, formatos regulares, presença de pátios e estacionamentos, material construtivo.

Estas características nos permitem dizer que os municípios estudados possuem regiões homogêneas, razoavelmente definidas que se destacam pelas diferenças radiométricas.

As áreas selecionadas para a classificação foram escolhidas por serem representantes dos usos de solo urbanos das cidades estudadas. Uma variedade de recursos foi utilizada para ajudar nesse processo de seleção: plantas baixas, dados do censo de 2000, análise de campo etc. De modo, a adquirir uma compreensão do estado atual do desenvolvimento das cidades.

Desse modo, uma combinação de áreas comerciais, industriais e residenciais foi selecionada. A maioria dessa área é usada para fins residenciais, contudo, esse uso se da de maneira diferenciada, o que tornou necessário uma avaliação exata da escala e do tipo de uso das superfícies residenciais se fez necessária. Assim, as áreas residenciais foram divididas em três focos de análise (baixa, média e alta renda) tendo no seu uso variações na densidade, no nível da vegetação etc.

Vale destacar que a área estudada é relativamente pequena e dispersada extensamente durante toda a microrregião estudada.

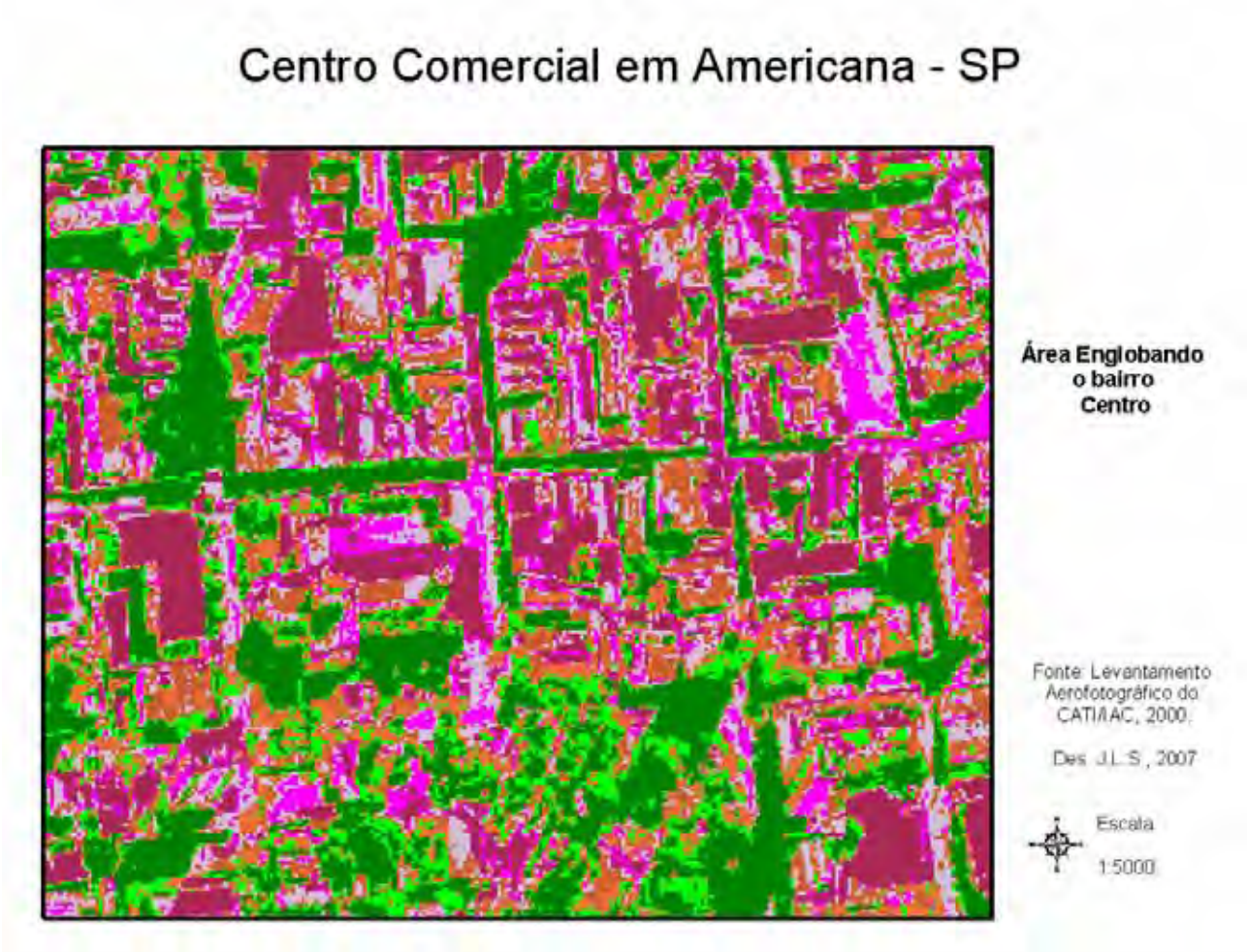
4.3.3 Verticalização da Classificação na Cidade de Americana

Centro comercial

A área considerada como centro comercial é localizada no núcleo inicial da cidade, geralmente relacionada à região mais antiga. Esta área é de uso

predominantemente comercial tendo suas porcentagens dos tipos de superfície, muito equilibradas entre si. Destes resultados, os tipos de superfície com potencial contribuição para o estoque de calor são as superfícies pavimentadas, indicadas pela cobertura de 14% por cento da área total . As categorias "solo exposto" e "solo exposto úmido" também se destacam com 14 e 16% do total da área. Assim, maiores benefícios poderiam ser alcançados na cidade introduzindo coberturas claras ou vegetados sobre essas superfícies para aumentar o valor do albedo dessa região. Uma outra característica que também influi para o estoque de calor é a área ocupada por telhados, que correspondem a 11 e 17% da área total. Alternativamente, considerando que a porcentagem de vegetação é relativamente baixa, há também necessidade de aumentar a vegetação. Nesta imagem, podemos observar apenas perto do canto esquerdo inferior, a presença de vegetação arbórea na Praça Comendador Müller. Contudo, esta opção seria mais difícil de se executar, pois esta área já é completamente desenvolvida e seria difícil, senão impossível, mudar os tipos de superfície.

Ilustração 27



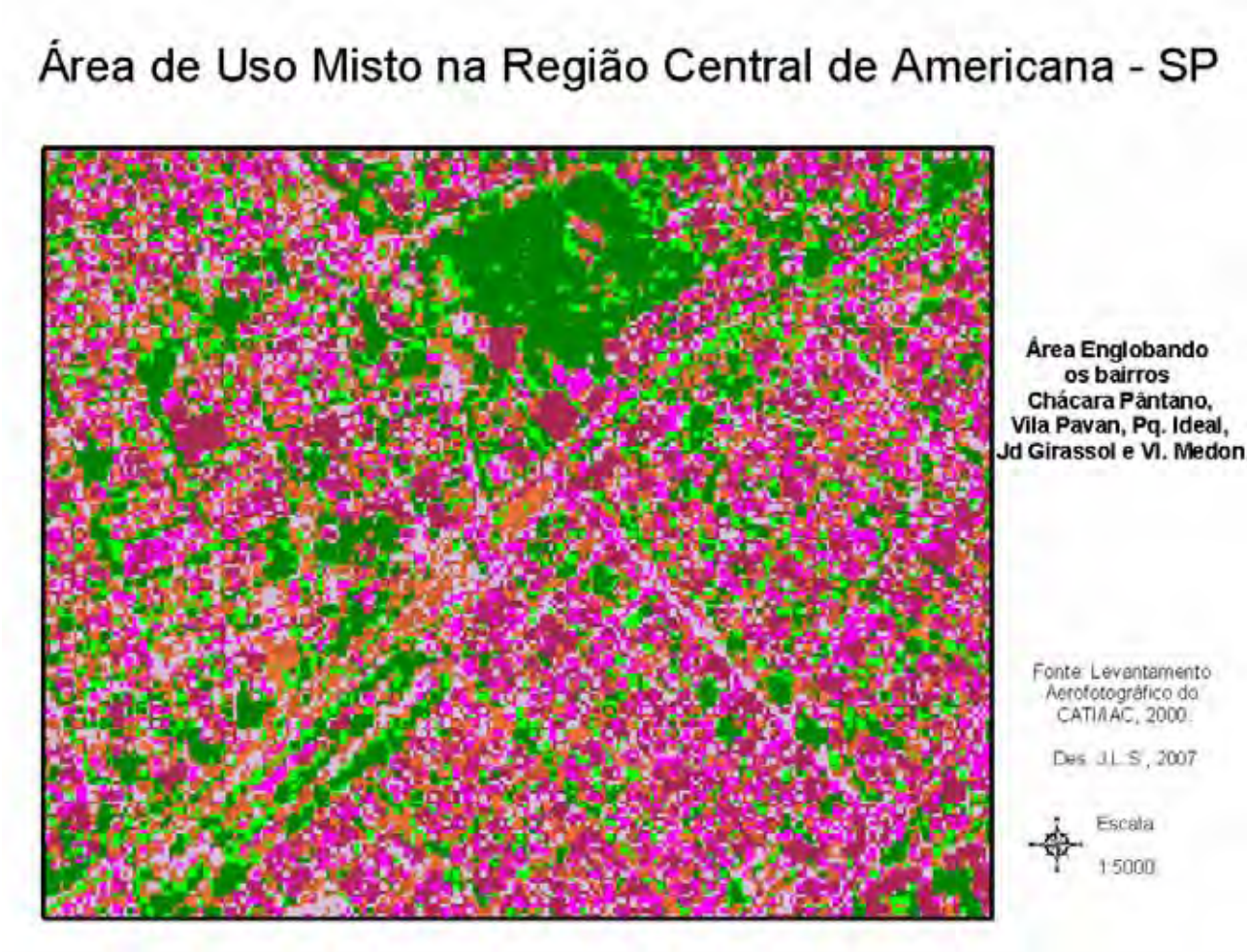
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Uso misto

São incluídos nestas áreas tipos diferentes de desenvolvimento urbano, sendo áreas de alta densidade populacional. As áreas analisadas incluem diversas instituições religiosas e públicas e diferentes tipos de residências (essas variam entre residências unifamiliares e alguns apartamentos multifamiliares). Assim, podemos dizer que esta área é composta de uma mistura de desenvolvimentos comerciais e residenciais. Nossa análise sugere que esta área compartilha das características tanto das coberturas residenciais, quanto comerciais. Assim, similar aos resultados obtidos para o centro

comercial, esta área tem porcentagens elevadas de telhados, asfalto e solo exposto, os índices variam entre 14 e 17% (para a área de uso misto 2), correspondendo a 75% o uso total do solo nesta região, respectivamente e, de 11 a 19% (para a área de uso misto 1), correspondendo a 72% do uso total. Em contraste aos resultados da área comercial , esta área já apresenta uma fração elevada de vegetação (25 e 28%), contudo, o número de áreas verdes poderia ser incrementado.

Ilustração 28



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Área Industrial

Esta área inclui diversas indústrias ocupando grandes lotes na área urbana. Assim, como na área comercial, as superfícies pavimentadas e o solo exposto são

dominantes nesta área, ocupando uma porcentagem de 46 e 38% da área total das duas áreas industriais, respectivamente. A área apresenta "áreas devolutas" classificadas como solo exposto, sendo destinadas às necessidades futuras de expansão das indústrias. Os telhados apresentam também uma boa fração da área total, 29 e 31%. Não tendo como realizar grandes modificações nessas áreas, o método o mais eficaz de diminuir o efeito do estoque de calor nesta área seria pintar as superfícies de cores claras para aumentar albedo ou introduzir arborização. No espaço ocupado por indústrias verificou-se haver gramados, estacionamentos, quadras de esporte e áreas em terra nua, além do prédio destinado às atividades industriais, que apresenta variações em função da diversidade de formato das estruturas dos telhados e dos materiais que os constituem (telhas cerâmicas, metálicas ou fibro-cimento).

Ilustração 29

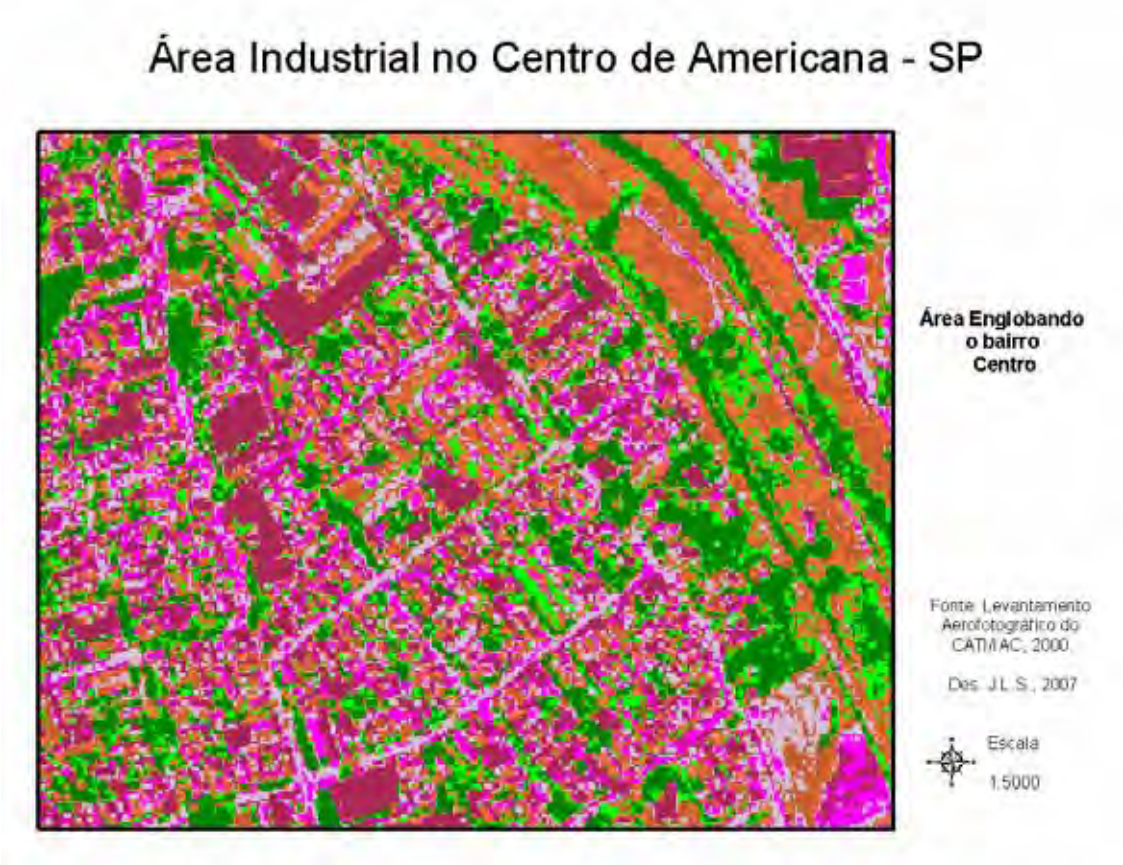
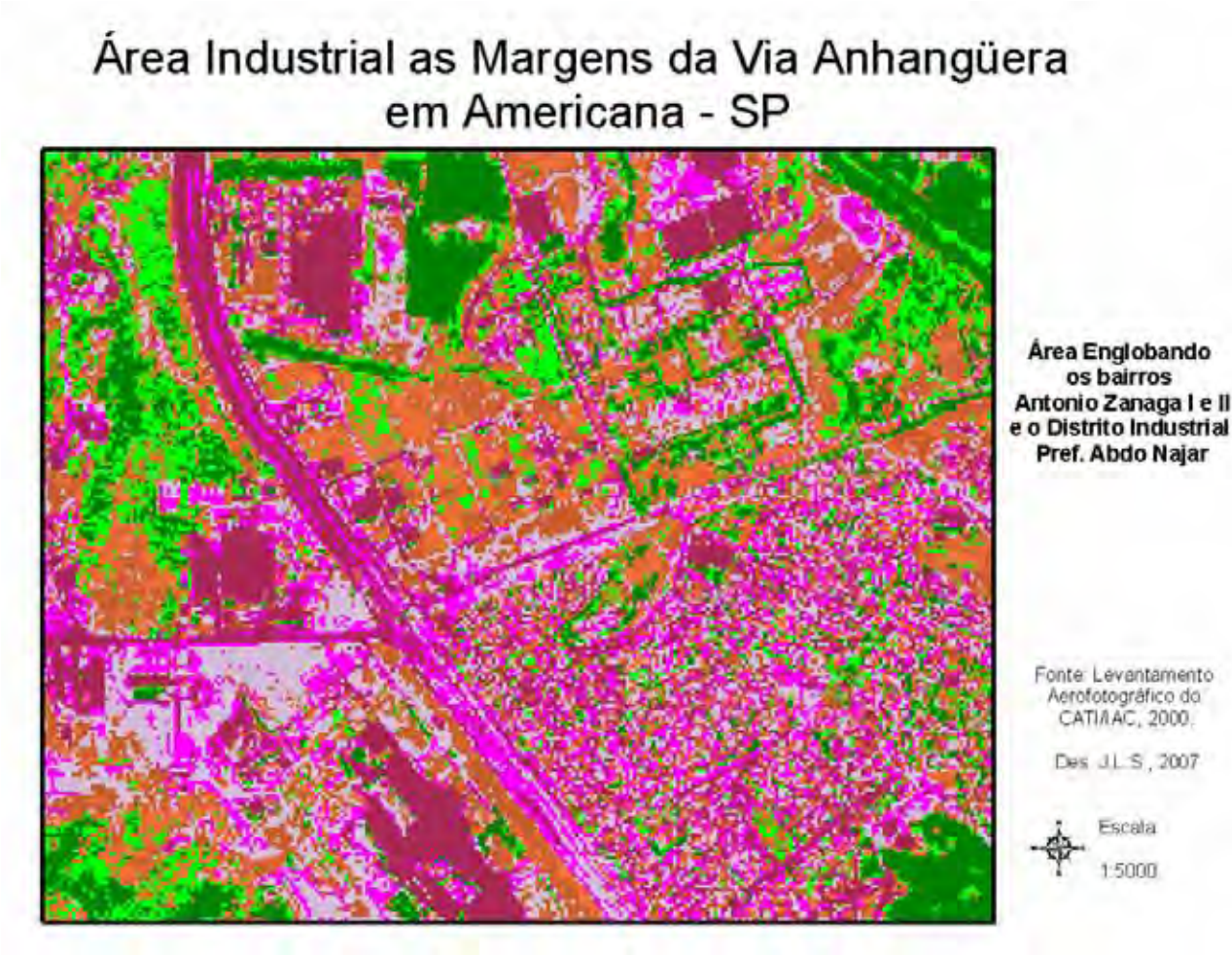


Ilustração 30



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Áreas Residenciais

A análise dessas áreas se deu a partir da divisão de setores sociais residenciais. Foresti (1986) observou que esta diferença é evidenciada pelo padrão de ocupação e pode ser verificada já na fase de implantação do loteamento residencial: nos setores de baixo padrão procede-se a retirada total da vegetação, loteando-se a área e sendo construída unidades habitacionais; enquanto nos setores de alto padrão, a área

terraplanada é recoberta com gramíneas e árvores ornamentais e recebe a implantação do sistema viário, iniciando-se a construção das casas.

Nas áreas residenciais, a classe telhados de amianto e metálicos não foi possível à distinção entre um e outro, apresentando os maiores níveis de quantização. Esse tipo de cobertura e sua posição m relação ao sol contribuíram para esse problema. Os objetos que possuem as coberturas cinza apresentam muitas variações que incluem desde o tempo de exposição a s intempéries, tintas aplicadas sobre o material até inclinação dos telhados; sendo essa mais relevante em telhados de metal. As classes magenta claro estão associadas às telhas de cerâmica e aos solos expostos. Ambas as classes apresentam uma relação às demais regaras associadas aos valores do vermelho. Aqui ocorre uma confusão por se tratar de duas classes com repostas espectrais muito semelhantes na faixa do visível.

Podemos dividir o padrão das edificações em alto, médio e baixo segundo área analisada:

Baixo Padrão

O setor residencial de baixo padrão foi observado em bairros com população de baixa renda, onde as ruas são pouco arborizadas e nem sempre pavimentadas, os lotes desculpados apresentam vegetação herbácea ou terra nua e há poucas áreas públicas como praças e jardins. Em geral, as habitações são de pequeno porte, cobertas por telhas de cerâmica ou de fibro-cimento (amianto) e ocupam quase todo o lote, não havendo recuo frontal ou lateral.

Dentro dessa classificação temos ainda as subdivisões:

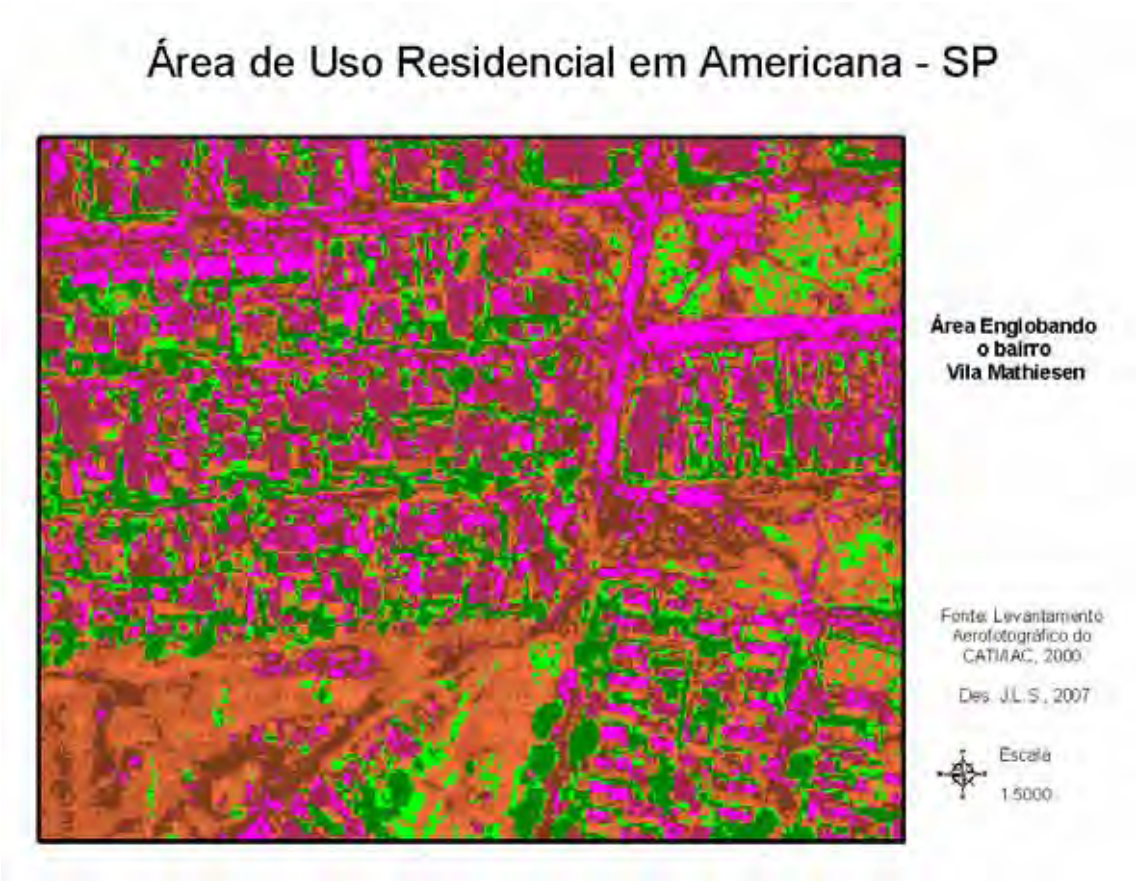
Favelas

Foram caracterizadas dentro das de baixa renda, mas se caracterizam pelo tamanho mínimo das unidades habitacionais, sem espaçamento entre si, nem organização espacial, estando também ausente a estrutura viária.

Conjunto Habitacional

Apresentam alta densidade de ocupação, ruas pavimentadas e pouca arborização. As unidades unifamiliares são justapostas e cobertas predominantemente com telha de cerâmica; cercado por terra nua e gramados em volta do empreendimento.

Ilustração 31



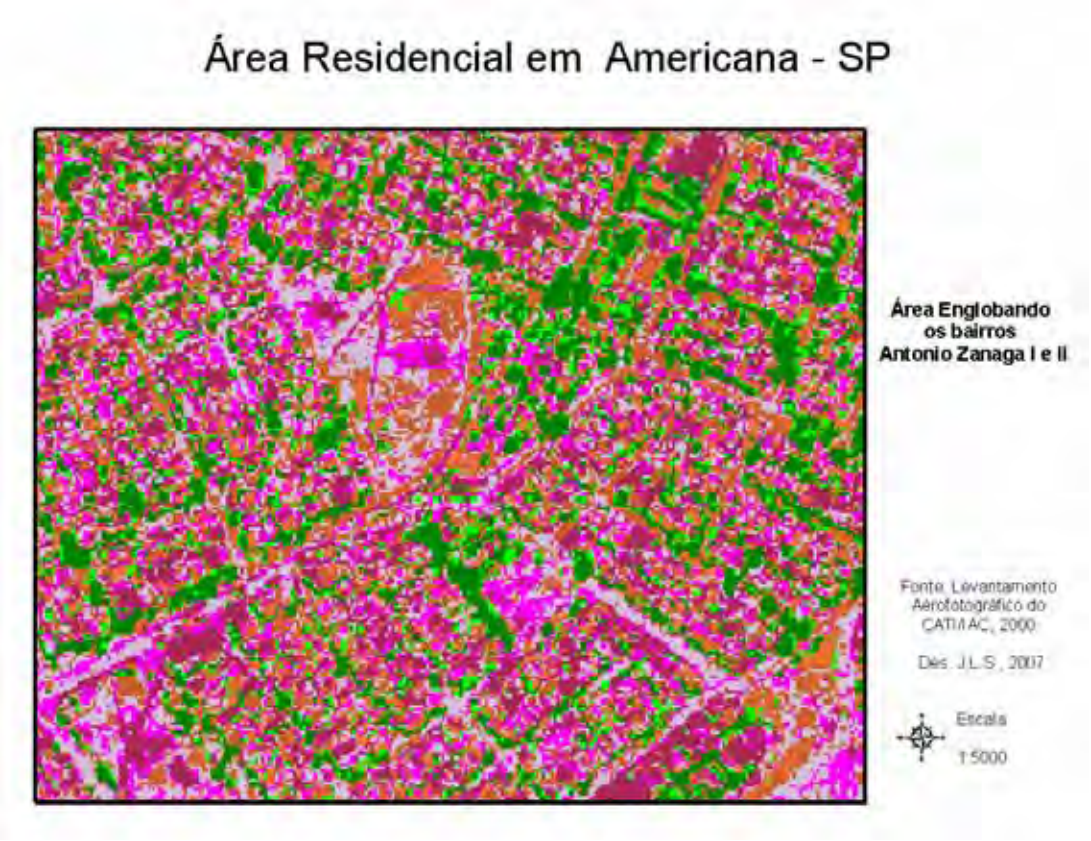
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Médio Padrão

O setor residencial de médio padrão apresenta algumas características semelhantes ao de baixo padrão, contudo se destacam o maior tamanho dos terrenos e, das construções, pelas ruas pavimentadas, a presença de vegetação intra-lote e de arborização urbana, Assim como a presença de praças e canteiros vegetados.

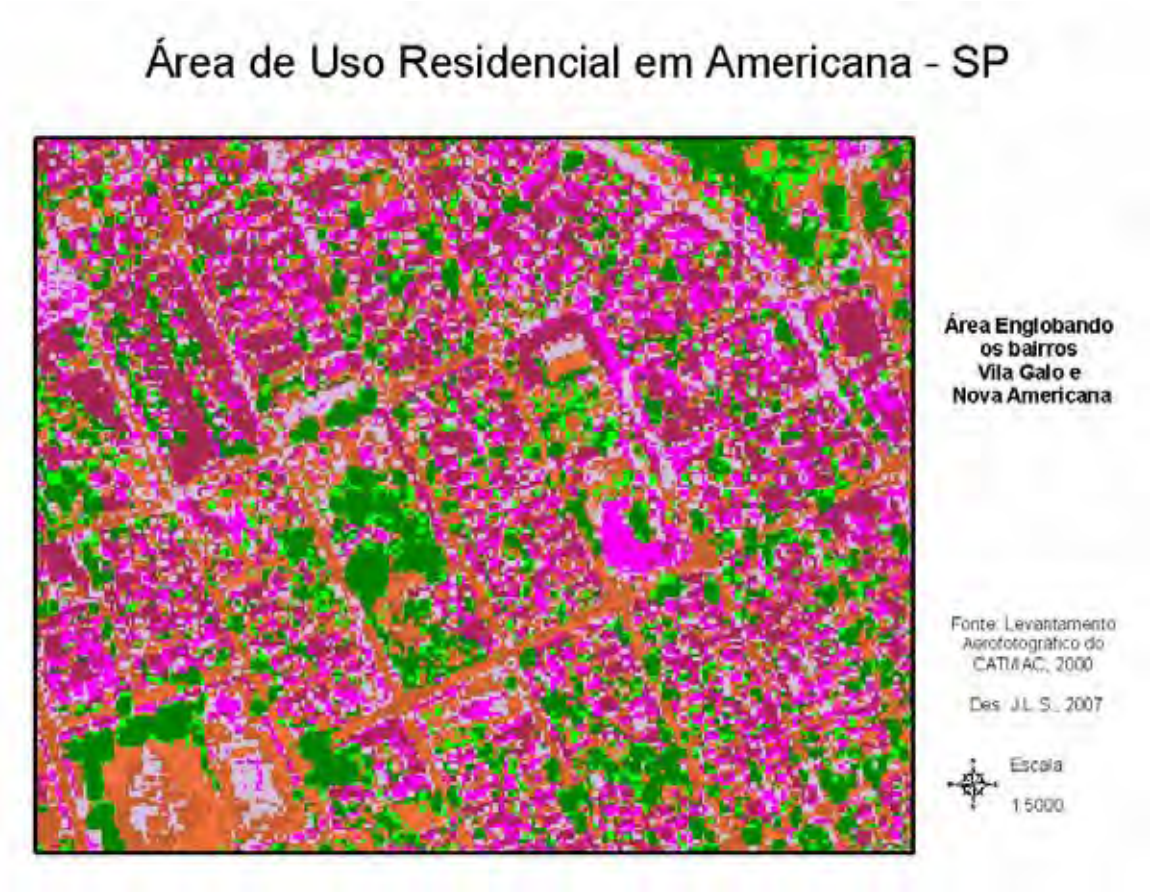
As áreas residenciais de classe média tem uso predominantemente residências unifamiliares. Inclui também escolas e diversas igrejas. Figura 7 mostra a área selecionada para esta análise. O tamanho médio do lote é padrão (300 m²) cercado por ruas e calçadas que prestam serviços de acesso ao lote. O maior espaço é ocupado pelos telhados e pelas áreas expostas (asfalto e solo exposto), destacando nessas áreas as ruas, áreas de estacionamento, calçadas, e terrenos não ocupados. Embora a área pavimentada por lote seja elevada, substituir sua cor ou introduzir vegetação para aumentar o albedo não seria tão benéfico como se pôde esperar. Isto acontece porque nas áreas residenciais, a maior parte das áreas que se destacam radiometricamente corresponde aos quintais e as calçadas (que já têm o albedo mais elevado do que os pavimentos de asfalto). Desse modo, os telhados são as superfícies que poderiam ser alteradas mais eficazmente nesta área. Esta área é também relativamente vegetada, com cobertura arbórea de 17%, valor que poderia ser alterado com a introdução de espécies arbóreas nos quintais.

Ilustração 32



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 33

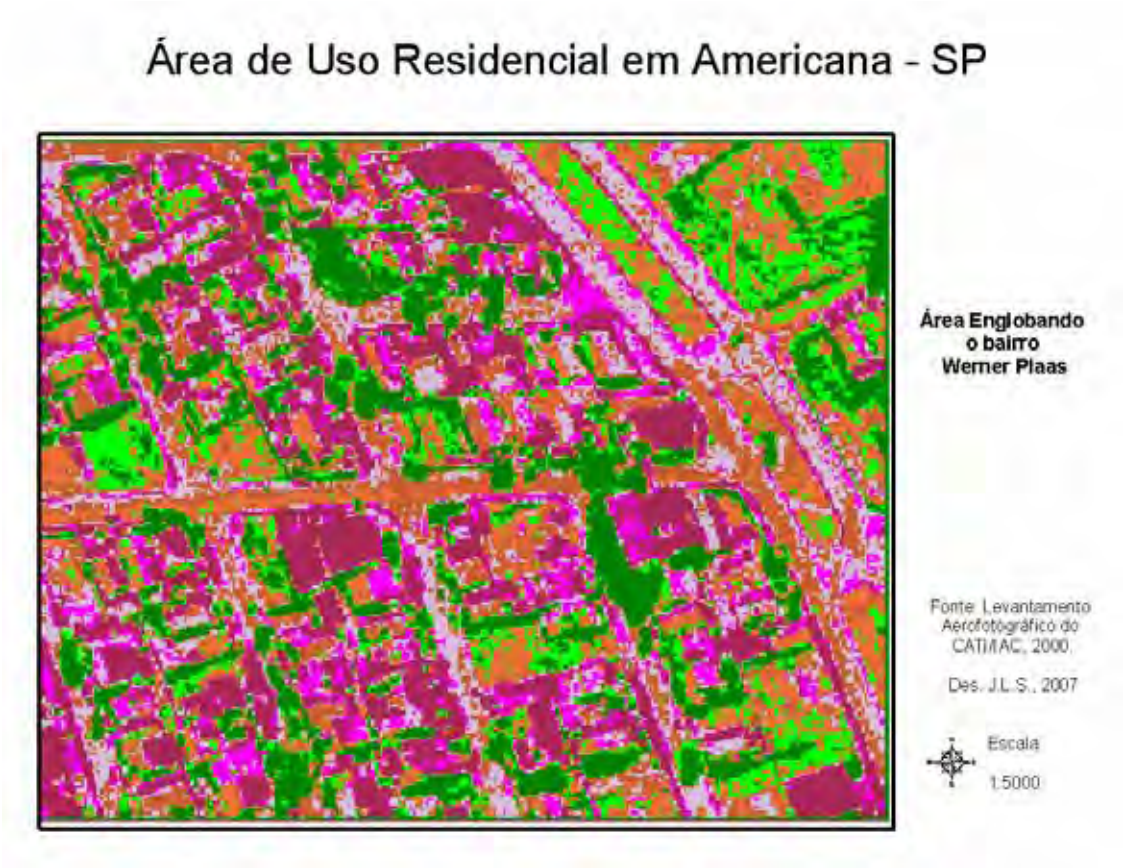


Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Alto Padrão

O setor residencial de alto padrão se caracteriza pelas ruas pavimentadas e arborizadas, com habitações unifamiliares cobertas por telhas coloridas e construídas recuadas frontalmente e lateralmente, apresentando garagem, jardim e piscina.

Ilustração 34



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Vegetação

A classe vegetação foi a mais facilmente discriminada, sendo composta por 'vegetação arbórea' e 'vegetação rasteira'. A vegetação arbórea acabou sendo classificada por sua tonalidade e por sua sombra, contudo esta característica de identificação da sombra acabou causando confusão na classificação. Em uma imagem, o centro de americana que apresentou alto nível de sombras, sendo classificado como vegetação arbórea. Foi tentado trabalhar com a segmentação desta área para tentar corrigir essa falha, contudo esta confundiu os classificados e aumentou o numero de

objetos não classificados. Como este problema só apareceu nesta imagem objetivou-se por manter o primeiro método e destacar esse problema nesta imagem.

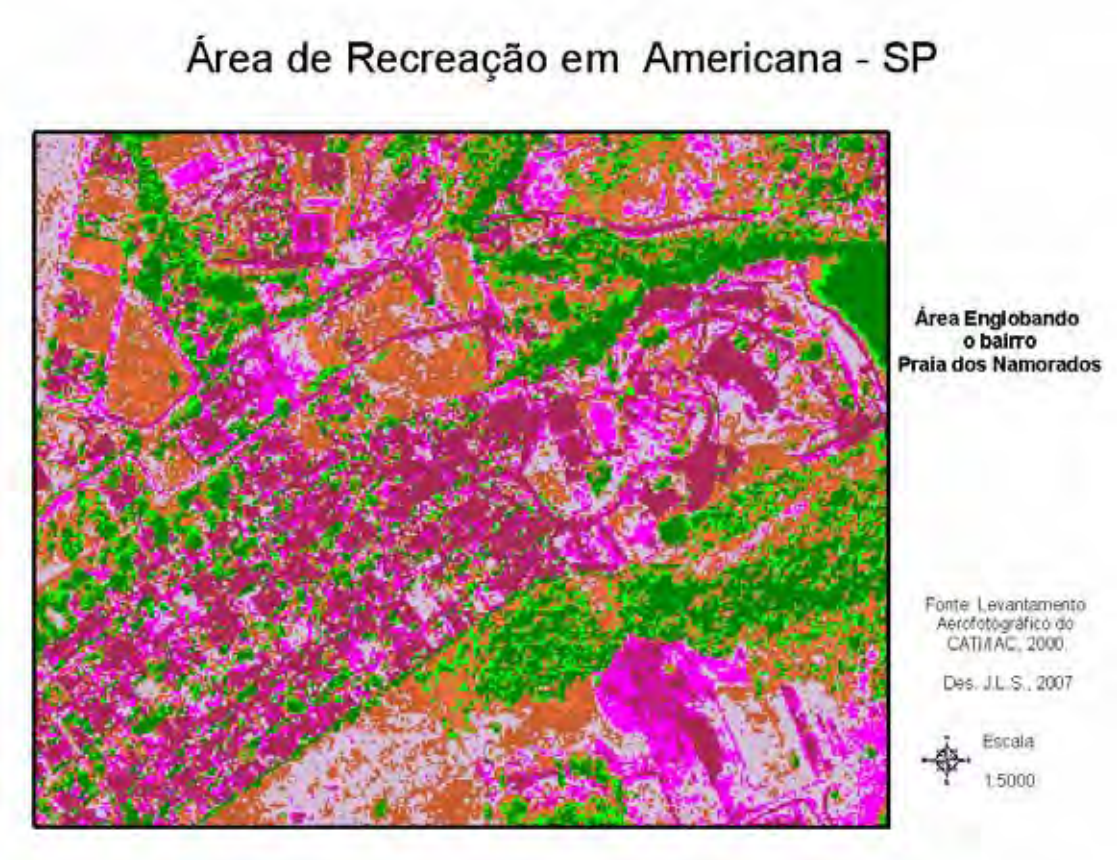
Áreas Rurais

Chácaras

As áreas de sítios e chácaras foram caracterizadas por uma baixa densidade de ocupação e pela predominância de vegetação herbácea e arbustiva. Suas características se assemelharam em muitos aspectos com as de alto padrão.

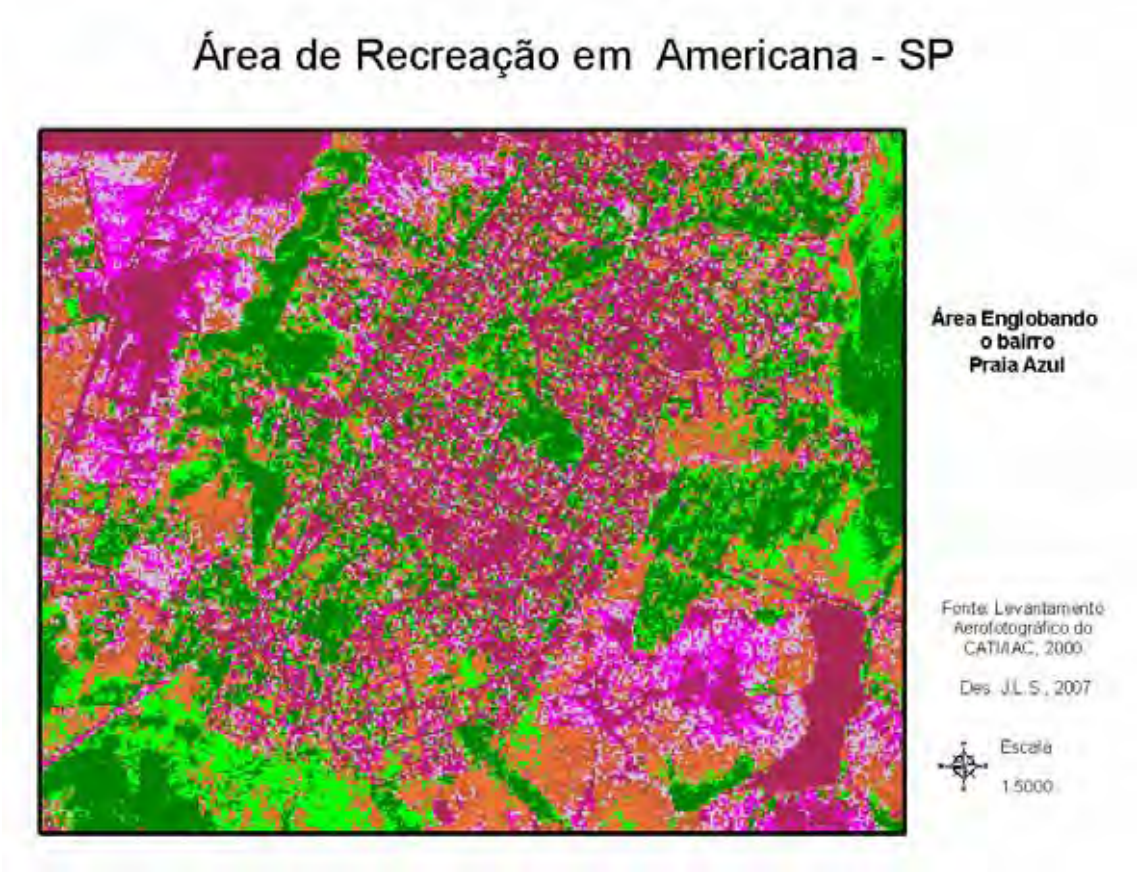
Conforme esperado as porcentagens das ruas e dos telhados, 9% e 10% eram mais baixas do que nas outras áreas residenciais. Aproximadamente 50% da área sob o dossel são grama e solo exposto. Os lotes têm no mínimo 1000 m² e as casas são localizadas no centro dos terrenos.

Ilustração 35



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Ilustração 36



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Conclusão

É princípio largamente aceito pela comunidade científica de que há uma correlação entre microclimas urbanos e condições de uso e ocupação do solo. O que buscou-se neste trabalho foi a possibilidade de correlacionar as temperaturas de superfície (obtidas com as imagens de satélite), com o uso e ocupação do solo do ponto de vista dos materiais que estão sendo utilizados ali e contabilizar, o quanto dessa emissão está contribuindo de fato para alterações térmicas na cidade e na formação do fenômeno ilhas de calor.

Muitos cientistas concordam que ainda é muito cedo para comprovar as alterações no tempo global, assim como a responsabilidade da ação antrópica. Entretanto, sabemos que o tempo é um dos sistemas mais sensíveis e que o controle de sua ação por parte do homem ainda é muito insignificante; o que torna imprescindível que as alterações no tempo seja pauta principal dos planejadores urbanos em vários níveis.

Buscou-se considerar, como eixo central do trabalho, a importância de se calcular a área total construída, pois na região de Americana existem áreas densamente edificadas, contudo, compostas por casas térreas e/ou edifícios baixos (a verticalização não é ainda muito intensa). Essa análise baseou-se na fala de Assis (1990), que usando o exemplo de Belo Horizonte provou que em áreas mais verticalizadas, mas com maior área livre, as condições de conforto térmico são melhores do que em áreas horizontais com maior taxa de ocupação. O que em teoria, mostra que altas densidades de edifícios baixos com gabarito uniforme podem provocar uma redução drástica (quase estagnação) na velocidade do vento na altura dos pedestres, dependendo do adensamento. Desse

modo, foi possível nortear as analises de modo a gerar resultados que pudessem ser apropriados por arquitetos e planejadores urbanos, numa perspectiva interdisciplinar; buscando-se gerar parâmetros que pudessem subsidiar a elaboração das leis de parcelamento, uso e ocupação do solo e Planos Diretores das cidades estudadas, buscando-se uma ponte entre os estudos de clima urbano e a produção do espaço da cidade.

Por se tratar de municípios em intensa expansão urbano (como pode ser verificado no Capítulo 3), objetivou-se retratar o cenário atual do Clima e sua correlação com o uso do solo atual, de modo a indicar possibilidades futuras de organizar o espaço mantendo o conforto térmico e o equilíbrio com a natureza. O que fez com que na análise espacial desse trabalho buscasse-se retratar o mais detalhadamente o possível a realidade intra-urbana dessa região e sua relação com a atmosfera do lugar.

Dentro desse eixo norteador, foi possível correlacionar o comportamento dos materiais do tecido urbano e as diferenças nas temperaturas de superfície. A relação entre a magnitude das alterações no campo térmico e o tamanho da área urbanizada apresentou-se muito variável, devido à relação entre o tamanho da cidade e a diferença de temperatura rural-urbana não ser linear (embora seja evidente que quanto maior a estrutura urbana, maior será a alteração da sua superfície e a quantidade de fontes produtoras de calor). A partir desse resultado, buscou-se elaborar mapas de uso do solo dos pontos mais críticos segundo a análise da temperatura radiométrica; de modo a retratar os diferentes padrões de edificações, os índices de áreas verdes e as diferenças de emissividade urbano-rural; não deixando de destacar as diferenças quanto aos padrões das edificações (do alto padrão à sub-habitalçao).

A análise dos dados metereológicos através de série temporal subsidiou uma análise do comportamento climática desses municípios ao longo dos anos (a existência de estações fixas nos municípios analisados possibilitou projetar espacialmente os valores obtidos e buscar-se a partir daí, as possíveis correlações); assim como, a análise de sensoriamento remoto através de imagens termais de satélite obtidas do satélite Landsat TM e ETM+ possibilitou, através da distinção dos pixels, um agrupamento dos mesmos em classes, possibilitando o agrupamento térmico de regiões da área analisada.

Os dados termais obtidos das imagens de satélite mostraram uma imagem qualitativa do campo térmico urbano, fazendo-se necessário estabelecer um grau de confiança a partir destes dados; pois a informação térmica dada pelo sensor (temperatura radiante) é condicionada pela derivação de emissividade dos alvos, as circunstancias dos meios atmosféricos por onde se transmitem as ondas eletromagnéticas e pelas características do sensor. Considerando como 'inércia térmica' o grau de resposta de resistência de um corpo as trocas de temperatura, podemos dizer que neste trabalho encontraram-se valores altos de inércia térmica na área rural, sobretudo nas áreas de plantação de cana-de-açúcar (sendo estes valores possivelmente condicionados a materiais insensíveis a trocas térmicas com seu entorno imediato, oferecendo pequenas oscilações). Estes resultados se devem ao fato de a orbita do Landsat corresponder ao período diurno, justamente no período onde essas áreas apresentam uma maior inércia térmica; o que reforça o caráter qualitativo dos estudo realizados através dessa fonte de dados. É um fato já cientificamente comprovado que resultados substanciais seriam encontrados se esses registros fossem realizados durante a noite, quando a dinâmica da inércia térmica se inverte e a produção artificial de calor urbano se destaca perante a rápida perca de temperatura da área rural.

Desse modo, as correlações realizadas neste trabalho entre temperatura de superfície e temperatura do ar no entorno não conseguiram provar que houvesse uma relação entre esses dois parâmetros para as áreas urbanas dos municípios estudados. Outras pesquisas já chegaram a conclusões parecidas. Barbirato e Matos (1999) estudando a cidade de Maceió, concluíram que embora a malha urbana interfira na modificação do clima local, em valores absolutos as diversas tipologias urbanas mostraram poucas diferenças na temperatura do ar. Eliasson (1991) aproximou-se ainda mais dos resultados dessa pesquisa, pois ao realizar medições nos cânions urbanos da cidade de Göteberg (Suécia), encontrou como resultado uma variação do ar menor do que a esperada. A temperatura superficial variou alguns graus em diferentes geometrias urbanas (assim como nesse estudo), mas a temperatura do ar variou muito pouco, sugerindo que a geometria teria pouca influência sobre os padrões de temperatura do ar. No estudo de Eliasson foi constatado que havia apenas uma relação estatisticamente significativa entre a temperatura superficial e o fator visão do céu.

Neste estudo, foi contatado que só há uma relação estatisticamente significativa entre a tipologia urbana e a temperatura superficial (formando ilhas de temperatura diferentes conforme se vai dos centros densamente edificados às áreas rurais); contudo se faz necessário estudos posteriores que analisem mais afundo todos os fatores da dinâmica entre a temperatura de superfície e a temperatura do ar (taxa de urbanização, velocidade dos ventos, umidade etc.) de modo a analisar mais especificamente a questão.

Como constatamos na identificação dos pontos de análise, é coerente correlacionar as tipologias de construção com os fenômenos de aquecimento urbano. O que faz com que novos estudos fazendo o contato entre a climatologia urbana e o planejamento de cidades se façam necessários, considerando o contato ainda

deficiente entre estas duas categorias. Considerando o atual cenário de explosão urbana perante um cenário de mudanças climáticas é evidente que nossas cidades devem ser planejadas para conseguir um ambiente confortável nas zonas urbanas, evitando a formação de espaços arquitetônicas apenas visuais, mas verdadeiros fracassos estruturais e funcionais para toda uma população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATE,G. **Heat island in the area of Rome by integrated use of ERS – SAR and Landsat TM.** Report Available from earthnet online, service provided by the European Space Agency.

AKBARI,H., ROSE,L.S., TAHA, H. - **Characterizing the Fabric of the Urban Environment: A Case Study of Sacramento, California**. Heat Island Group, Berkeley: Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California Berkeley, CA and U. S. Environmental Protection Agency under the Urban Heat Island Pilot Project (UHIPP) and U. S. Department of Energy,1998.

AKBARI, H. et al [s.l.] Peak Power and Cooliong Energy Savings of high Albedo Roofs. **Energy and Buildings**, vol. 25, pp. 117-126, 1997.

ANDRADE, T.A.; SERRA, R.V. - o recente desempenho das cidades médias no crescimento populacional urbano brasileiro - **IPEA**, jan.1998 (Texto para Discussão, 554).

ASSIS, E.S. Bases teóricas para a aplicação da climatologia ao planejamento urbano. In; IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1997, Salvador. **Anais**. Salvador: FAU – UFBA/ LACAM – ANTAC, 1997. p. 134 – 139.

_____**Impacto da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria do desempenho do ambiente urbano**. Tese (doutorado) – FAU: USP, São Paulo: 2000.

_____**Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical**. Dissertação (mestrado) – FAU: UFRJ, Rio de Janeiro, 1990.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 3ª Edição. Difel, São Paulo, 1991.

BARBIRATO, G.; MATTOS, A. Microclimas urbanos em Maceió. In: V Encontro Nacional de conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino - Americano de conforto no Ambiente Construído – ENCAC, 1999, Fortaleza. **Caderno de resumos**. Fortaleza: ANTAC, 1999.

BITAN, A., ASSIF, S. Climatic data Analysis and its use and representation for planners. **Energy and Building**, Netherlands, n.7, p. 11 -12, 1984.

BORGES, M.H.; PFEIFER,R.M.; DEMATTÊ, J.A.M. Evolução e Mapeamento do Uso da Terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'Oeste (SP). **Sci. Agric**., 50 (03). Piracicaba: 1993. p. 365-371.

BOTTYÁN, Z., UNGER, J. [s.l.] A multiple linear statiscal model for estimating the mean maximum urban heat island , **Theoretical an Applies Climatology**, v. 75, p.233-243, 2003.

BOUSQUAT, A. e COHN, A.: .A dimensão espacial nos estudos sobre saúde: uma trajetória histórica..**História, Ciências, Saúde . Manguinhos**,vol. 11(3): 549-68, set.-dez. 2004.

BRANDÃO, A.M.P.M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. 1996. Tese (doutorado). FFLCH:USP. São Paulo, 1996.

CAIADO, M.C.S. Município de Nova Odessa. In: CANO & BRANDÃO (coord.) **A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente**. Campinas: Editora da Unicamp, 2002a.

_____ Município de Santa Bárbara D'Oeste. In: CANO & BRANDÃO (coord.) **A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente**. Campinas: Editora da Unicamp, 2002.

CAMARGO, J. C. G.; TAVARES, A. C. A influência da cidade de Rio Claro na temperatura e na umidade do ar. **Revista Geografia**, nº 10 (20). Outubro, 1995.

CHANDLER, T.J. **The Climate of London**. Hutchinson, London.

CRUZ, J.C.L. **Características térmicas da camada intra-urbana em Rio Claro** – SP. 1995. Dissertação (Mestrado).IGCE: UNESP: 1995.

DANNI, I.M. **Aspectos têmporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982 – contribuição ao estudo do clima urbano**. 1987. Dissertação (Mestrado). FFLCH:USP. São Paulo, 1987.

DÉAK & SCHIFFER **O processo de urbanização no Brasil**, 1.ª edição. São Paulo: Edusp, 2004.

DINIZ, C. C., CROCCO, M. A. Reestruturação econômica e impacto regional: o novo mapa da indústria brasileira. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, jul. 1996.

_____., **Estudo da competitividade da indústria brasileira: competitividade industrial e desenvolvimento regional no Brasil**. IEI/Unicamp, IEI/UFRJ,Funcex, 1993, mimeo.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel 2000. version (9.0.2812)**: ajuda da planilha eletrônica.

DUARTE, D. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. Tese (doutorado). FAU: USP. São Paulo, 2000.

ELIASSON, I. Urban Geometry, surface temperature and air temperature. **Energy and Building,** n. 15 – 16, 1990/ 91, p. 141 – 145.

ESCORROU, G. **Le Climat et la Ville**. Paris: Nathan University Editions, 1991.

EASTMAN, J. R. **Idrisi 3.2 - Release 2: tutorial.** Worcester, Massachusetts. Clark University, 2001.

FIGUEROA, S. F. de M**. Um século de pesquisas em geociências**. Instituto Geológico, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Governo do Estado de São Paulo, São Paulo. 1985.

FONZAR, B.C. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta Sorocaba: um teste aplicado a Presidente Prudente**. 1981. Dissertação (Mestrado). FFLCH:USP. São Paulo, 1981.

GEDZELMAN, S.D., CRUSTIN, S.; CERMAK, R.; STEFANO, N.; PARTRIDGE, S. QUESENBERRY, S. E; ROBINSON, D.A. [s.l.] Mesoecale aspects of the urban heat island around new york city". **Theoretical an Applies Climatology**, v. 75, p.29-42, 2003.

GIVONI, B. Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime Temperatures. Part I: 1993 experimental periods. **Energy And Buildings**, v. 28, pp. 25-32.1994.

_____. (1994)**Passive and low energy cooling of buildings**. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold.

_____ Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures. Part I: 1993 experimental periods. **Energy And Buildings**, v. 28, pp. 25-32. 1998.

_____**Climate Considerations and Urban Design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

GOLDREICH, Y. The struture of the ground-level heat island in a central business district. Journal of climate an **Applied metereology**, vol. 24, p. 1237-1244. 1985.

GUIMARÃES NETO, L. O grande capital vai a periferia (regiões, conglomerados, grandes empresas e o estado). In: **Anais do XXI Encontro Nacional de Economia**, Belo Horizonte, 1993.

HAGE, K.D. Nocturnal Temperatures in Edmonton , Alberta. **Journal of Applied Metereology**, vol. 11, p. 123 – 129. 1972.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **O satélite landsat.** Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/html/landsat.htm. Acesso em 03/02/2006.

_____**SPRING, tutorial de geoprocessamento. Classificação.** Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/classific/classific.htm. Acesso em 09/04/2002.

IWAI, O.K. – **Mapeamento do uso do solo urbano do município de São Bernardo do Campo, através de imagens de satélite.** 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia dos Transportes. São Paulo, 2003.

JACKSON, R.D., HUETE, A. R. Interpreting vegetation indices. **Journal of Preventive Veterinary Medicine**, 11:185- 200 p. 1991.

JAUREGUI, E.; GODINEZ, L., CRUZ, F. Aspects of heat-island development in Guadalajara, México**. Atmospheric Environment**, v. 26 B, n.3, p. 391 – 396.1992.

_____ The urban climate of Mexico City. In: URBAN CLIMATOLOGY AND ITS APPLICATION WITH SPECIAL REGARD TO TROPICAL AREAS. Mexico D.F., 26 – 30. November, 1984. **Proceedings**. OKE, T. (ed.) Urban Climatology And Its Application With Special Regard To Tropical Areas. Geneva: WMO n. 652, 1986, p. 63 – 86.

KATZSCHNER, L. Urban redevelopment under consideration of climatological aspects, **Environmental Metereology**, p. 461-472, 2000.

KATZ, S.C. – Cidade e Doença. In: MAGALHÃES, M.C.R. (ORG.) - **Na sombra da cidade**; São Paulo: Editora Escuta, 1995. (Coleção Ensaios).

KIMURA, T.; TALKAHASHI, S. The effect of land use and anthropogenic heating on the surface temperature in the Tokyo metropolitan areas; a numerical experiment. **Atmospheric Environment**, vol. 25B, p. 439-454.1991

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

LANDIM, P.C. **Desenho da paisagem urbana: as cidades do interior paulista.** São Paulo: Editora Unesp, 2004.

LANDSBERG, H.E. [s.l.] Climates and urban planning. **Urban Climates**, v.254, p. 364-374, 1970.

LE CORBUSIER. **A carta de Atenas**. São Paulo: Hucitec/EDUSP, 1993. (Estudos Urbanos. Série Arte e Vida Urbana).

LENCIONE, S. **Reestruturação urbano–industrial: centralização do capital e desconcentração da metrópole de São Paulo – a indústria têxtil**. 1991. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.

LILLESAND, T.M.; KIEFFER, R.W. **Remote sensing and image interpretation.** New York: Wiley & Sons. 1987.

LYALL, I.T. The London Heat-Island in June-July 1976, **Weather**, vol. 32, n.8, p. 296 – 302. 1977.

LOMBARDO, M. A. **A ilha de calor nas metrópoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo,hucitec, 244 p. 1985

_____ **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações de método**. 1995. 529 f. Tese (Livre-Docencia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

MARTINELLI, M. **As representações gráficas da geografia: os mapas temáticos**. Edição do Autor (tese de livre-docência), São Paulo:1999

MENDONÇA, F.A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno – proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR**. 1994. Tese (doutorado). FFLCH:USP. São Paulo, 1994.

MILLER, R.W. **Urban forest: planning and managing urban greenspaces**. 2a ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo** (Estudo em forma de Atlas) IG/USP. São Paulo, 1973.

_____ **Teoria e clima urbano**. (Série Teses e Monografias) IGEOG/USP. São Paulo, 1976.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3a edição. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

MOTTA, D. M. et alii. **A dimensão urbana do desenvolvimento econômico espacial brasileiro**. Brasília: IPEA, jun. 1997. 44 p.

MOURA, V. **Imagens multitemporais TM/Landsat -5 da época do pré-plantio na estimativa de áreas destinadas a culturas de verão**. Dissertação (mestrado). Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000.

NEGREIROS,R.; TEIXEIRA, M.P. Município de Hortolândia. In: CANO & BRANDÃO (coord.) **A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente**. Campinas: Editora da Unicamp, 2002.

_____ Município de Sumaré. In: CANO & BRANDÃO (coord.) **A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente**. Campinas: Editora da Unicamp, 2002.

NEGRI, B. Desconcentração da indústria paulista nos últimos vinte anos (1970-1990). **Anais do XXI Encontro Nacional de Economia**, Campos do Jordão, 1992.

NKEDERIM, L.C. E and TRUCH, P. variability of temperatures field in Calgary, Alberta. **Atmospheric Environment**, 1981.

NOVO, E.M.L. DE M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

NOWAK, D. et al. Measuring and analyzing urban tree cover. **Landscape and Urban Planning**, n.36, p. 49 – 57, 1999.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2 ed. London/ New York: Methuen, 1987.

_____Canyon Geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model an field observations. **Journal of Climatology**, v.1, p. 237 – 254, 1981.

_____City size and the urban heat island. **Atmopheric Environment**, v. 7, 1973a, p. 769 – 779.

_____et al The energy balance of central Mexico city during the dry season. **Atmopheric Environment**, v. 33, 1999, p. 3919-3930.

_____ Evapotranspirating in urban areas and its implications for urban climate planning. In: Conference Teaching the Teachers on Buiding Cliamtology. **Proceedings**. The National Swedish Institute for Bulding Research, v. 2, 1973.

PADMANATHAMURTY, B. In: OKE, T. (ed.) **Technical Conference Urban Climatology And Its Application With Special Regard To Tropical Areas. Geneva:** WMO n. 652, 1986, p. 63 – 86.

PITTON, S.E.C. **As cidades como indicadoras de alterações térmicas**. 1997. Tese (doutorado). FFLCH:USP. São Paulo, 1997.

PUPO, F.V. Município de Americana. In: CANO & BRANDÃO (coord.) **A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, economia, finanças e meio ambiente**. Campinas: Editora da Unicamp, 2002.

RICHARDSON, H.N. **Economia regional, teoria da localização, estrutura urbana e crescimento regional.** Rio de janeiro: Zahar, 1975.

ROSENFELD, A. ET AL **Painting the town white and green**. In: http:// eetd. lbI.gov/HeatIsland/PUBS. Acesso em várias datas.

_____., ROMM, J.J. AKBARI, H., POMERANTZ,M., TAHA, H.G. -Policies To Reduce Heat Islands: Magnitudes Of Benefits And Incentives To Achieve Them - From the Proceedings of the 1996 LBL-38679. **ACEEE Summer Study on**

Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove, CA. Vol. 9, p 177. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA , USA, 2000

RYBCZYNSKI, W. (1996) **Casa: pequena história de uma i**déia. Tradução de Betina von Staa. Rio de Janeiro: Record.

SAMPAIO, A.H.L. **Correlação entre o uso do solo e ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador.** 1981. Dissertação (Mestrado). FFLCH:USP. São Paulo, 1981.

SANTANA, A.M.S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. 1997. Dissertação (Mestrado). FFLCH:USP. São Paulo, 1997.

SANTAMOURIS, M. **Energy and Climate in the Urban Built Environment**. James & James. London:2001.
_____ The Athens urban climate experiment. IN: Environmentally Friendly Cities. **Proceedings of PLEA' 98**. Lisbon: james & james, 1998. p. 147 – 152.

SANT'ANNA NETO, J.L. Por uma Geografia do clima: antecedents históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento**. Terra Livre**, n. 17. São Paulo, p.49-62.

SANTOS, P. M. **O serviço meteorológico do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo**. São Paulo: IAG, , 1964.

SETZER, J.Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo. **Separata atualizada do Boletim do Departamento de Estradas de Rodagem**, vol IX a XI de outubro de 1943 a outubro de 1945. São Paulo: Escolas Profissionais Salesianas,1946.

SHEPERD, J.M. A review of current investigations of urban induced rainfall and recommendation for the future. **Earth Interactions**, volume 9. Paper no 12. 2005. Disponível em: http://earthinteraction.org. Acesso em 15 de setembro de 2005.

TAHA, H. et al. Residential cooling loads and the urban heat island – the effects of albedo. **Building and Environment**, v. 23, n.4, p. 271 – 283, 1988.

_____**Night time air temperature and the sky view factor: a case study in san Francisco,** California. Laerence Berkeley Institue Laboratory, Berkeley CA, LBL – 24009, 1988.

TAVARES,A.C. **O clima local de Campinas (introdução ao estudo do clima urbano).** 1974. Dissertação (Mestrado). FFLCH:USP. São Paulo, 1974.

TOMÁS, D.D. **Comportamento da umidade relativa do ar em centros urbanos: o exemplo da metrópole de São Paulo**. 1999. Dissertação (Mestrado). FFLCH:USP. São Paulo, 1999.

VALERIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F. Imagens orbitais aplicadas ao levantamento de dados no meio fisico: contribuição ao planejamento de microbacias hidrograficas. In: CASTRO FILHO & MUZILLI, O.; (ORG.) **Manejo integrado de solos em bacias hidrograficas.** Paraná: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Seccao ii, 1996.p. 9 -77.

VÁRIOS AUTORES - Technical Conference Urban Climatology And Its Application With Special Regard To Tropical Areas. Dhaka, mar./apr. 1993**. Report** (Geneve): WMO/TD n. 647, 1994.

_____ **Technical Conference Urban Climatology And Its Application With Special Regard To Tropical Areas**. Mexico D.F., 26 – 30. November, 1984.

_____In: OKE, T. (ed.) **Technical Conference Urban Climatology And Its Application With Special Regard To Tropical Areas**. Geneva: WMO n. 652, 1986.

VECCHIA,F. **Clima e ambiente construído. A abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano**. 1997. Tese (doutorado). FFLCH:USP. São Paulo, 1997.

VITRÚVIO, M. (2002) **Da arquitetura**. Tradução de Marco Aurélio Lagonegro. 2. ed.

São Paulo: Hucitec – Annablume.

YAMASHITA et al On the Relationships between heat island and sky view factor in in the cities of Tama River Basin, Japan. **Atmospheric Environment**, vol. 20, n.4, p. 681 – 686.1986

Apêndice

Comparação entre o comportamento da Temperatura nos 3 municípios estudados (sedes de estações metereológicas):

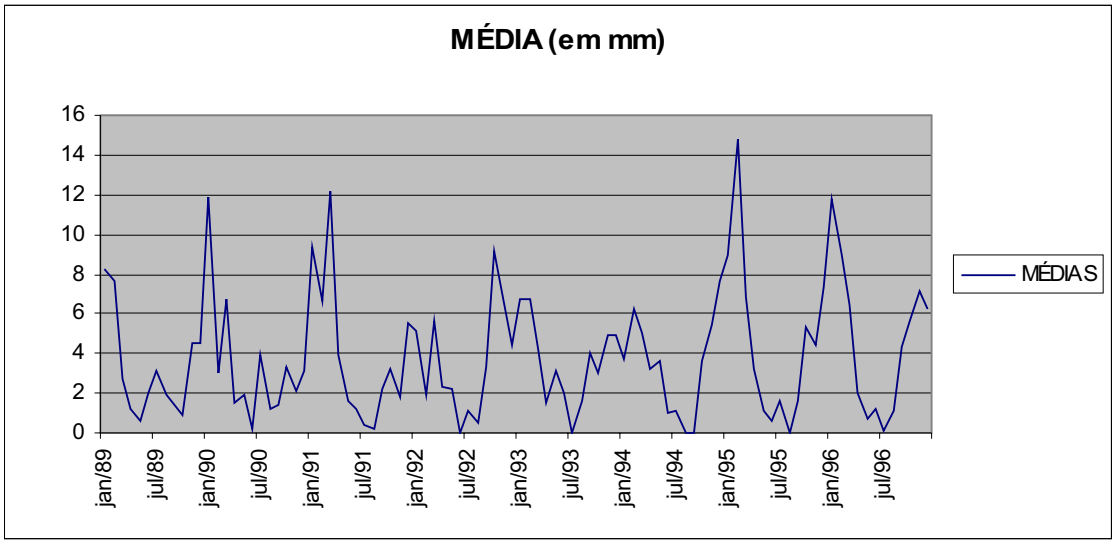
Precipitação

Americana

Média e Tendência de 1989 a 1996

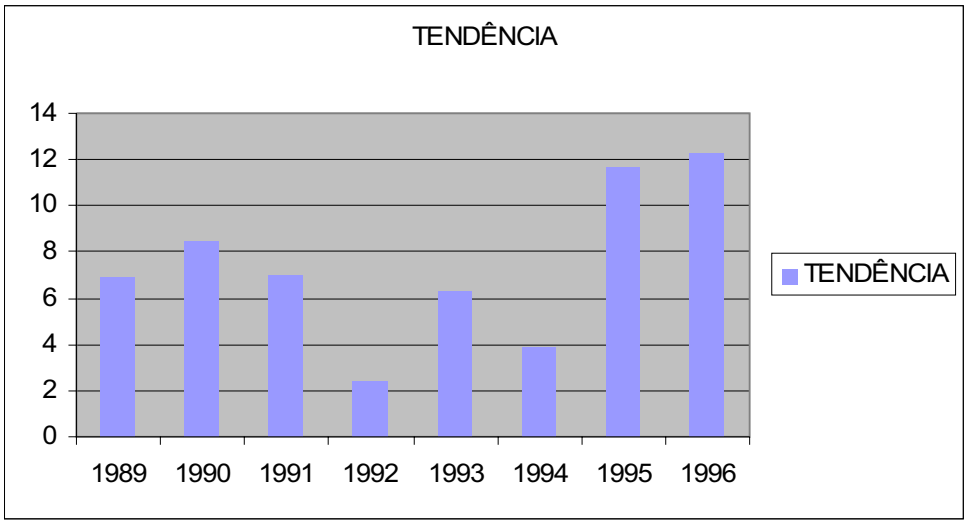
Anual

Gráfico 59



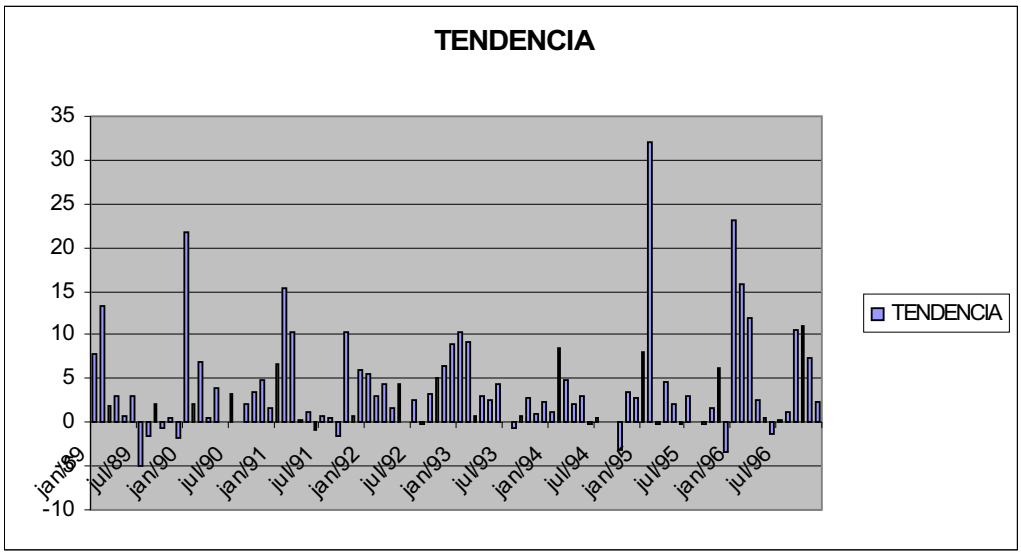
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Gráfico 60



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

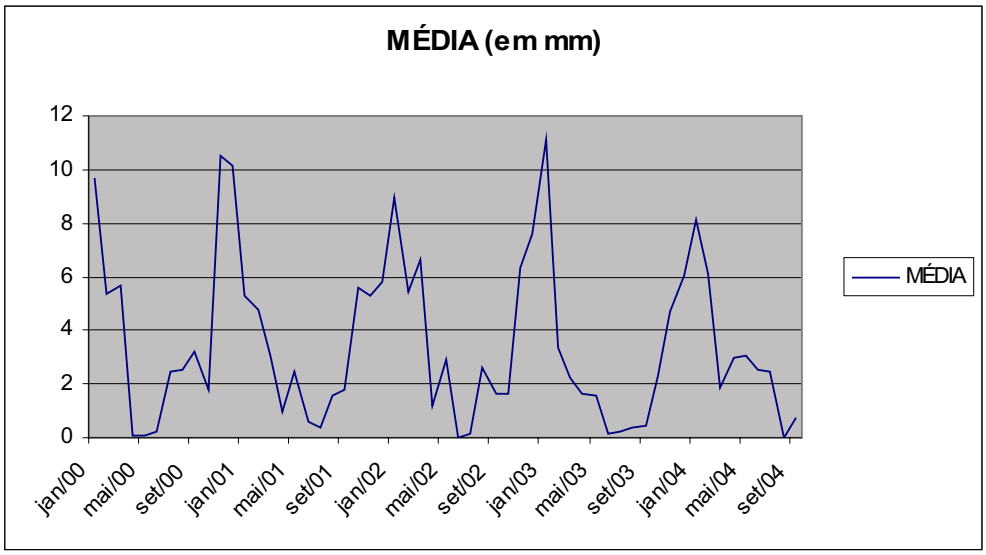
Gráfico 61



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

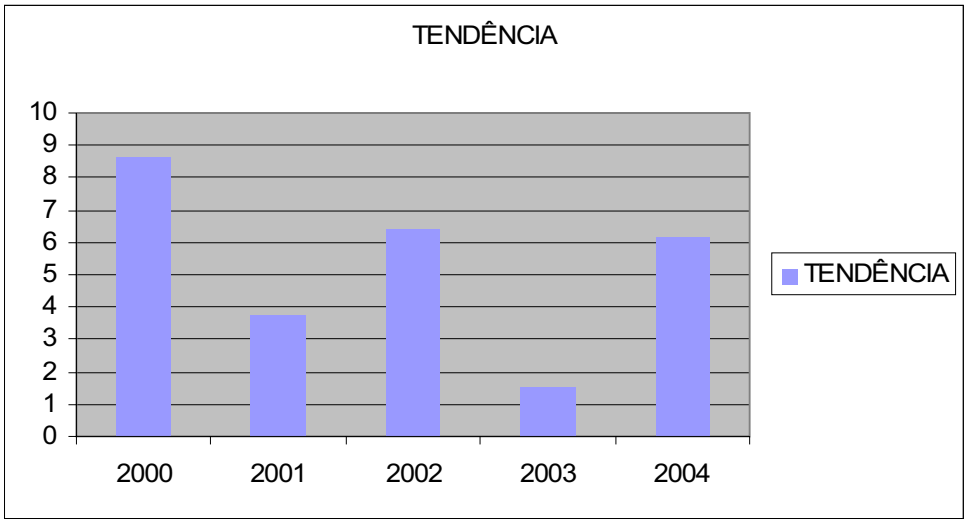
Gráfico 62

Média e Tendência de 2000 a 2006



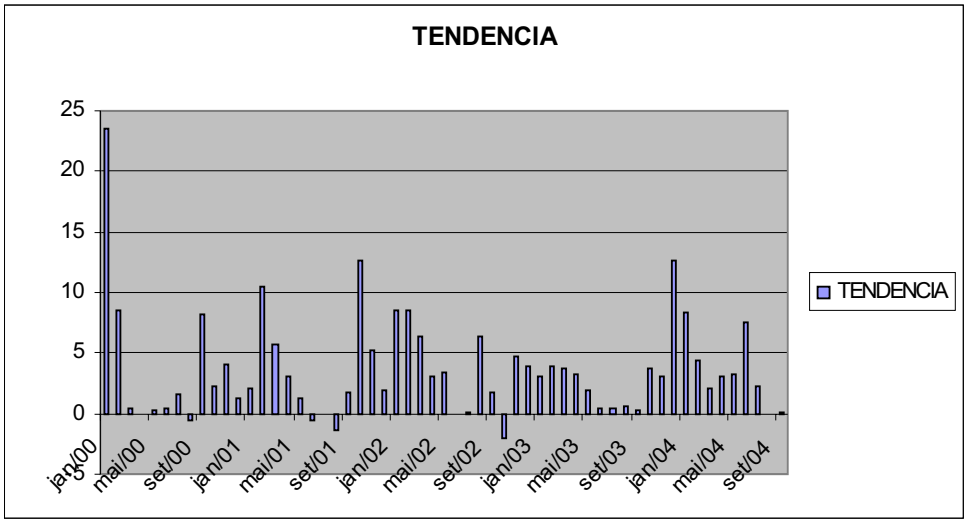
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Gráfico 63



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

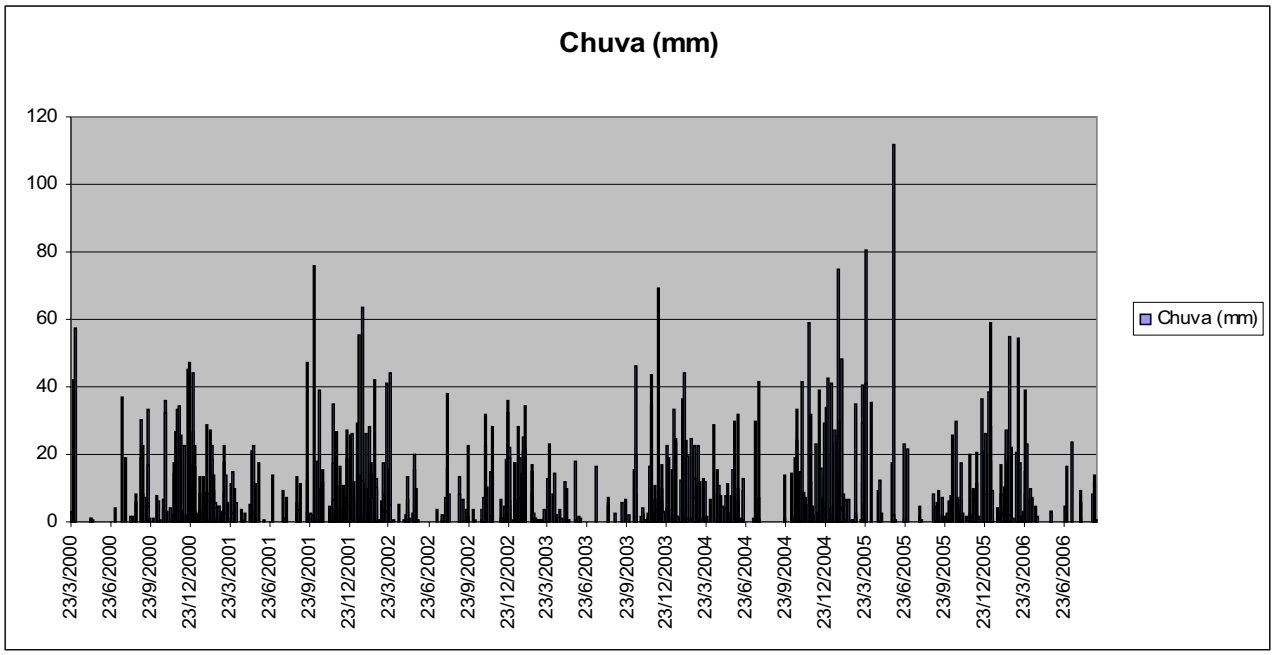
Gráfico 64



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Nova Odessa

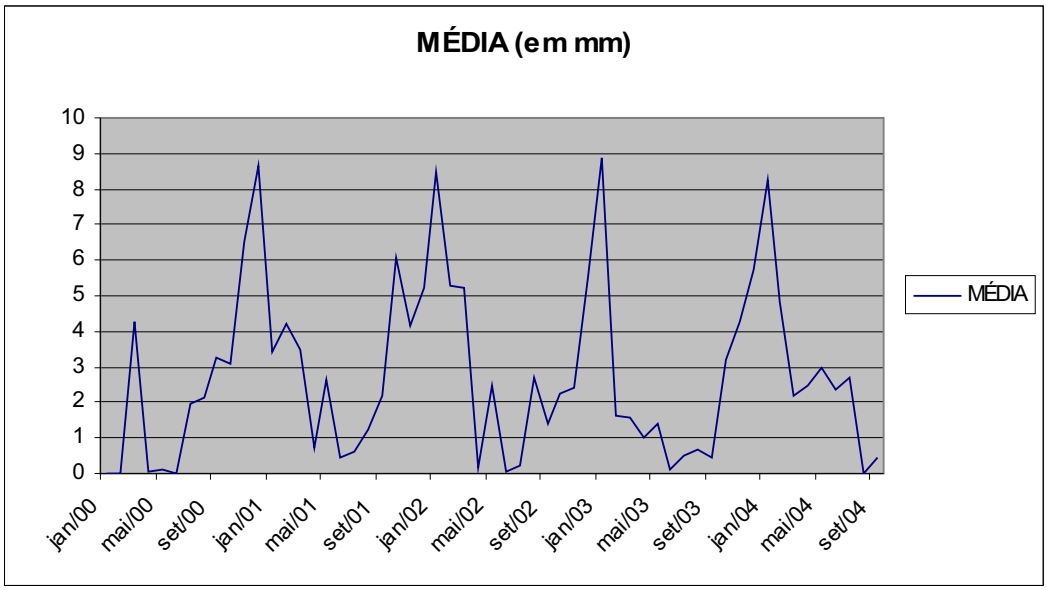
Gráfico 65



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

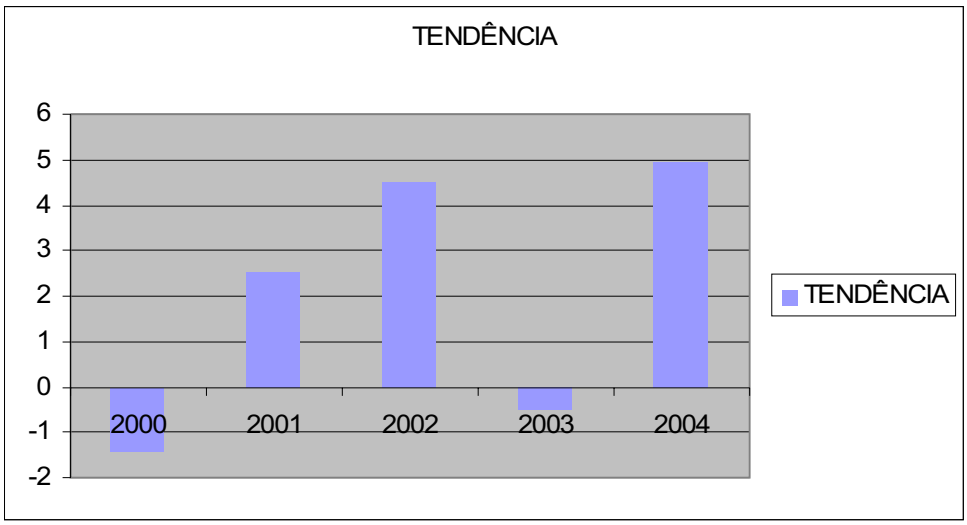
Média e Tendência de 2000 a 2006

Gráfico 66



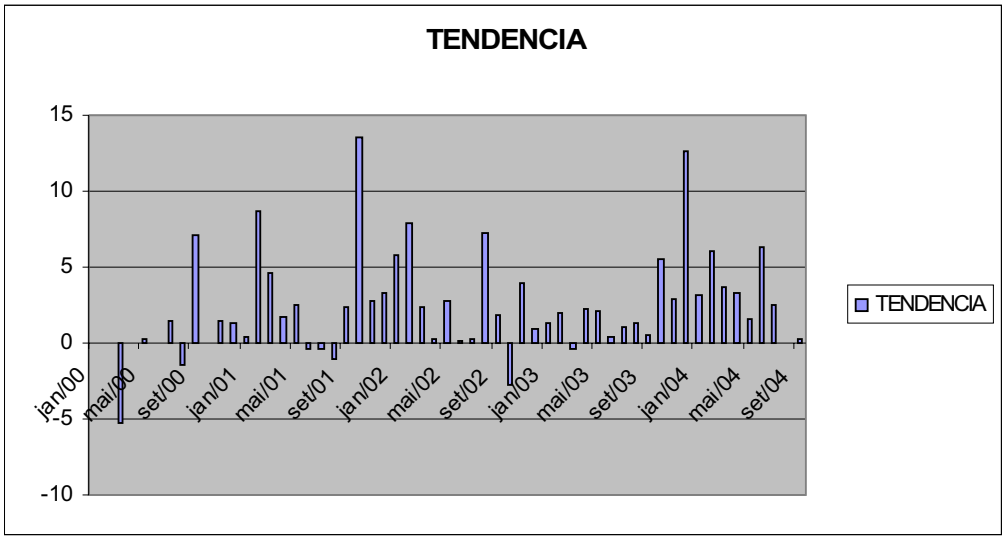
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Gráfico 67



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

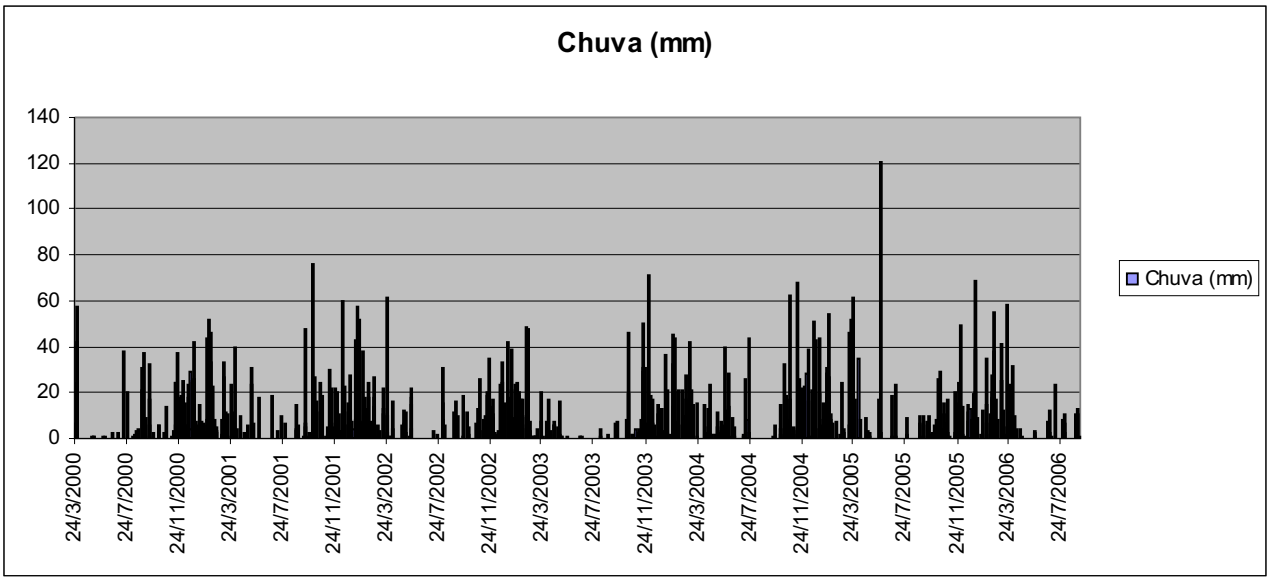
Gráfico 68



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Sumaré

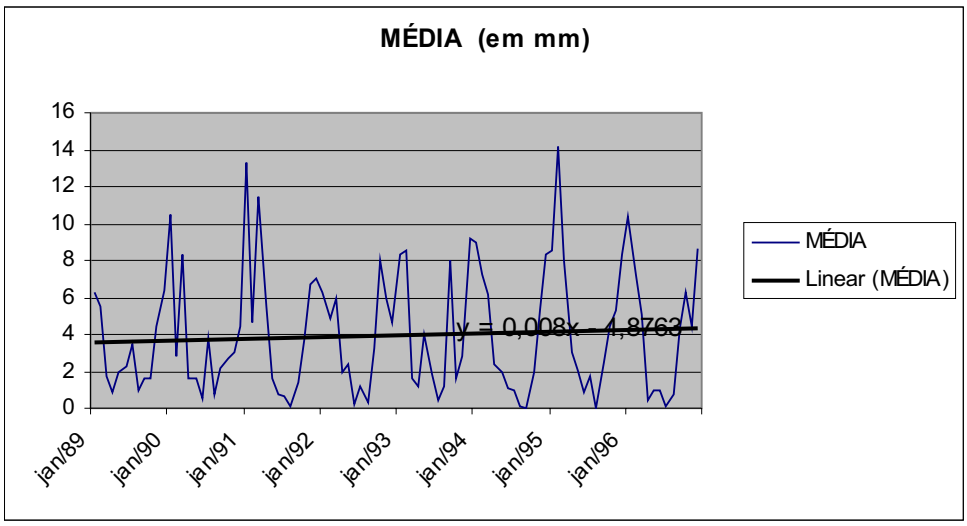
Gráfico 69



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

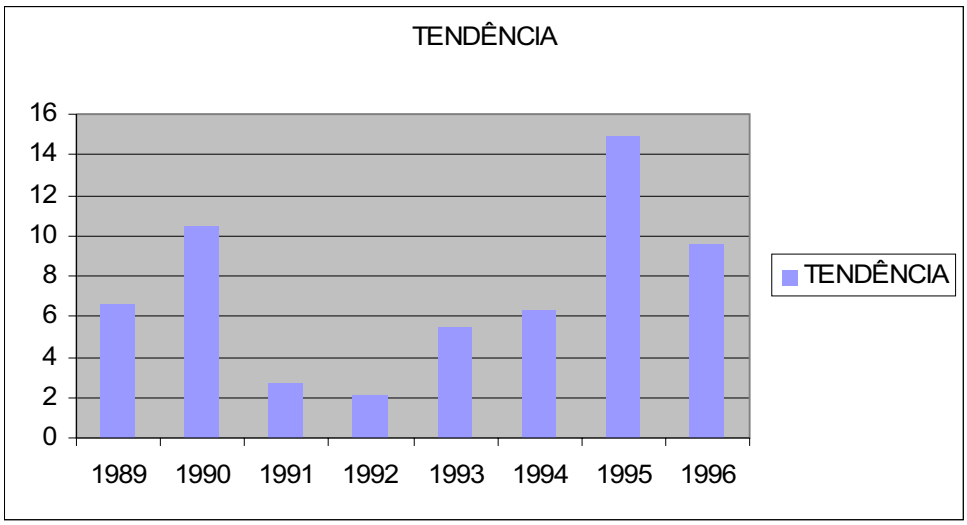
Média e Tendência de 1989 a 1996

Gráfico 70



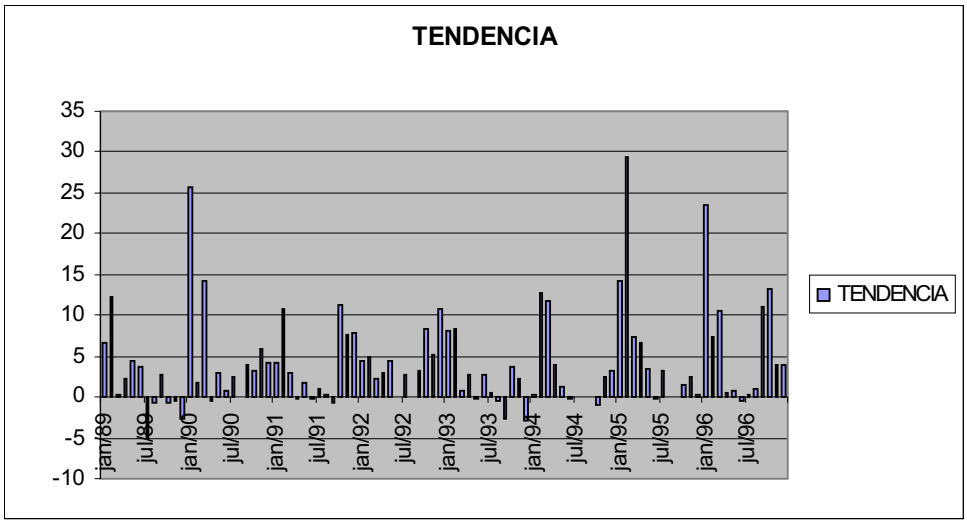
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Gráfico 71



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

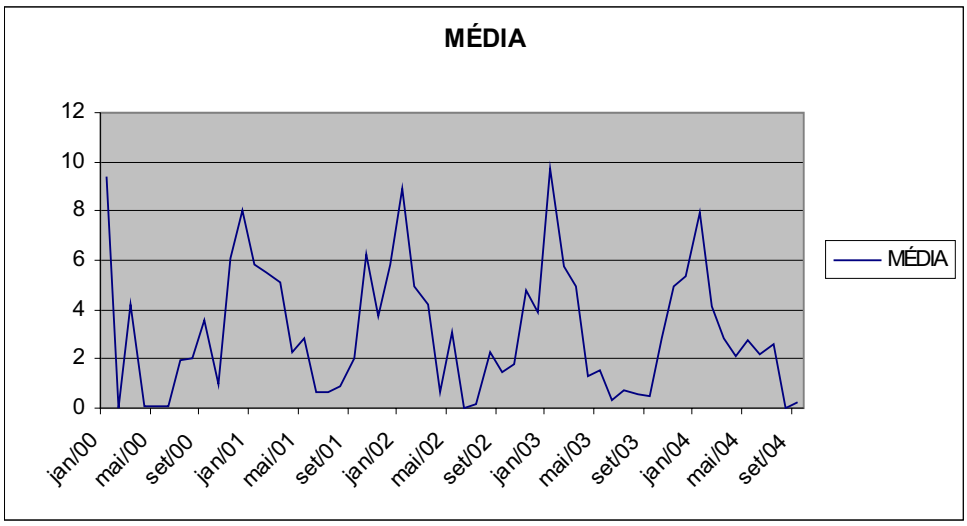
Gráfico 72



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

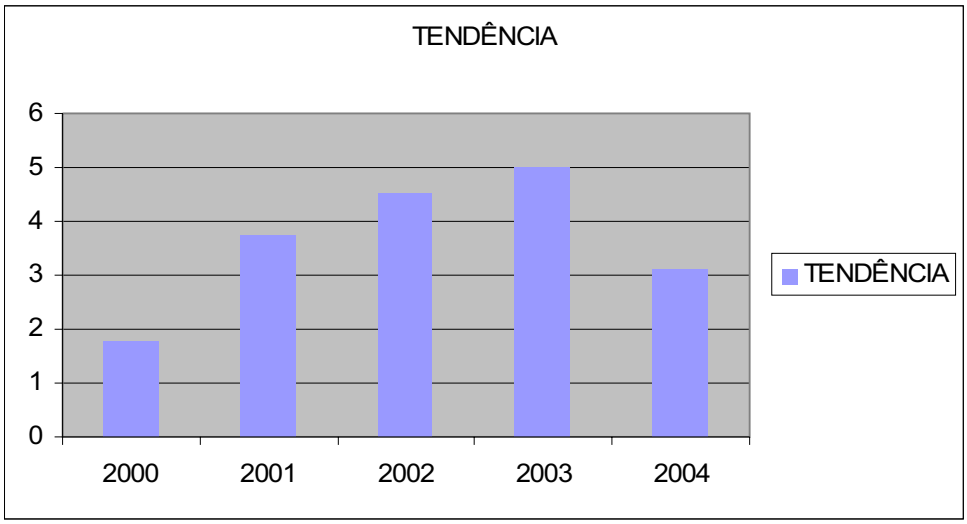
Média e Tendência de 2000 a 2006

Gráfico 73



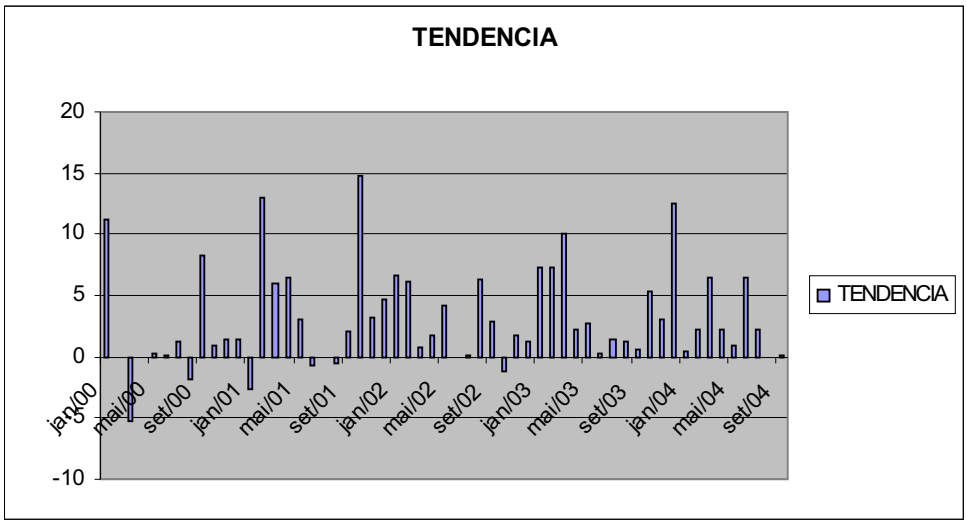
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Gráfico 74



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

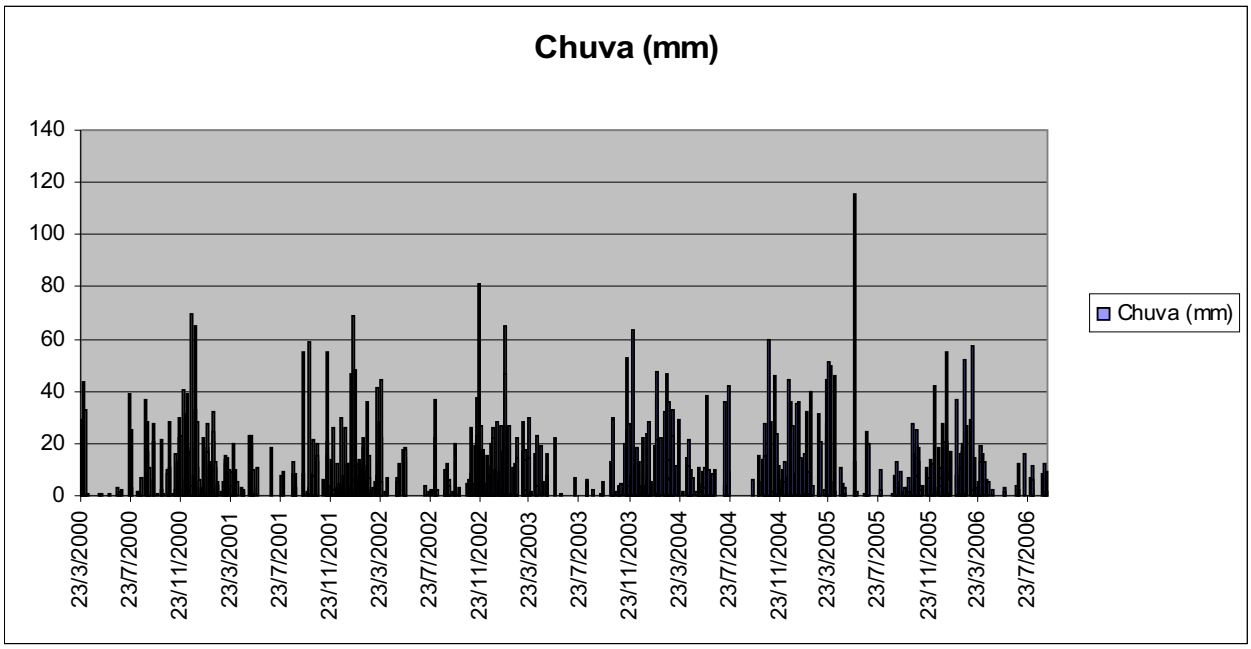
Gráfico 75



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Santa Bárbara D'Oeste

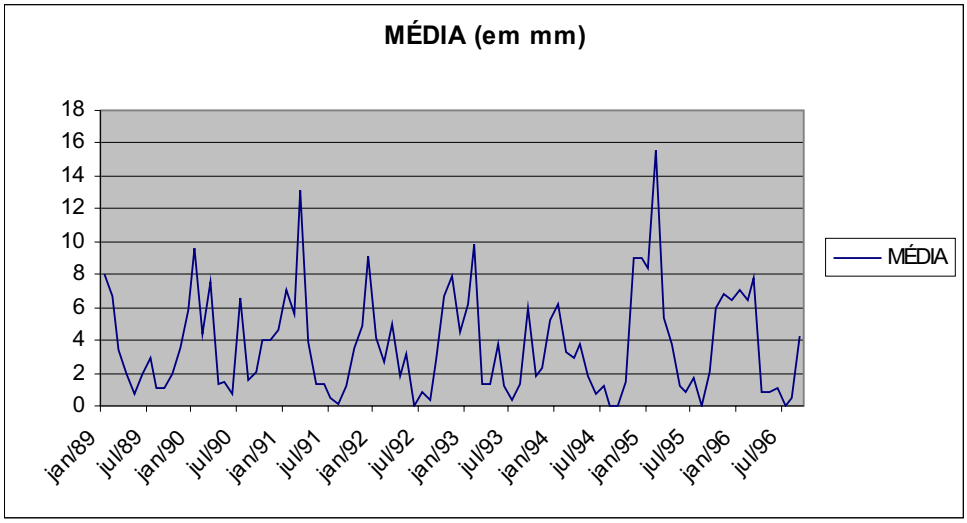
Gráfico 76



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

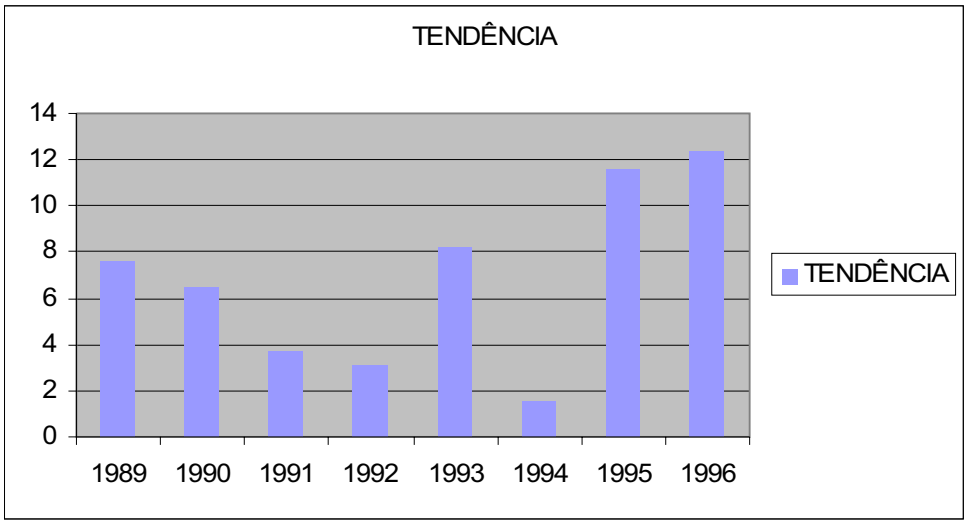
Média e Tendência de 1989 a 1996

Gráfico 77



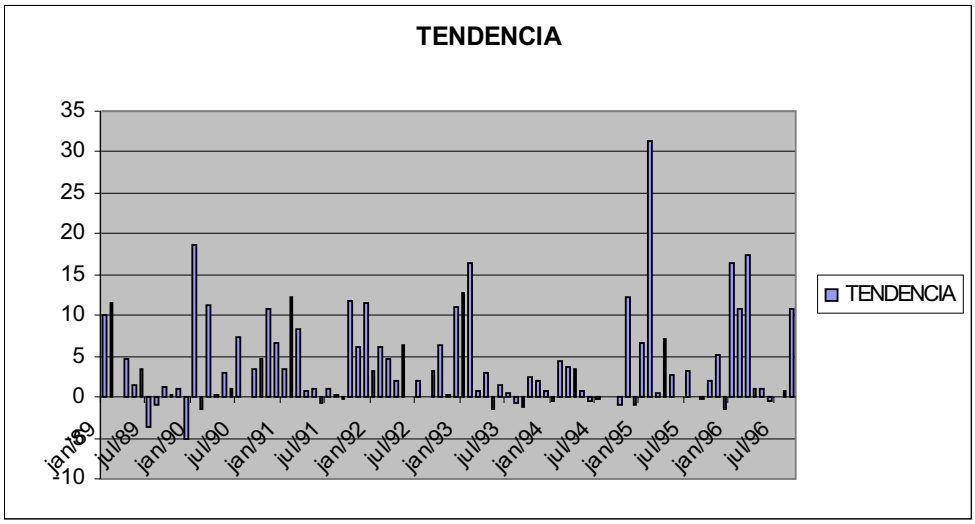
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Gráfico 78



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

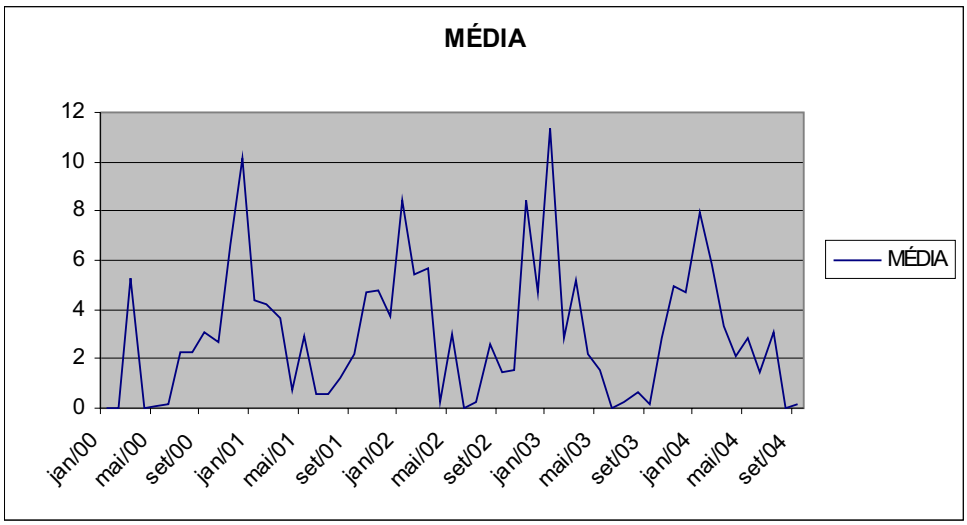
Gráfico 79



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

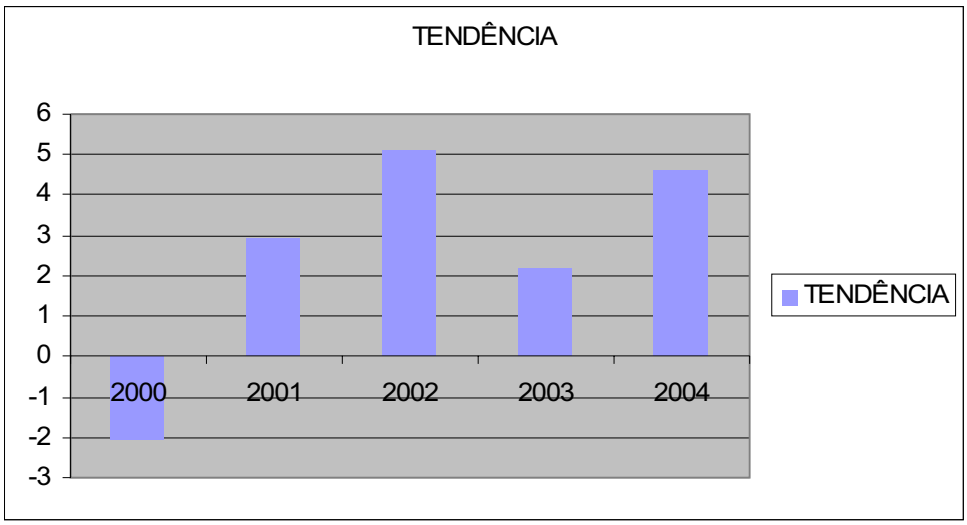
Média e Tendência de 2000 a 2006

Gráfico 80



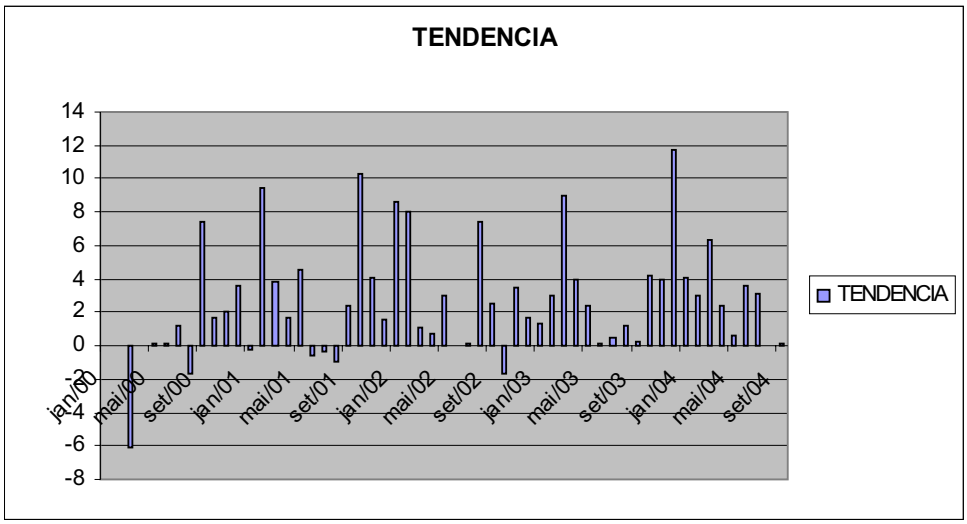
Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Gráfico 81



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

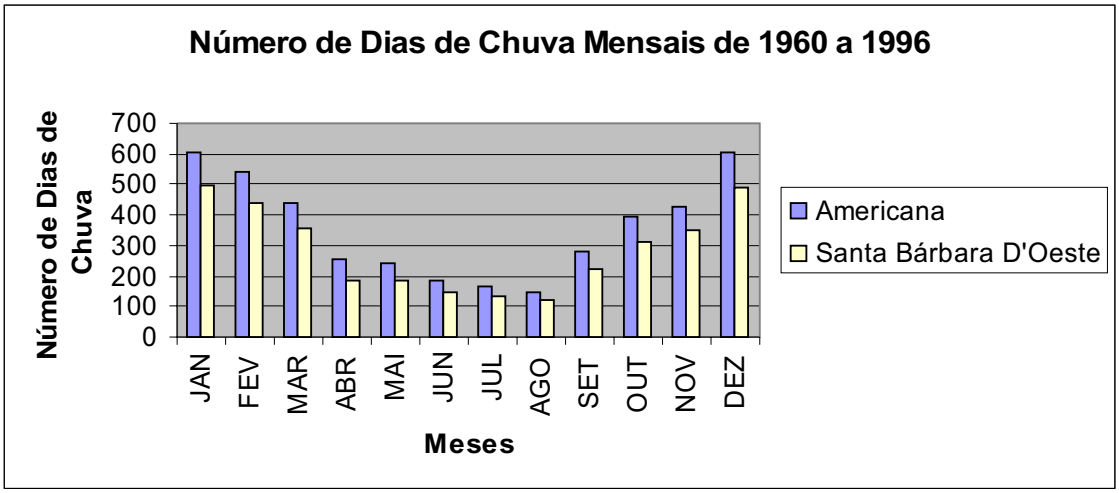
Gráfico 82



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Comparação da Precipitação

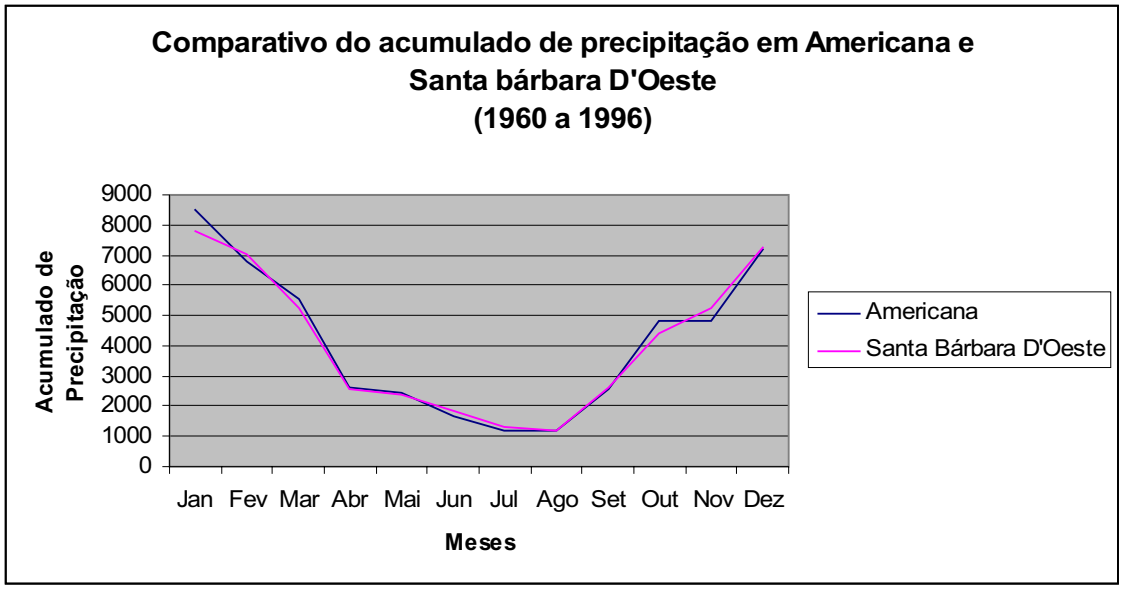
Gráfico 83



Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Analisando o período de 1960 a 1996, podemos afirmar que em todos os meses, a precipitação na cidade de Americana é superior a de Santa Bárbara D'Oeste em número de dias de chuva. No acumulado de precipitação, para o mesmo período, as variações foram muito pequenas.

Gráfico 84

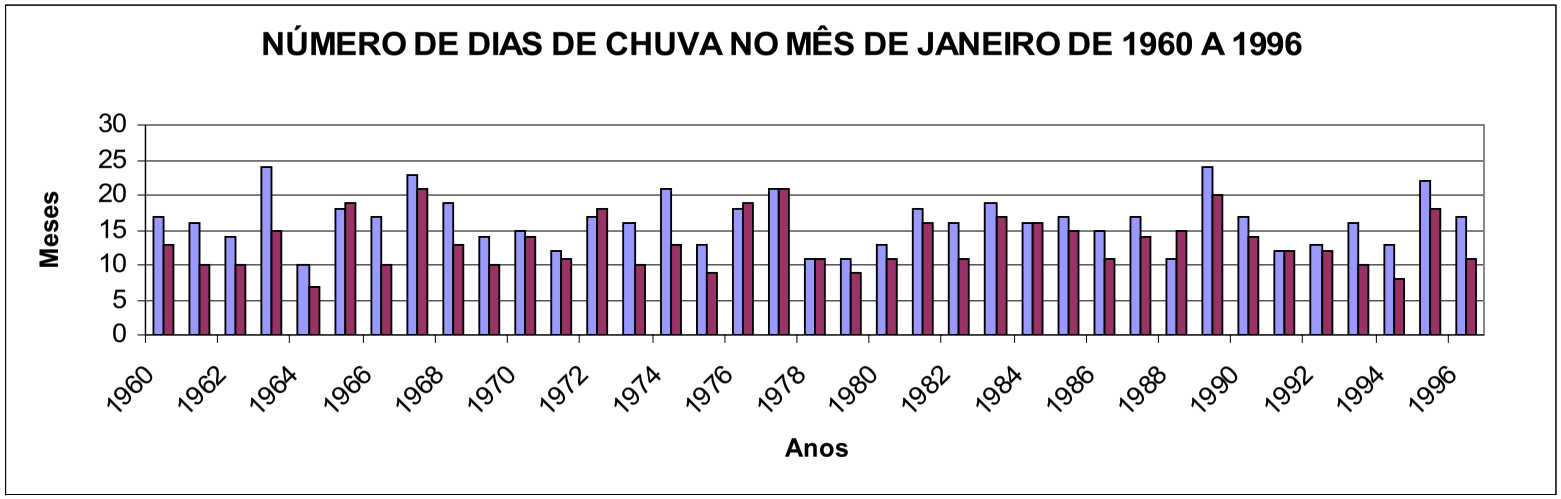


Fonte: Sousa, J.L. (2007)

Análise Mês a Mês (Todos os realizados por Sousa, J.L.,2007)

Janeiro

Gráfico 85



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 86

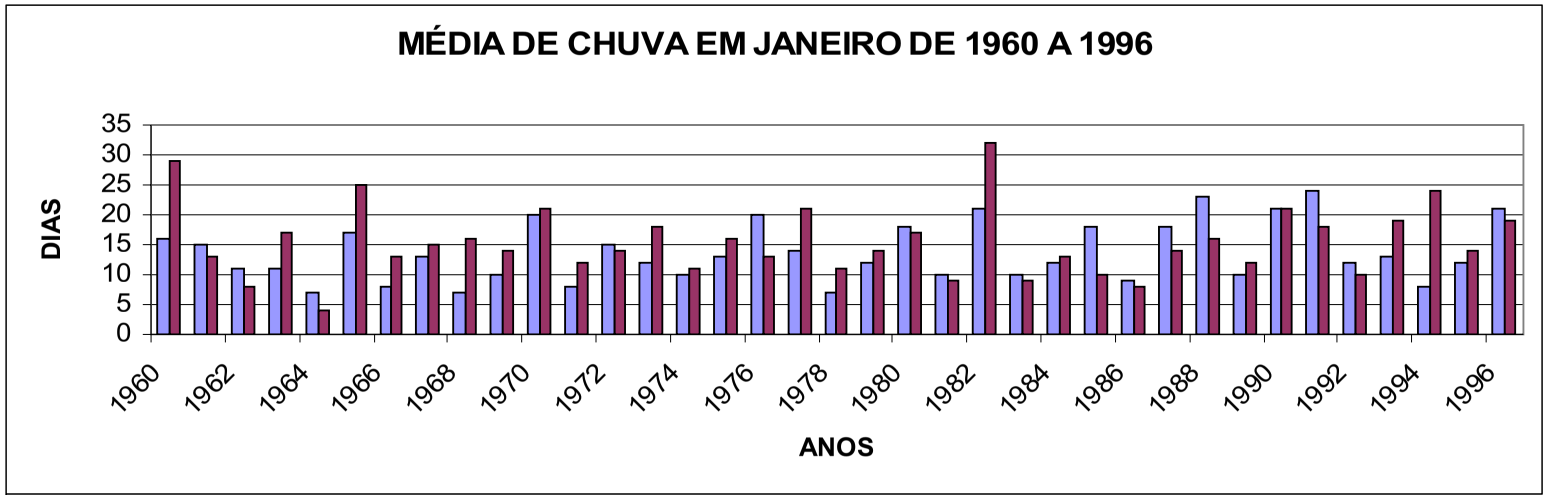


Gráfico 87

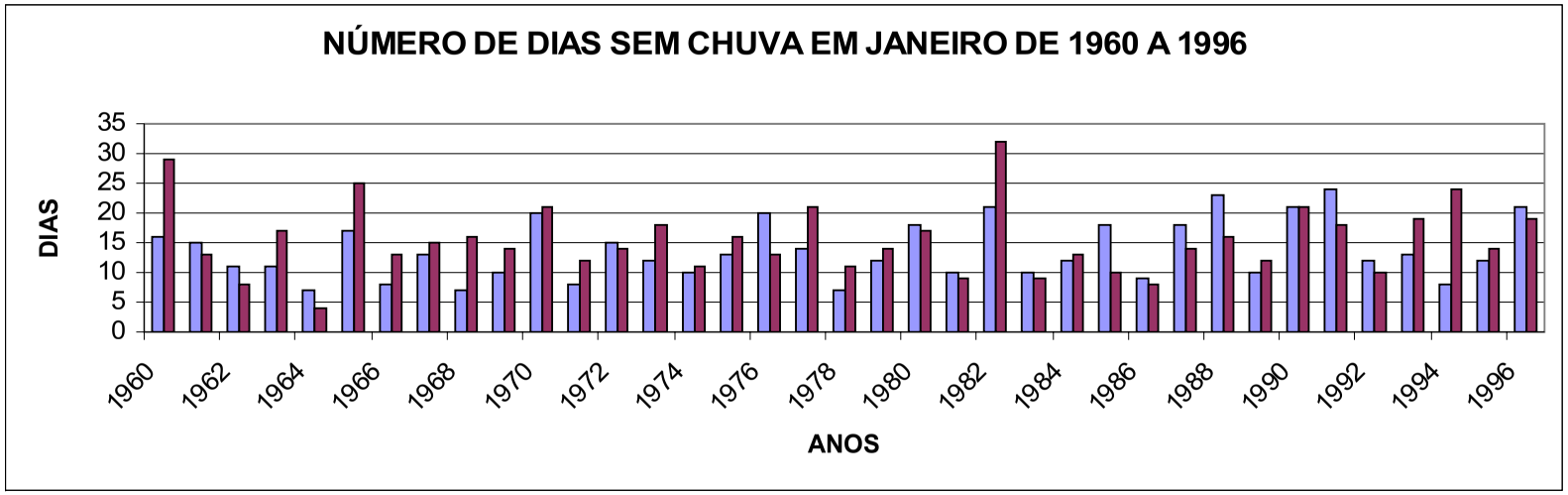
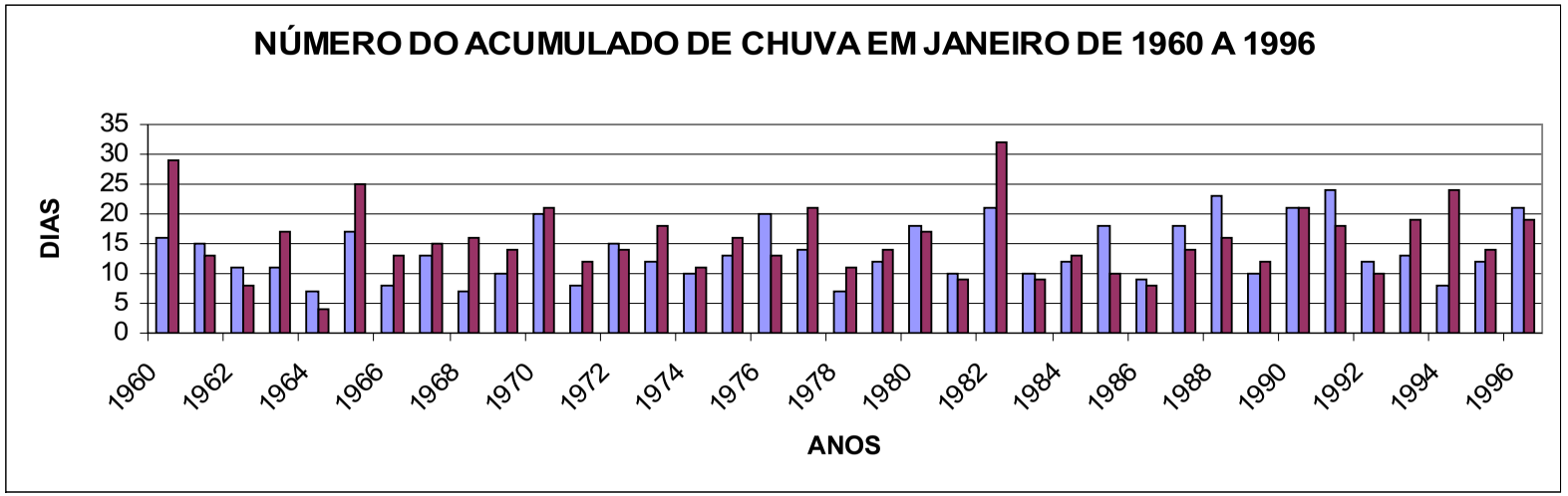


Gráfico 88



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 89

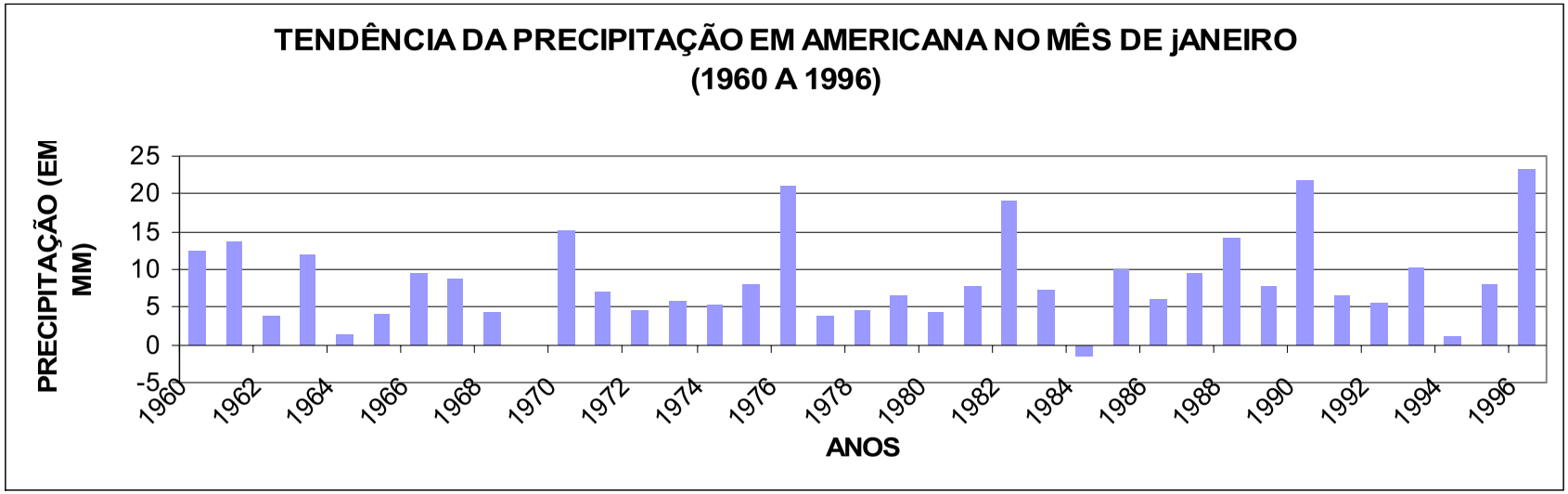
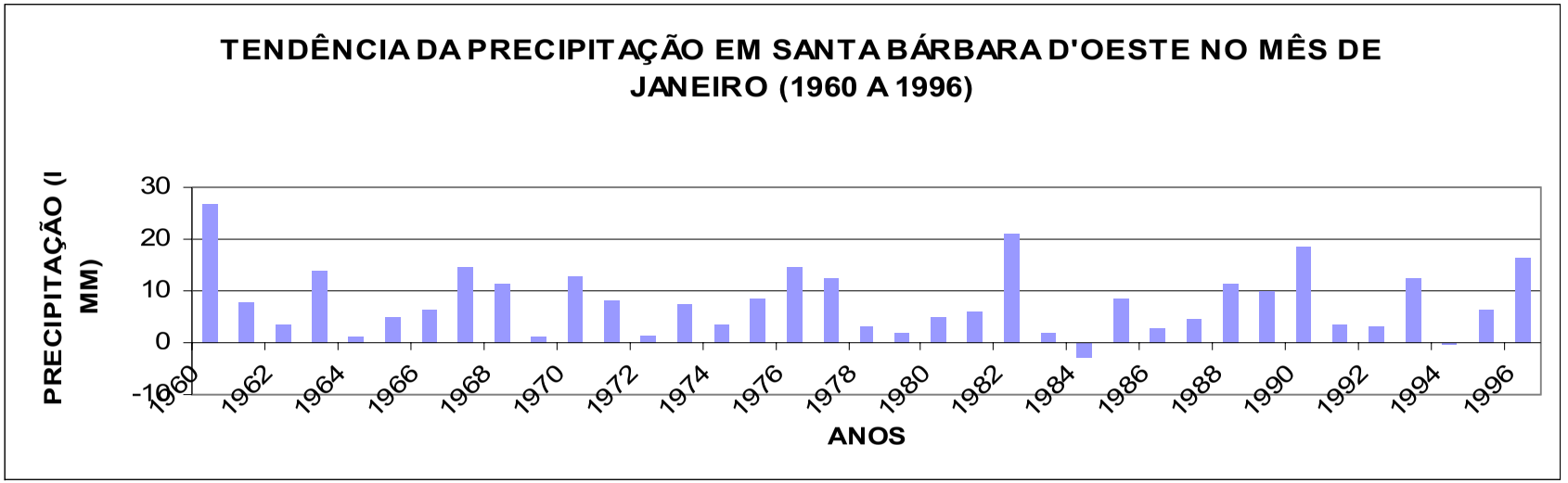
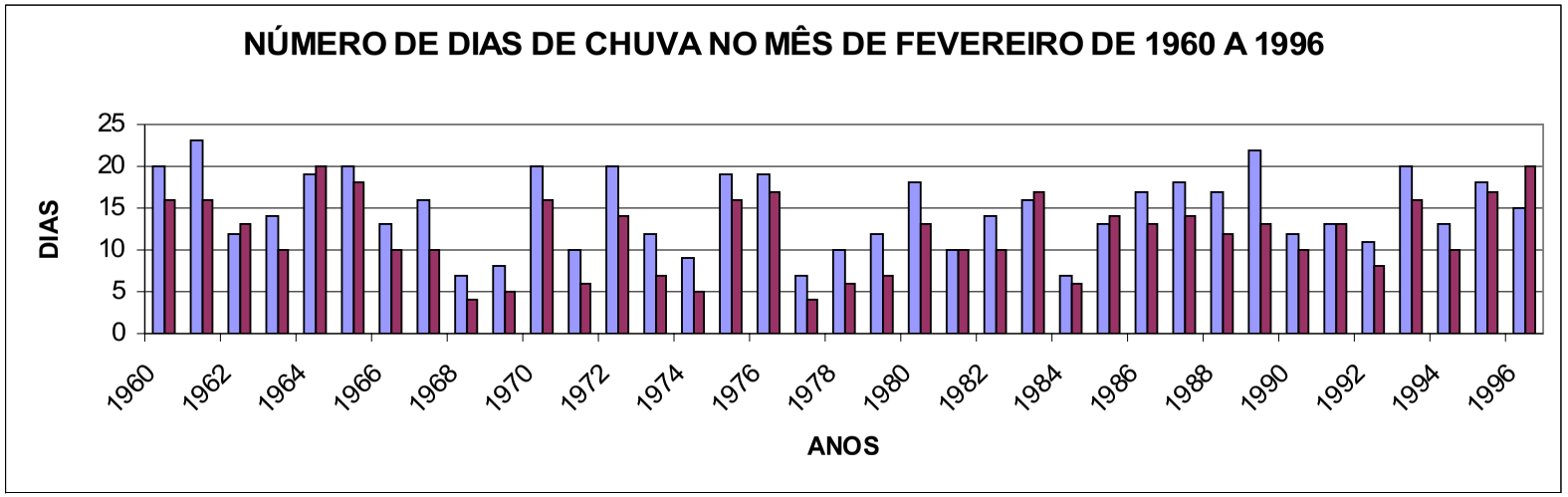


Gráfico 90



Fevereiro

Gráfico 91



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 92

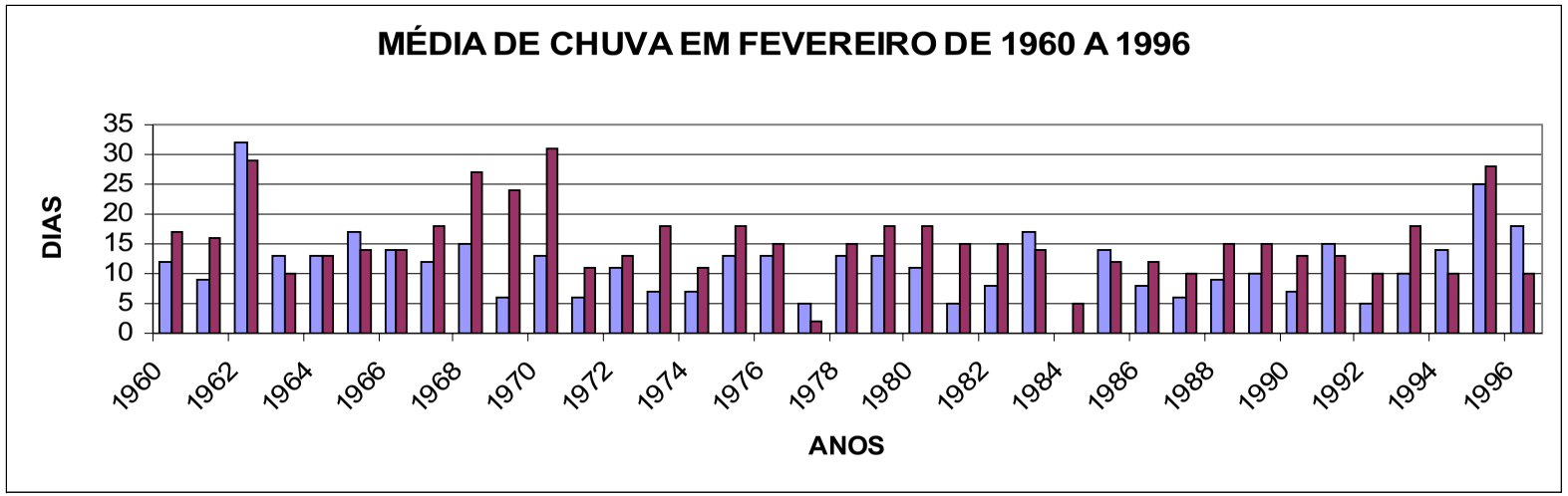


Gráfico 93

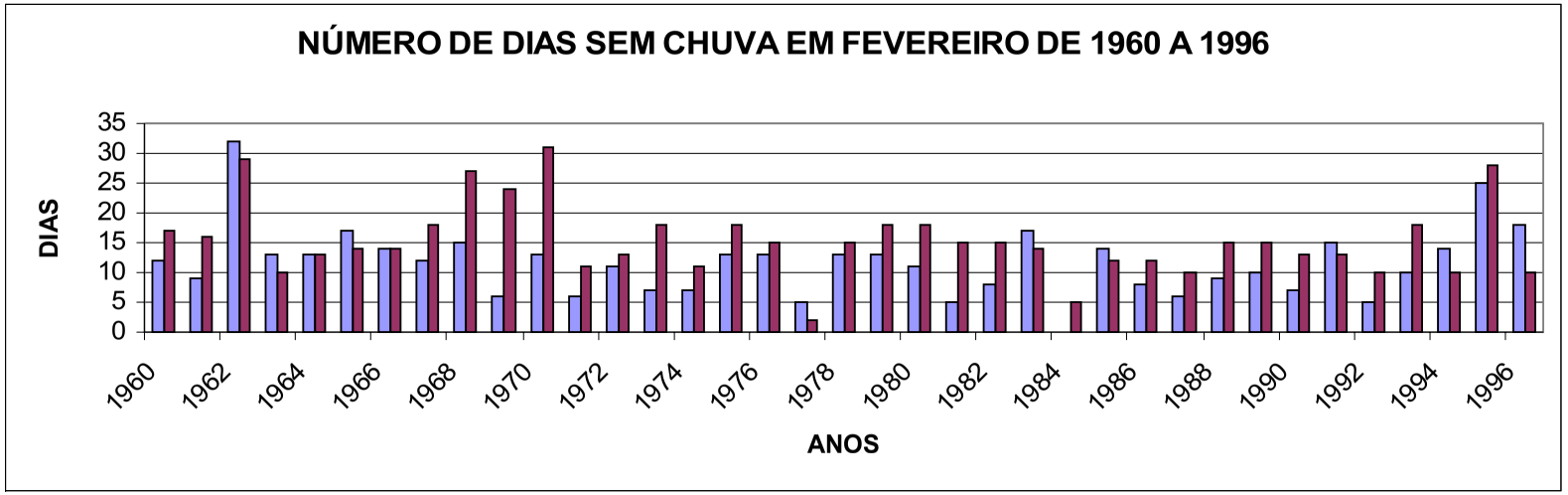
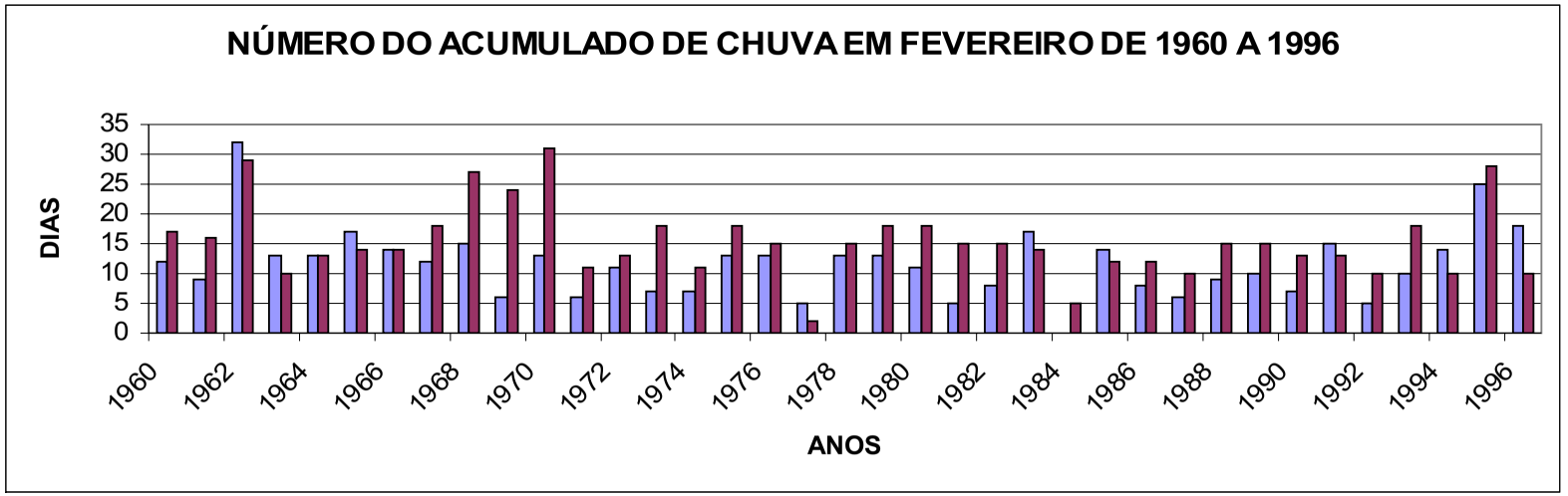


Gráfico 94



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 95

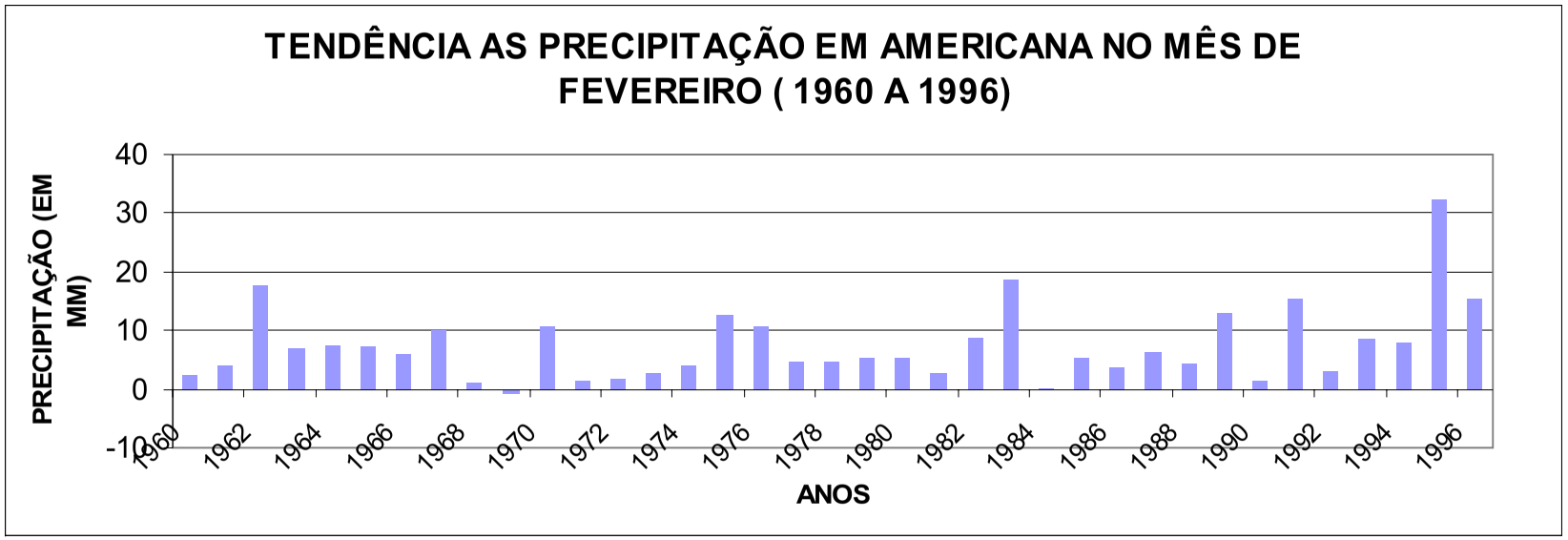
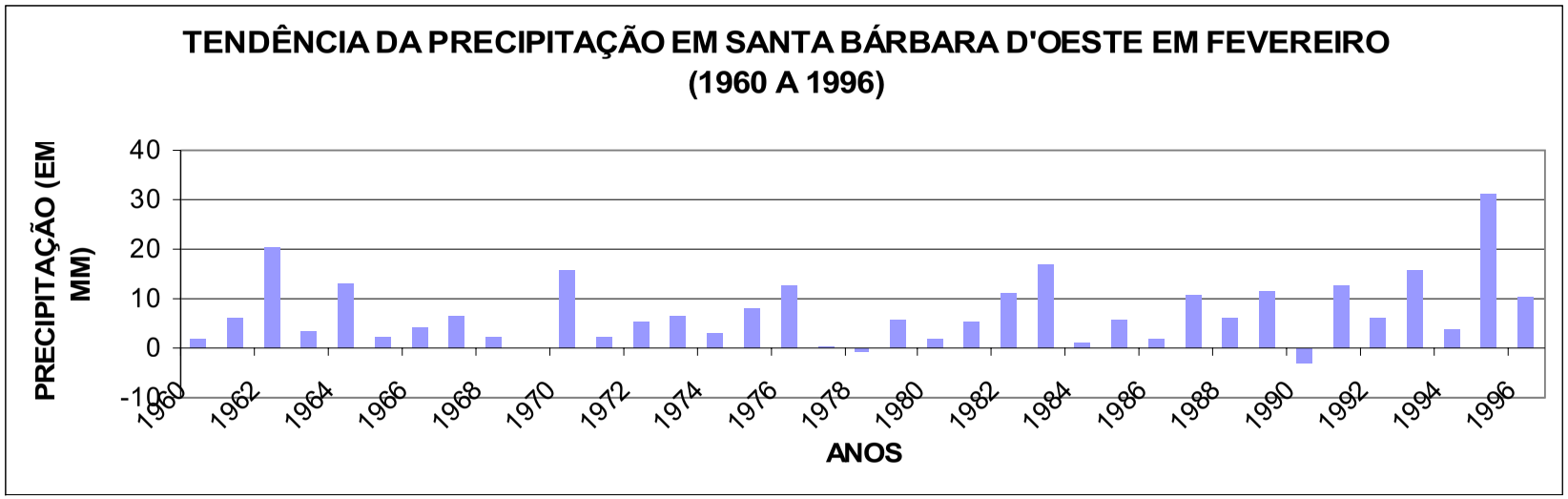
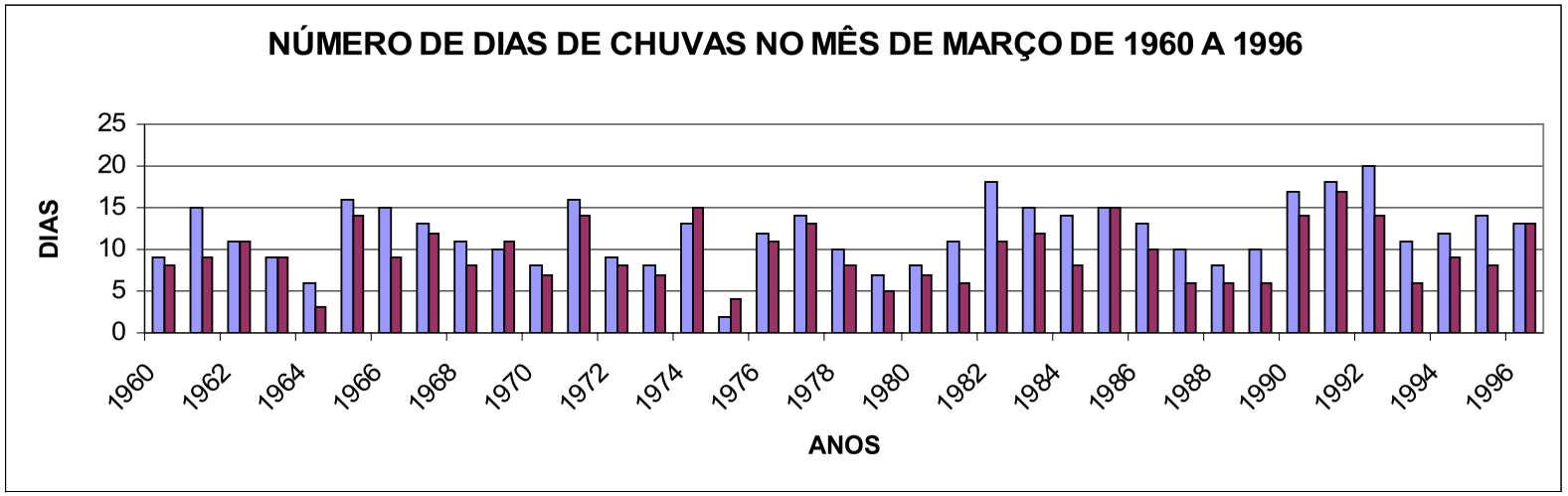


Gráfico 96



Março

Gráfico 97



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 98

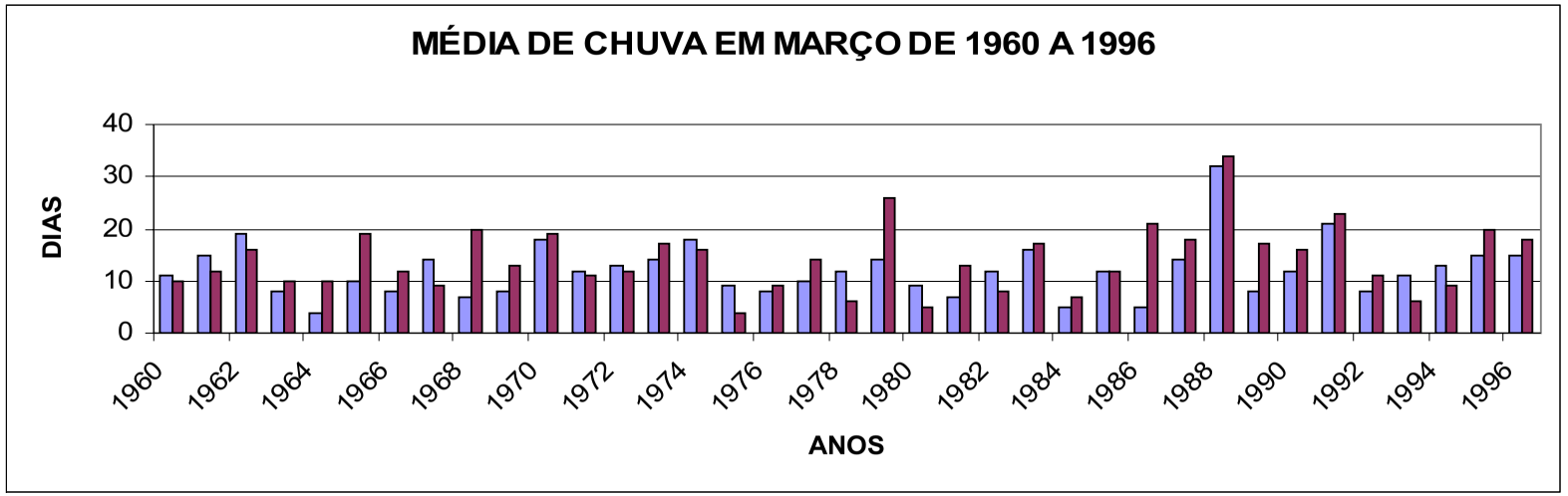
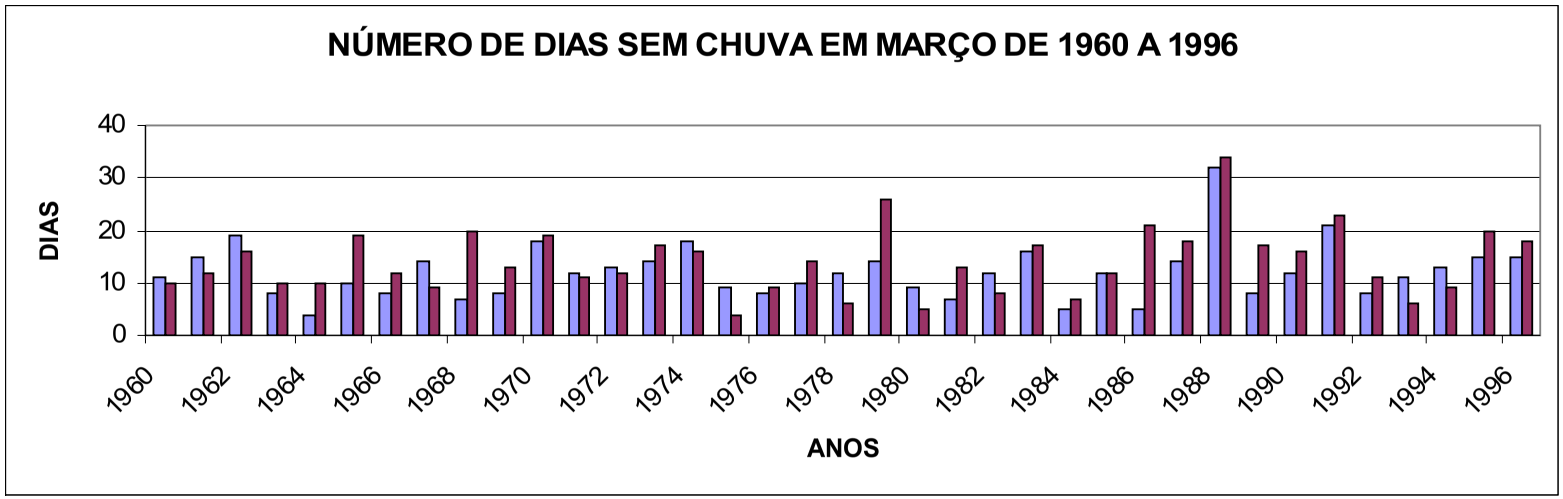


Gráfico 99



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 100

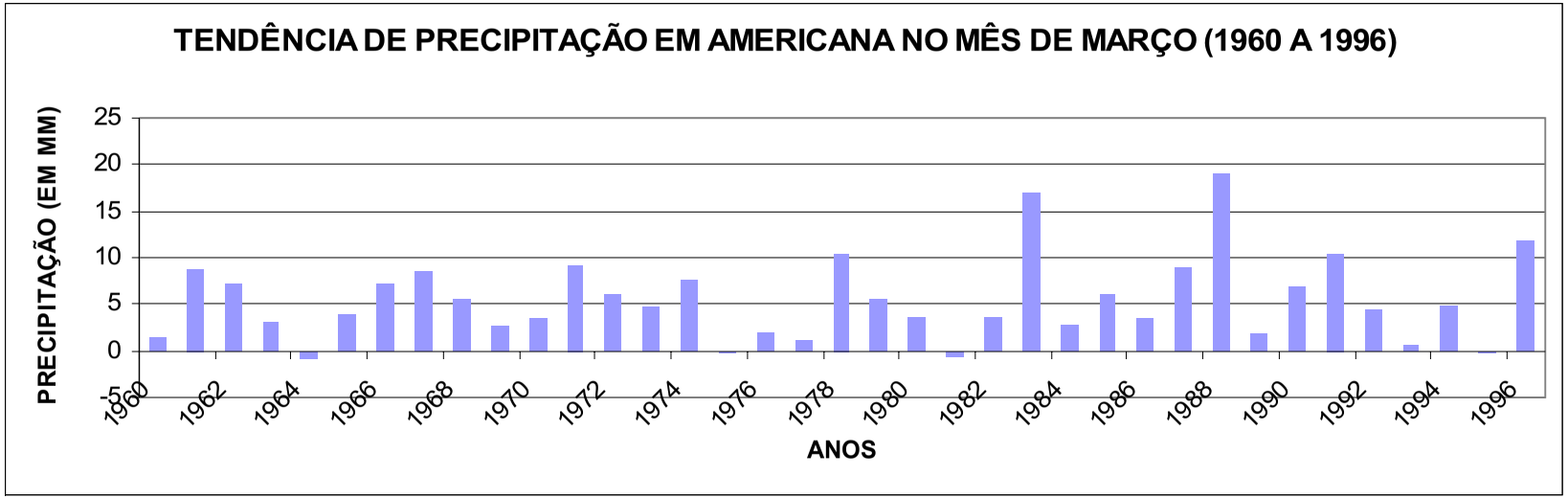
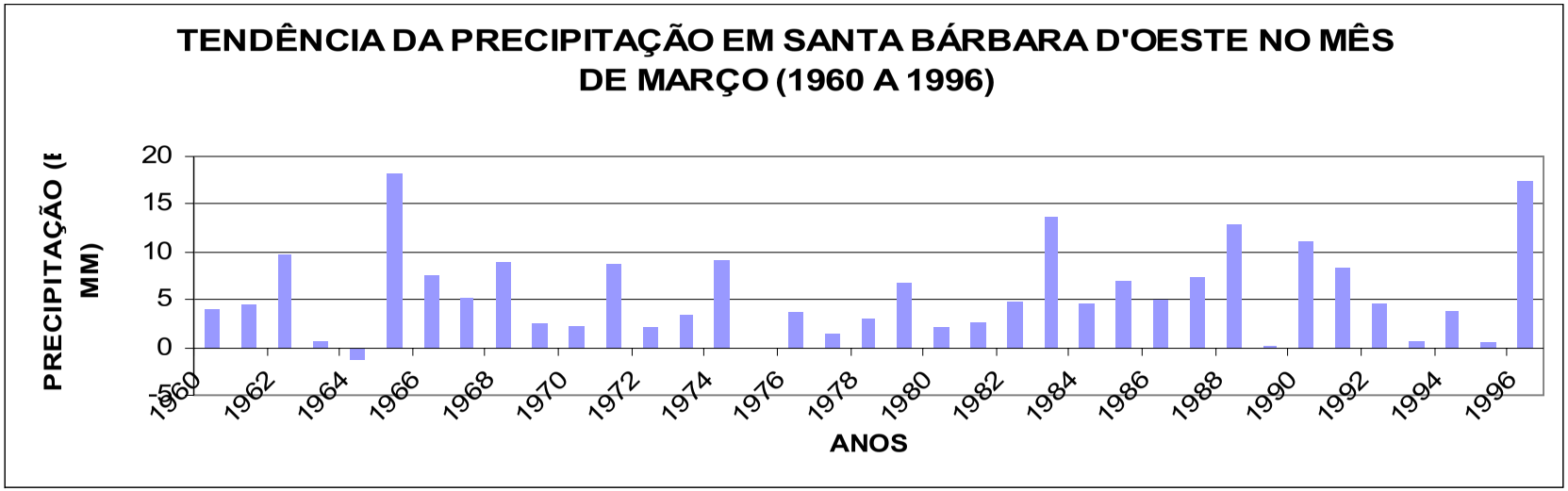


Gráfico 101



Abril

Gráfico 102

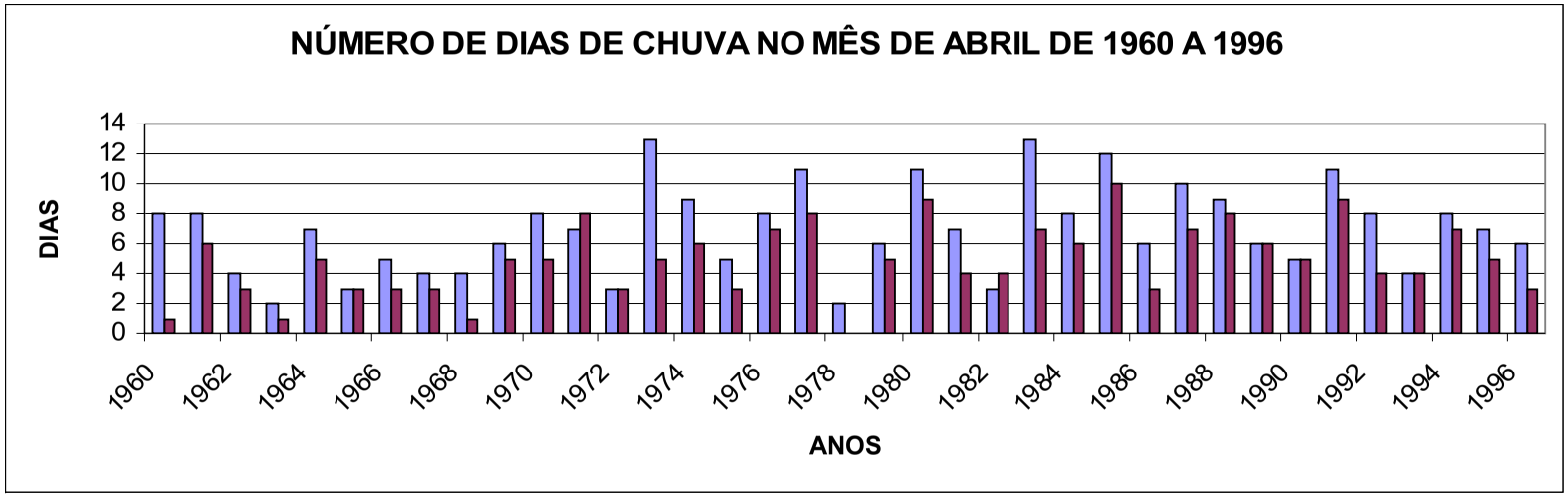
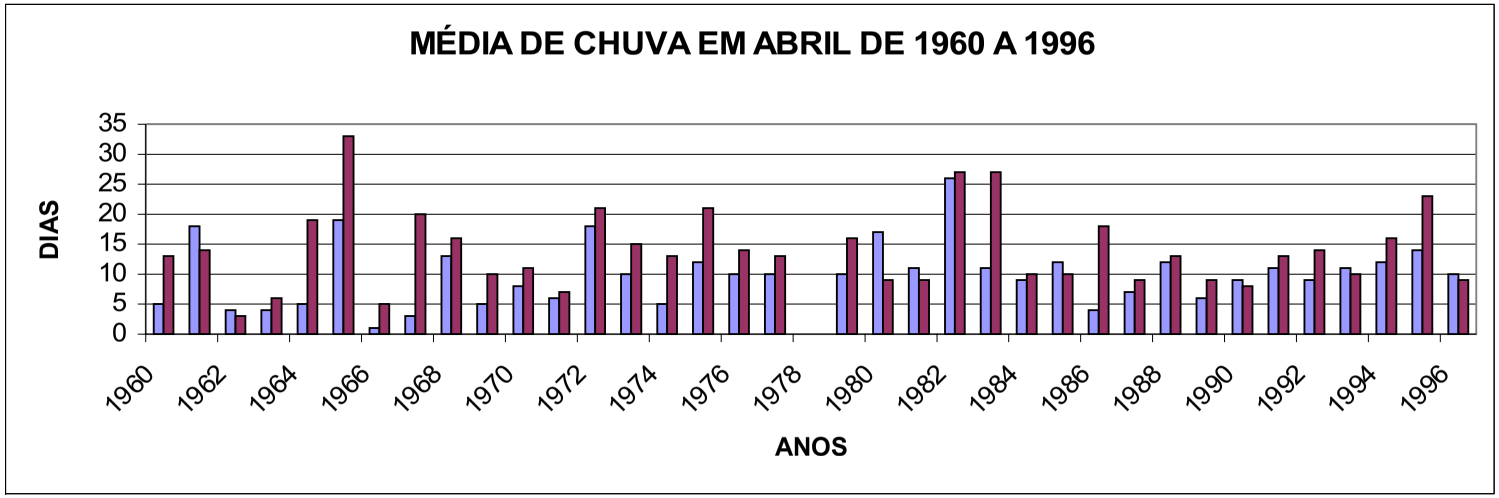


Gráfico 103



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 104

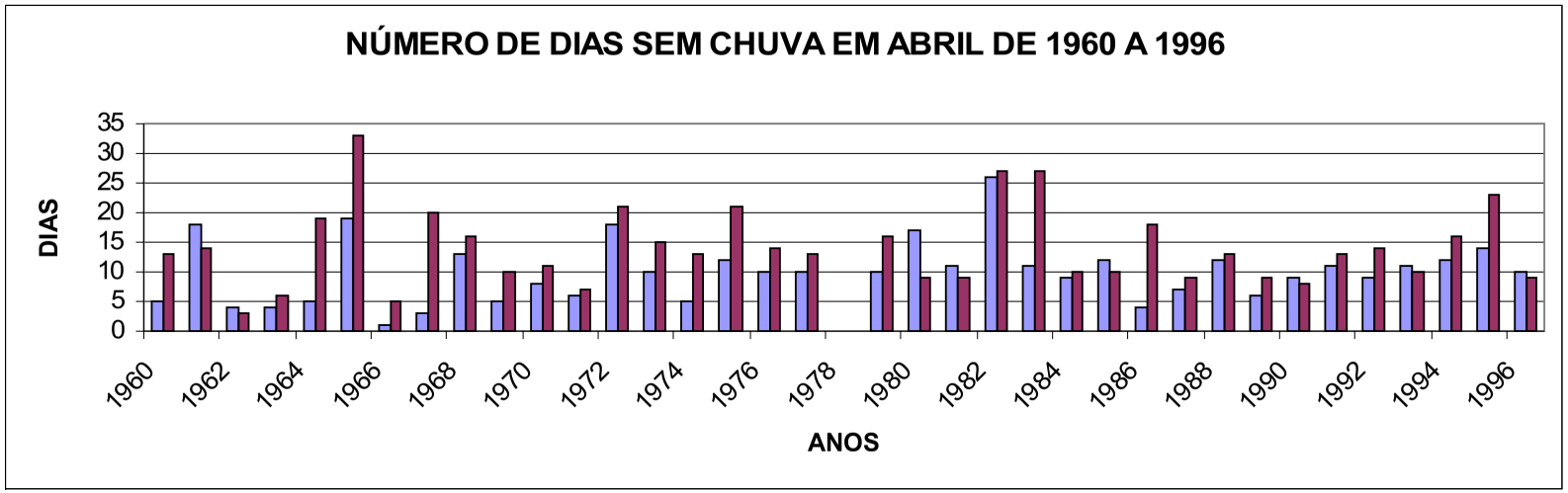
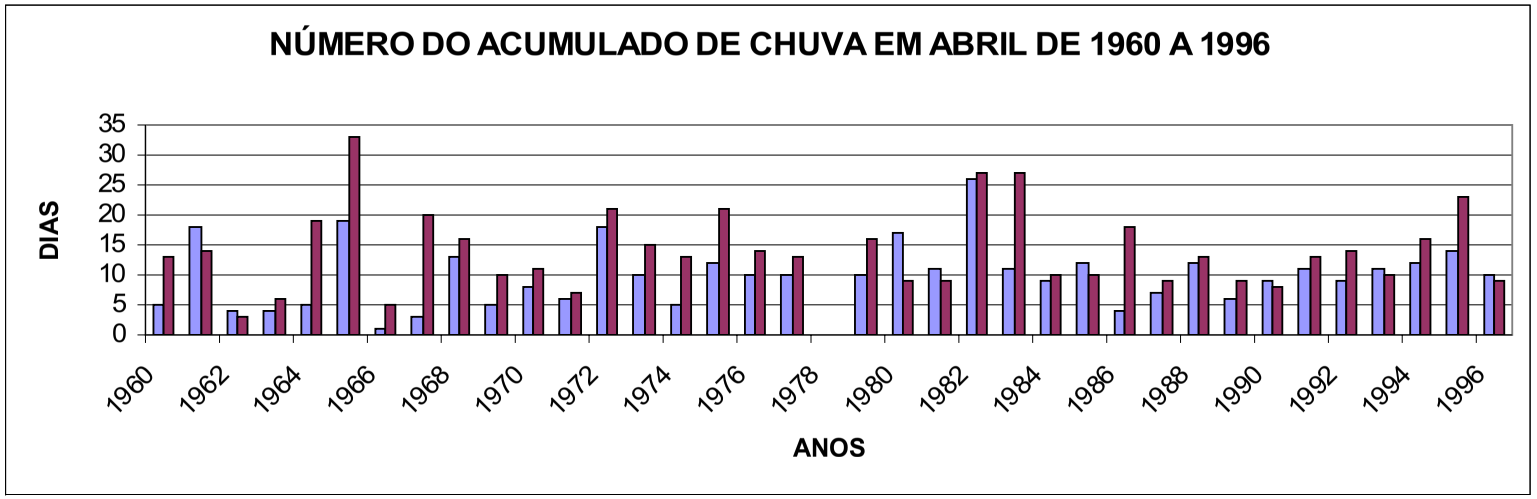


Gráfico 105



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 106

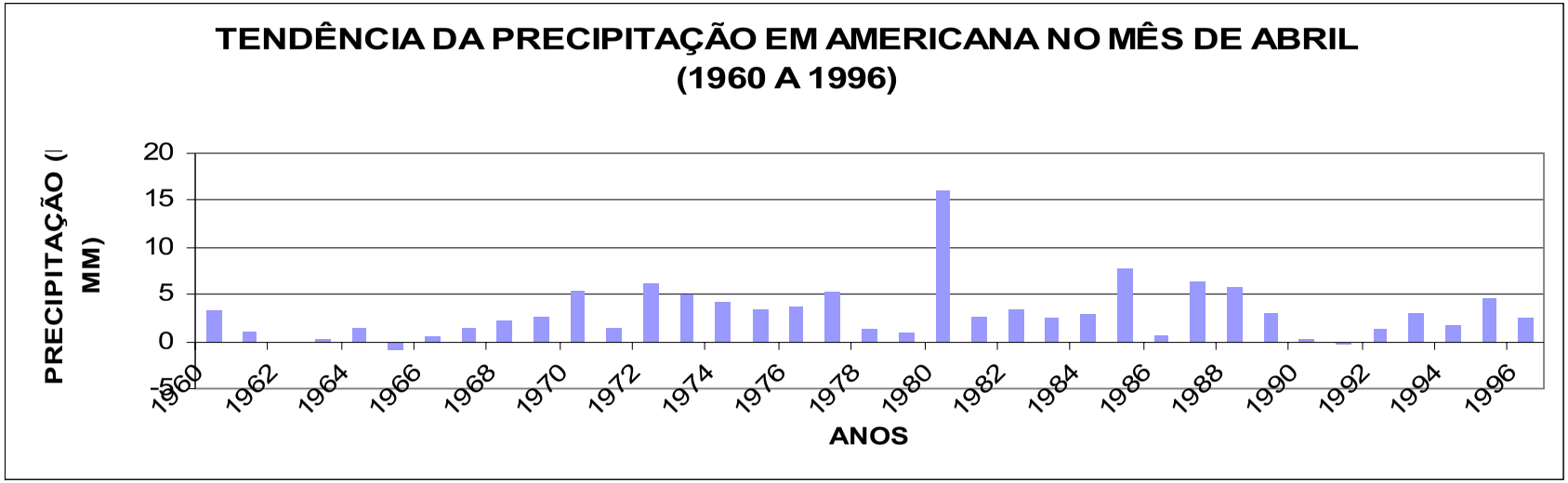
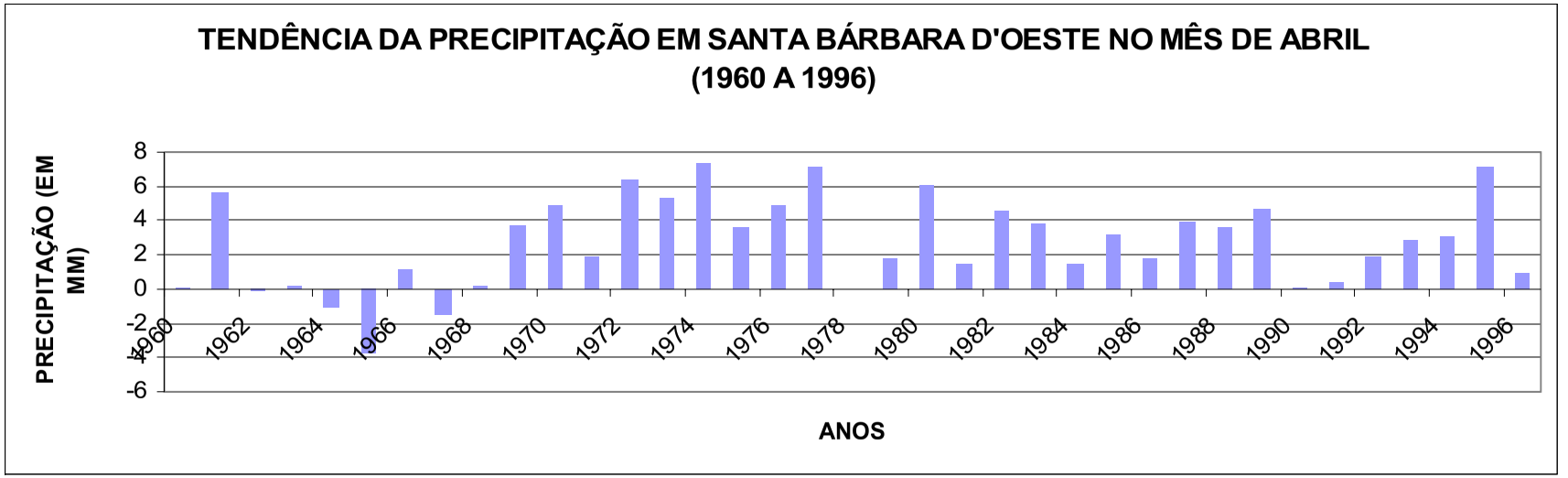


Gráfico 107



Maio

Gráfico 108

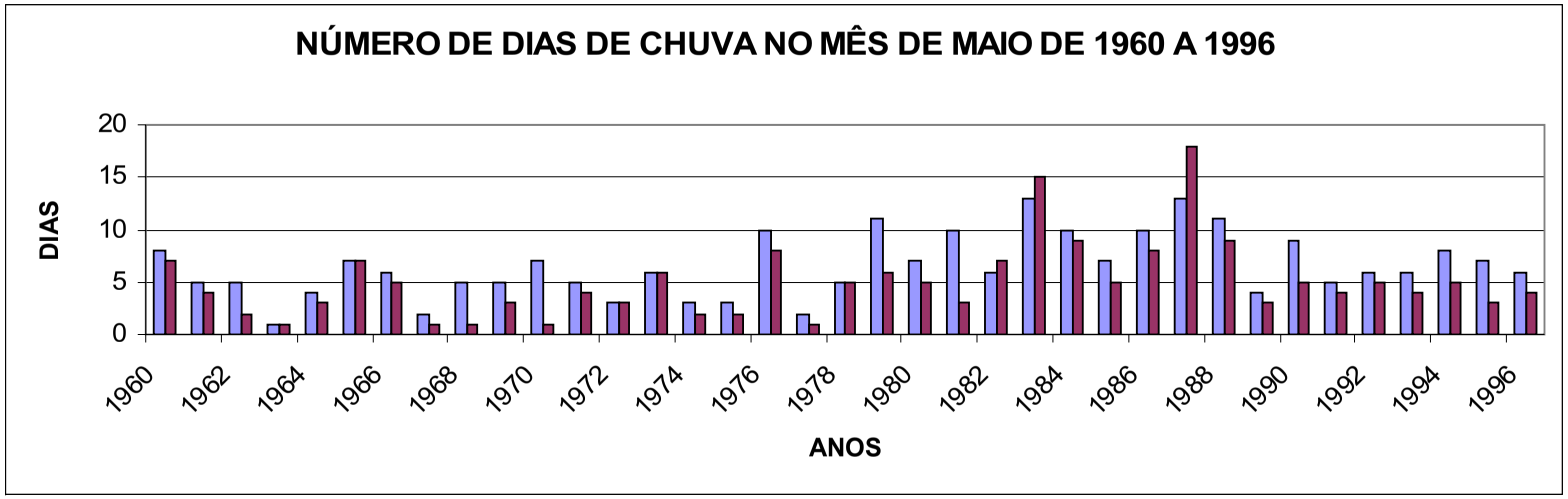
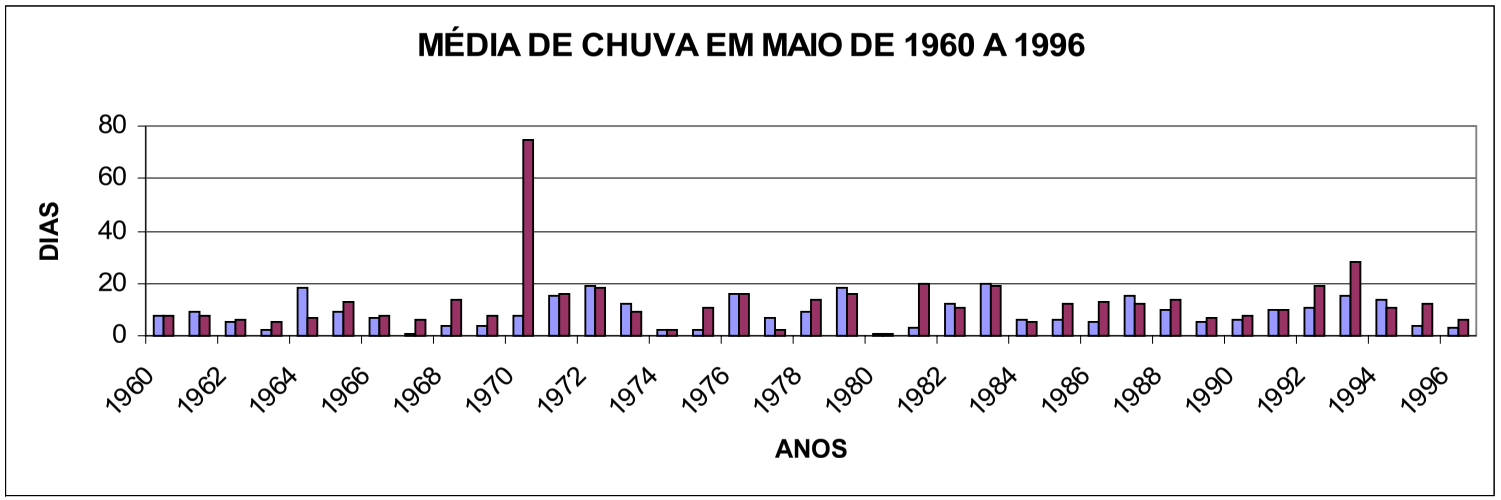


Gráfico 109



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 110

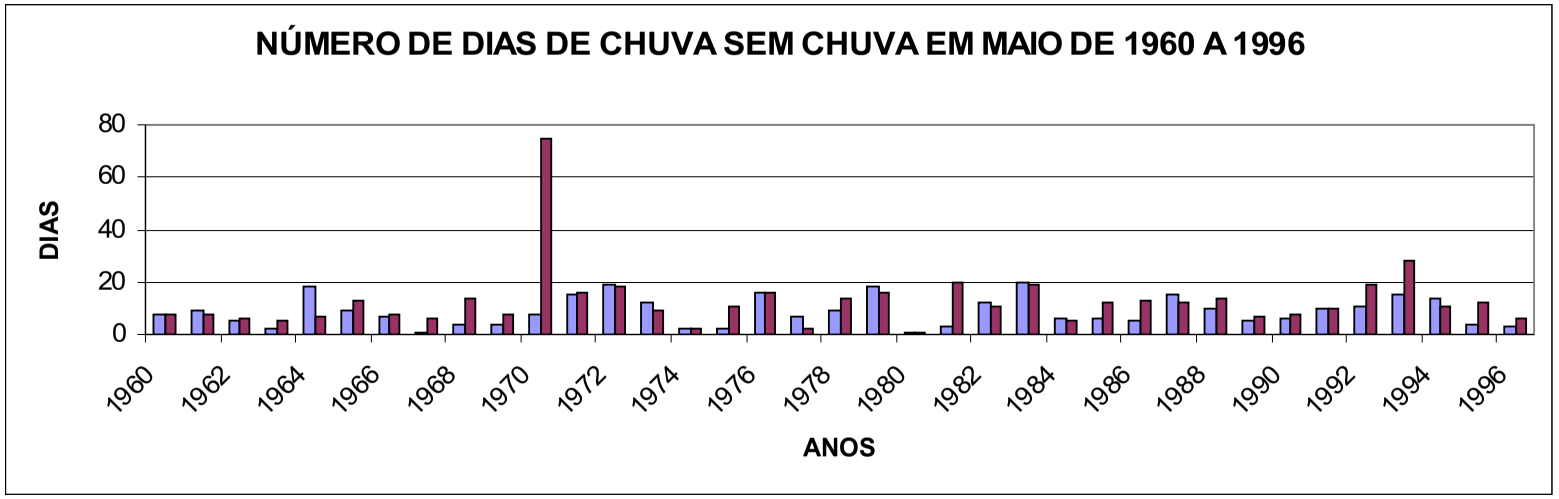
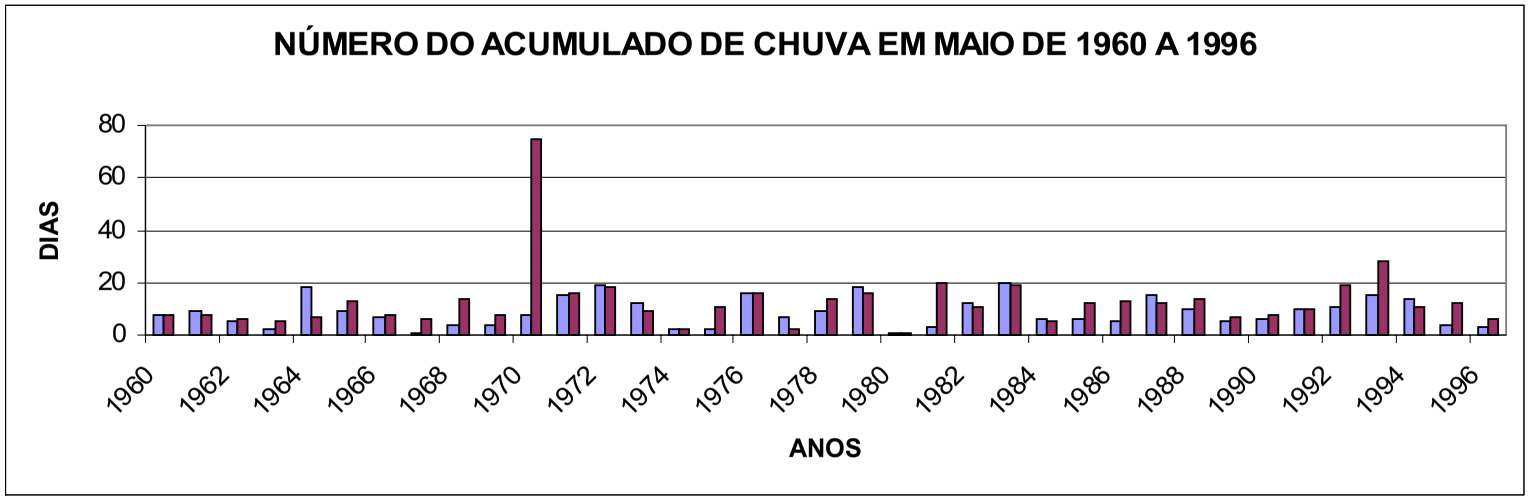


Gráfico 111



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 112

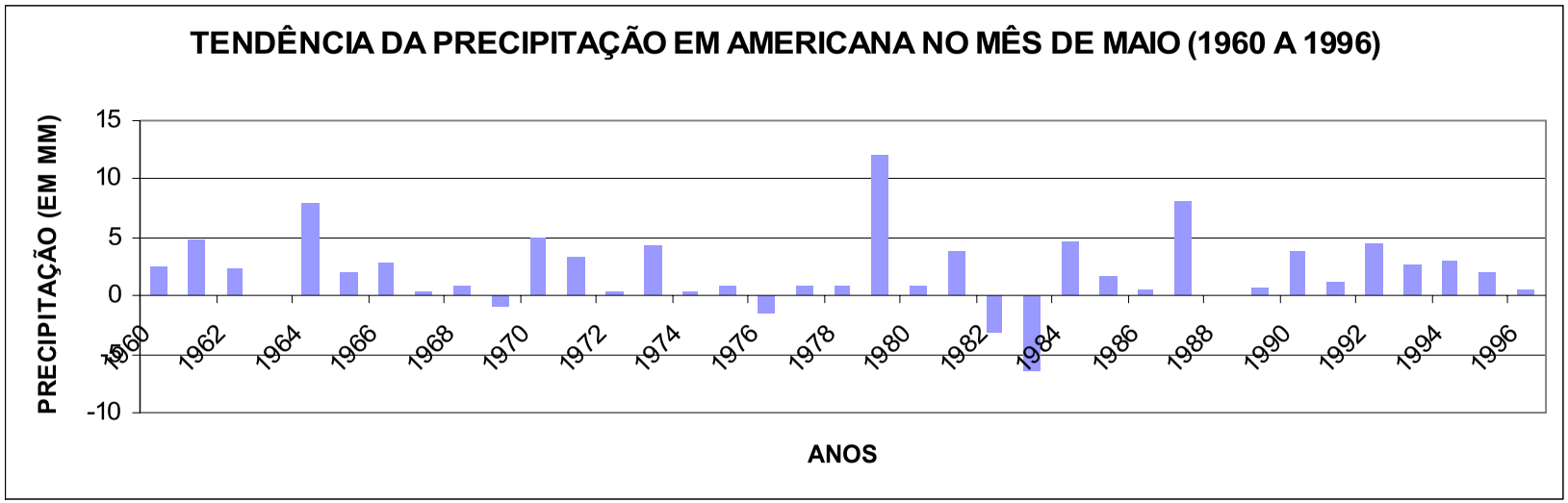
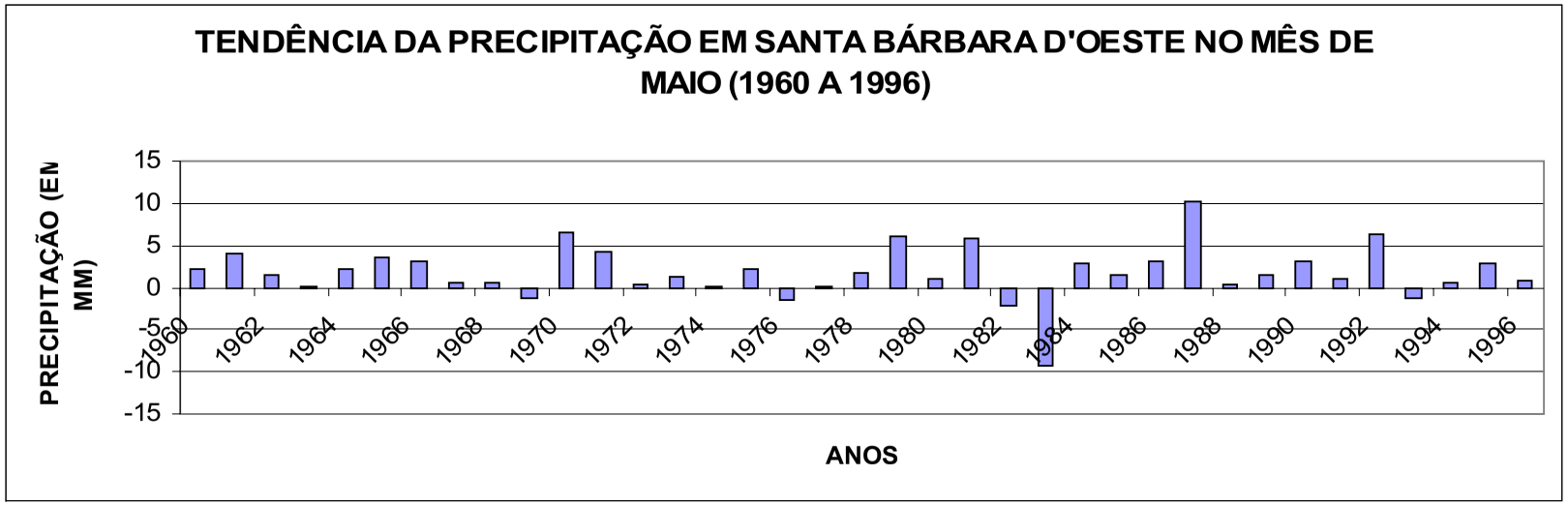


Gráfico 113



Junho

Gráfico 114

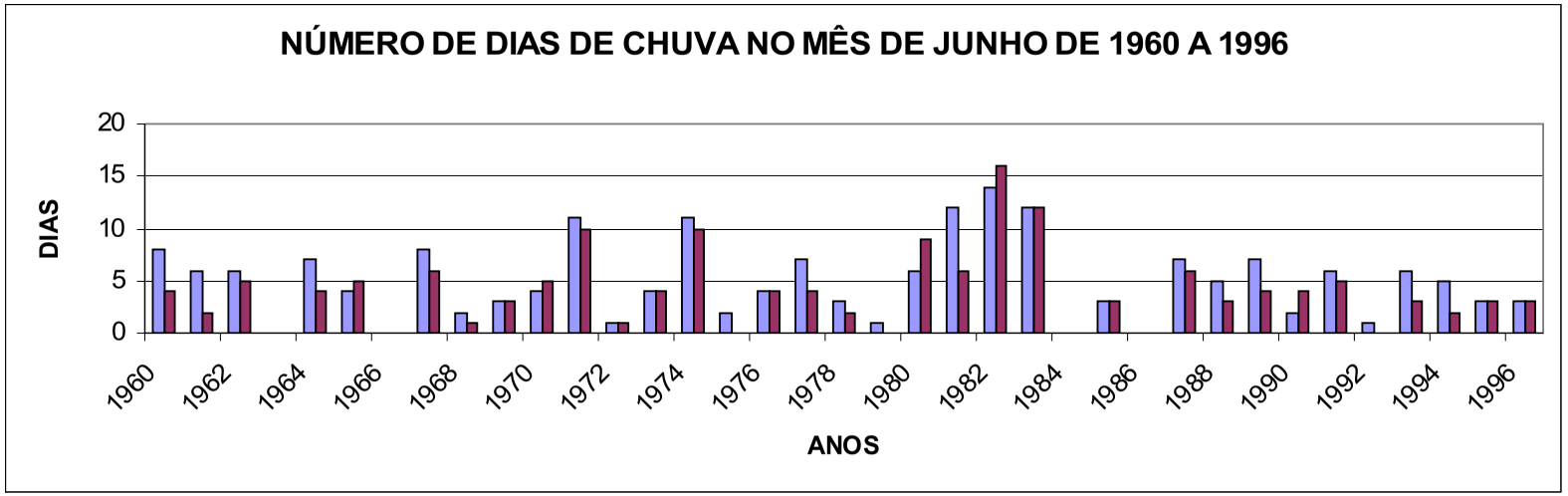


Gráfico 115

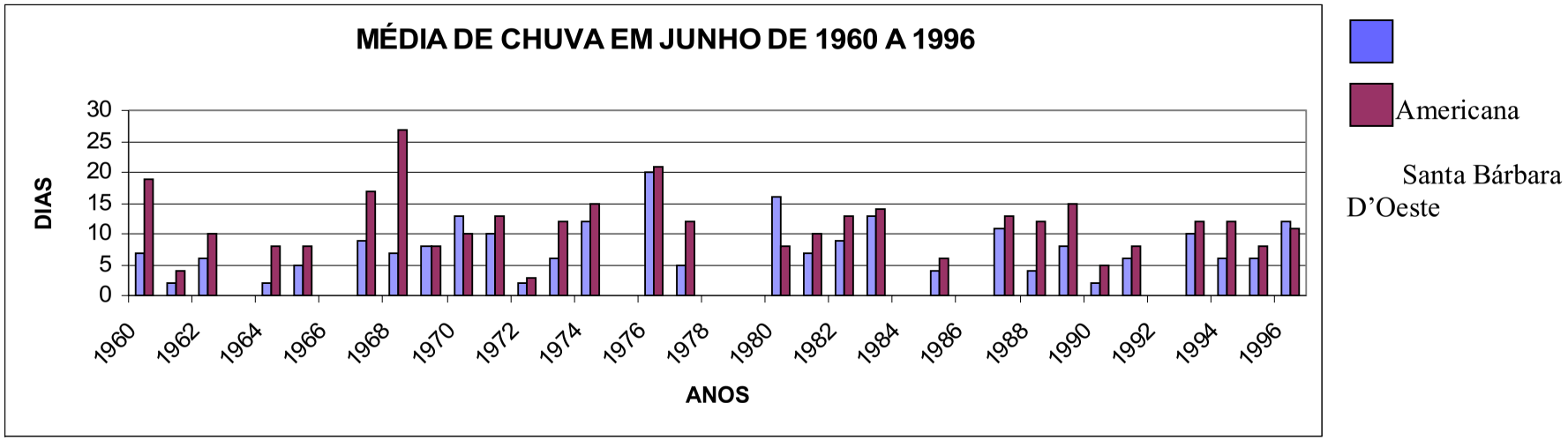


Gráfico 116

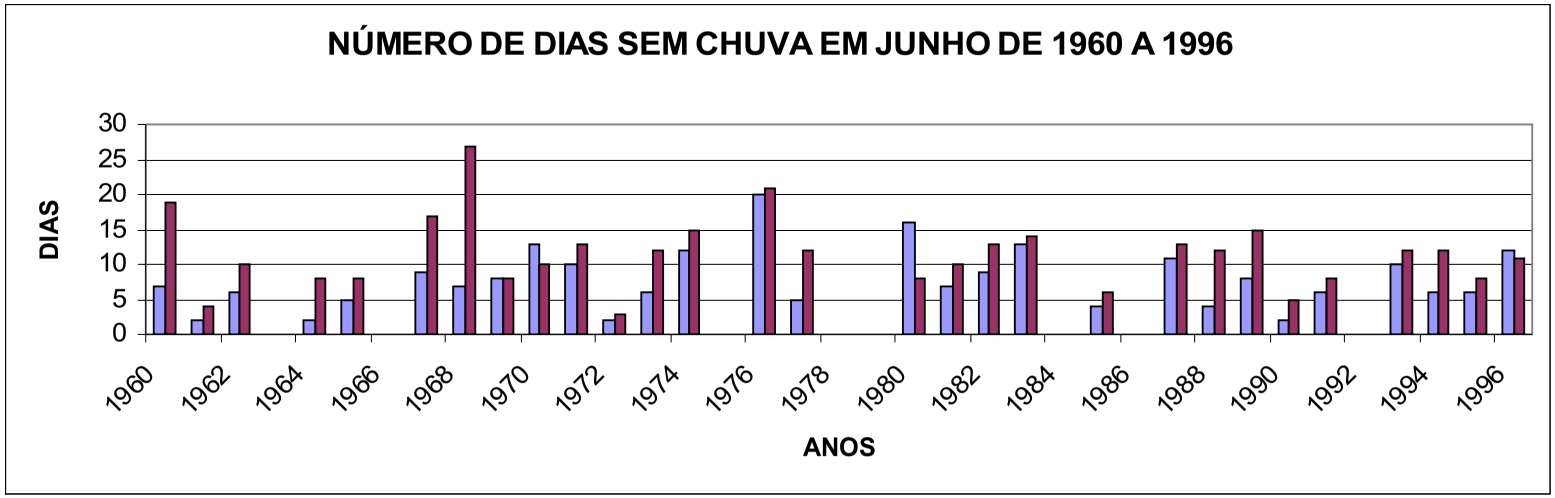


Gráfico 117

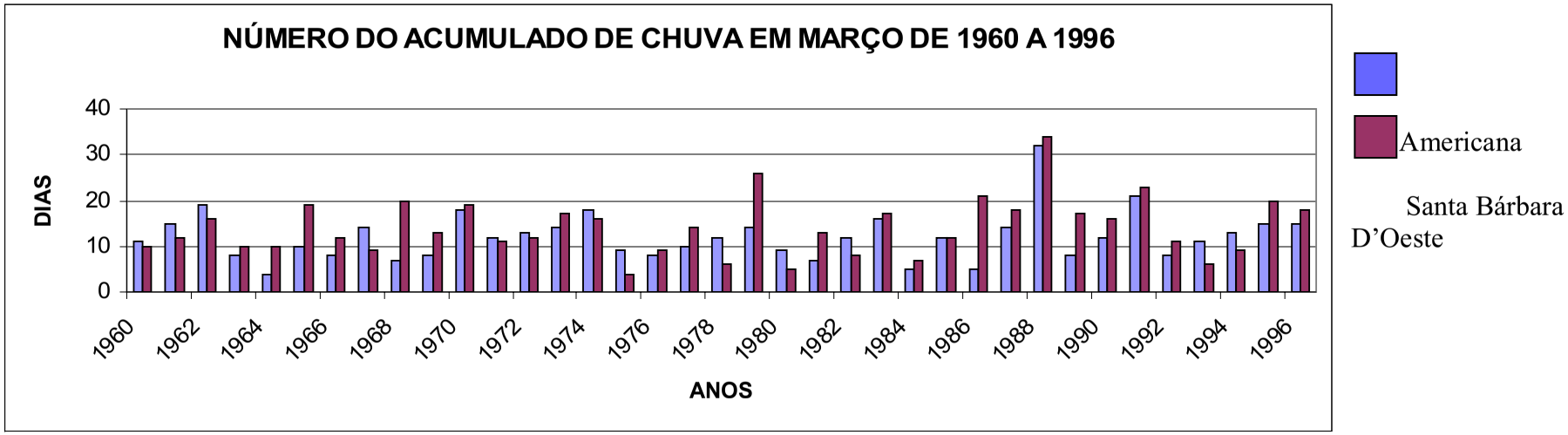


Gráfico 118

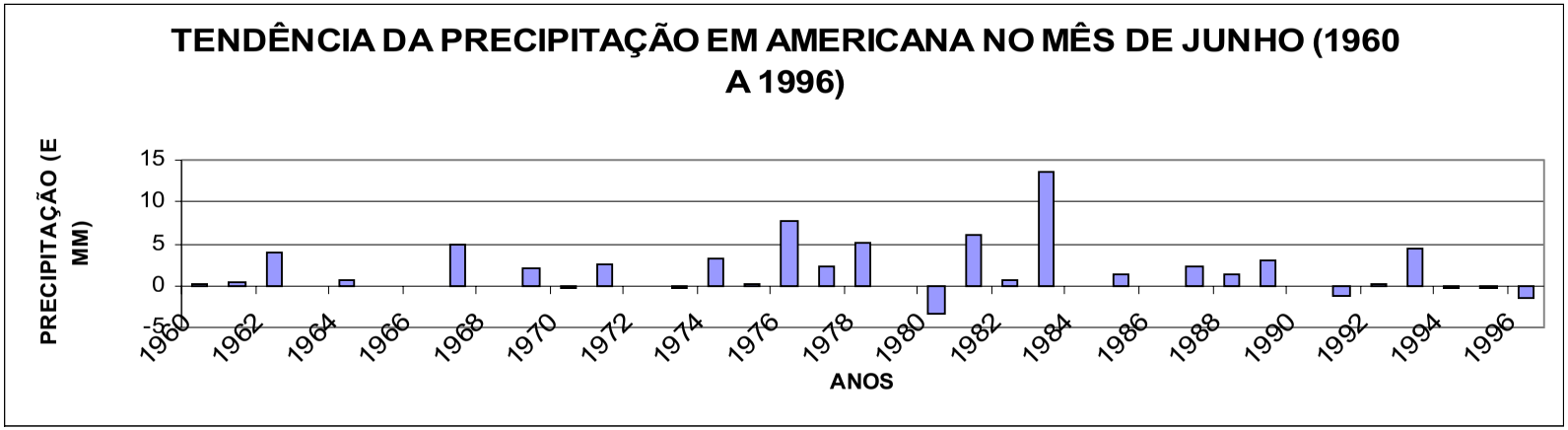
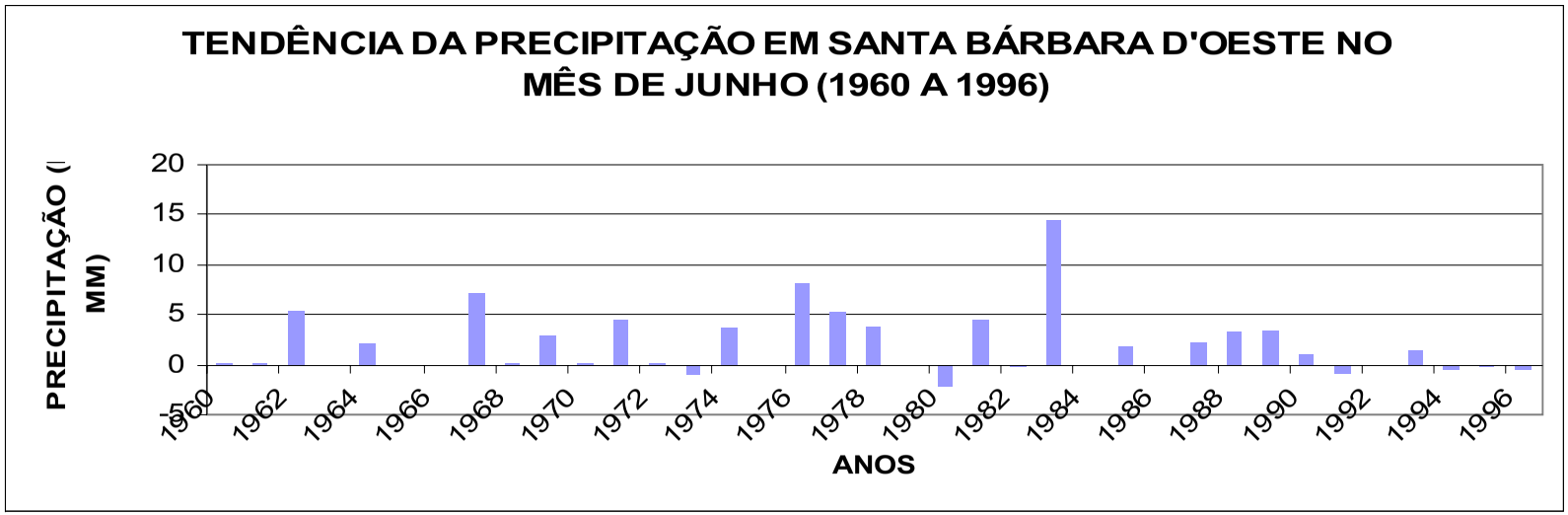


Gráfico 119



JULHO

Gráfico 120

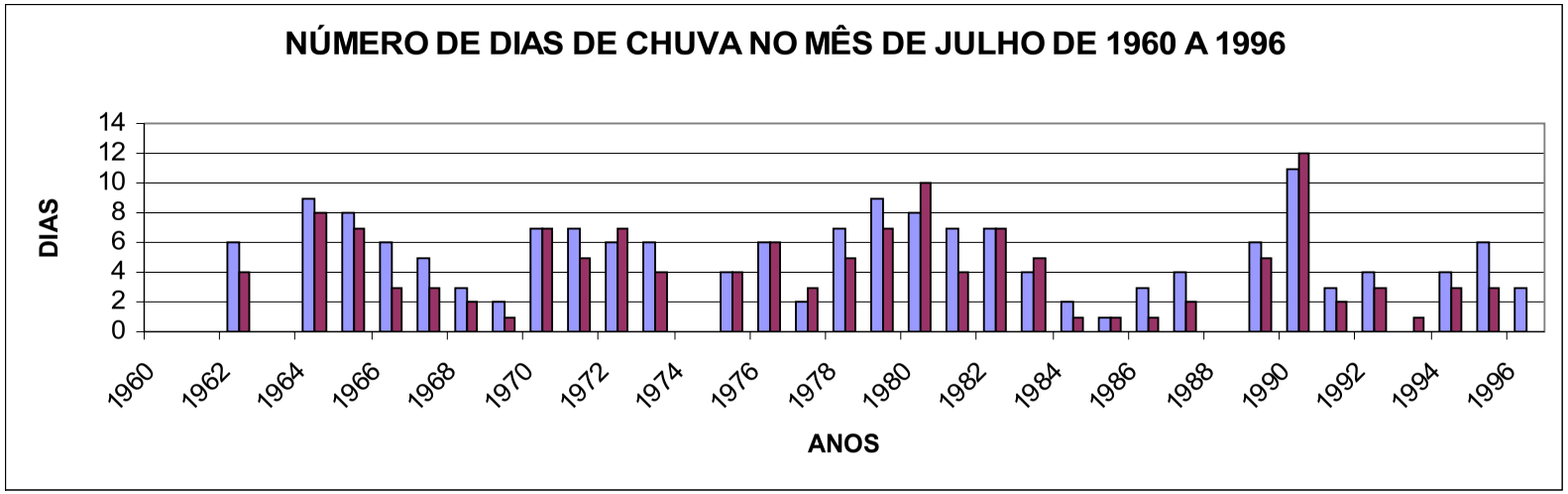


Gráfico 121

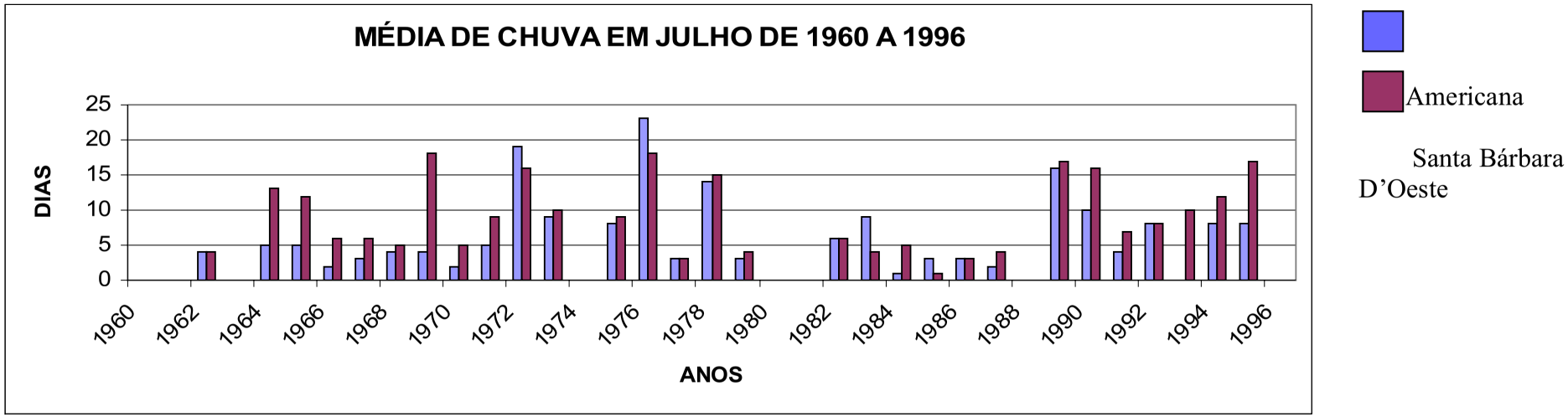


Gráfico 122

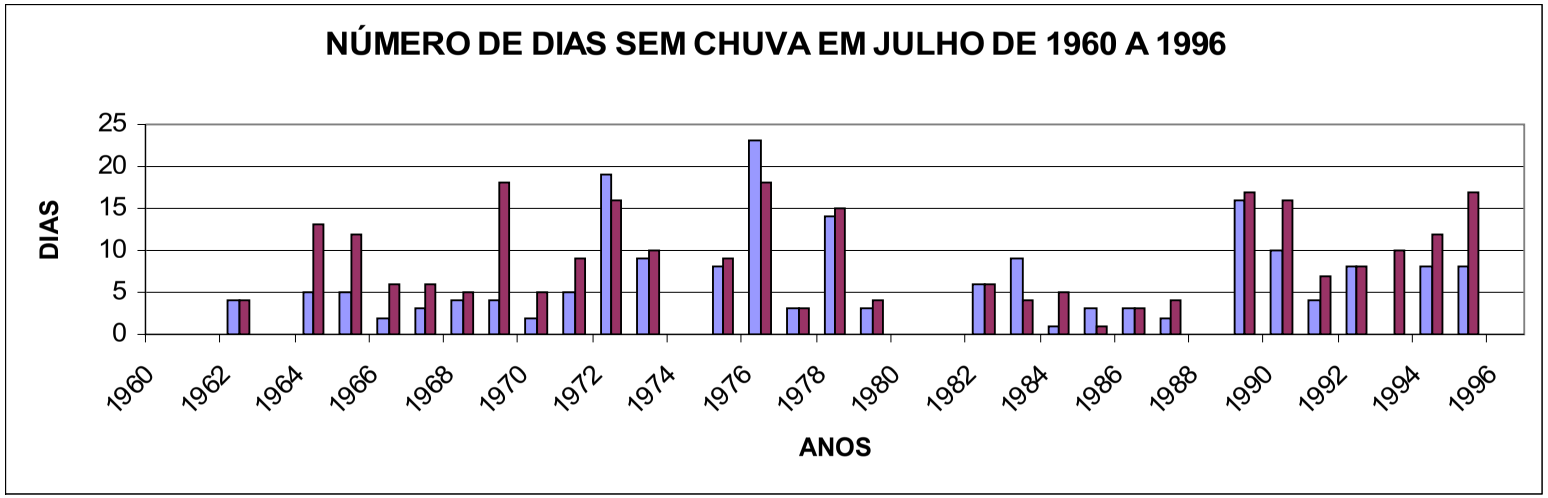


Gráfico 123

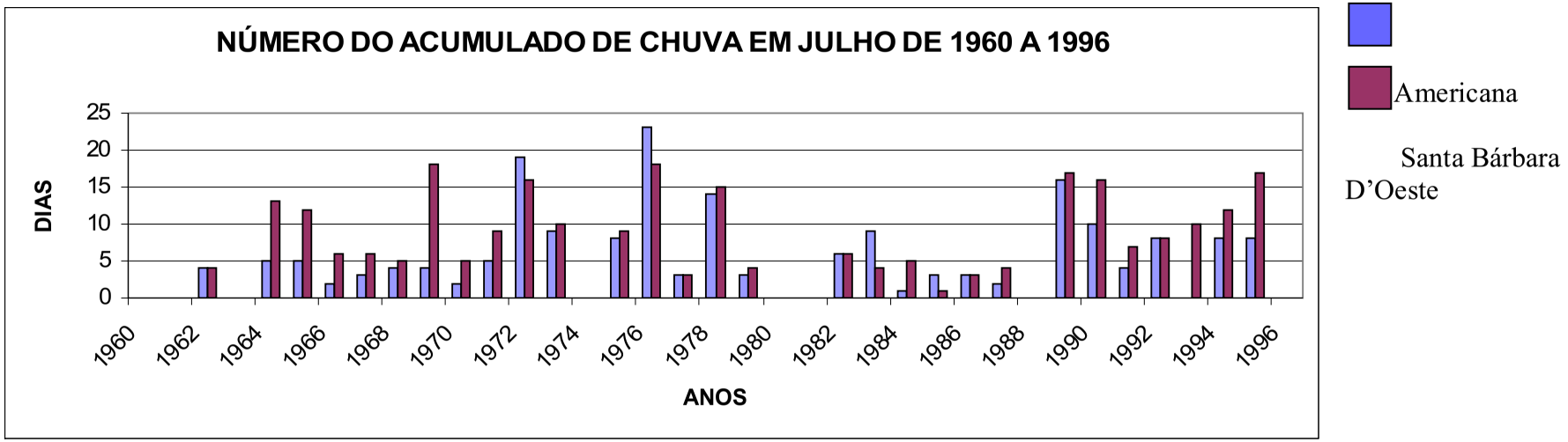


Gráfico 124

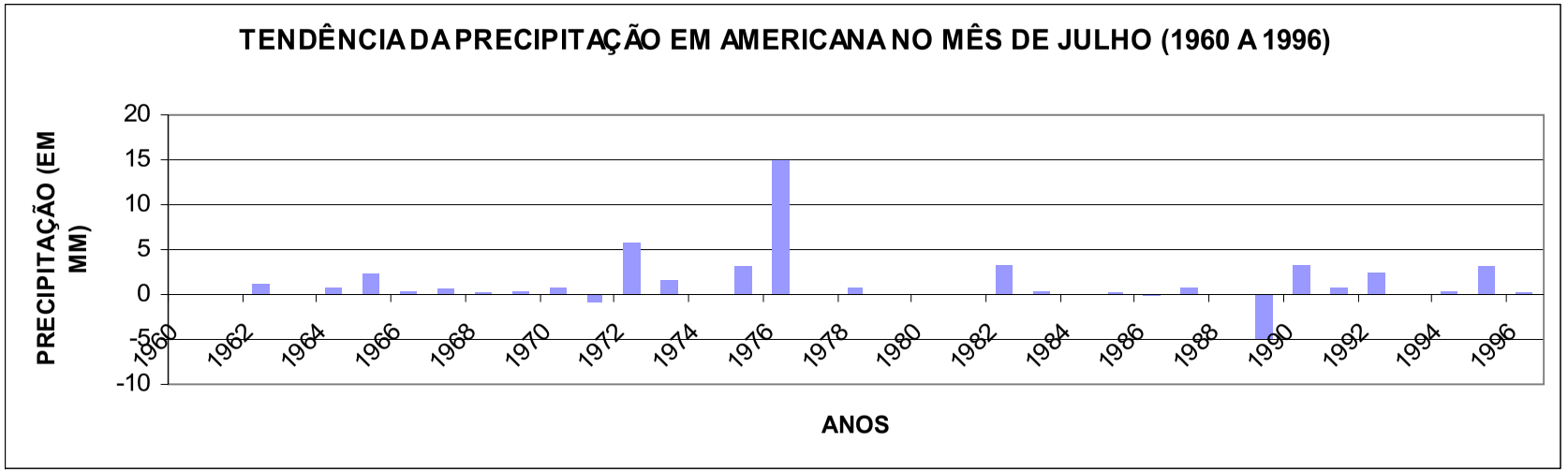
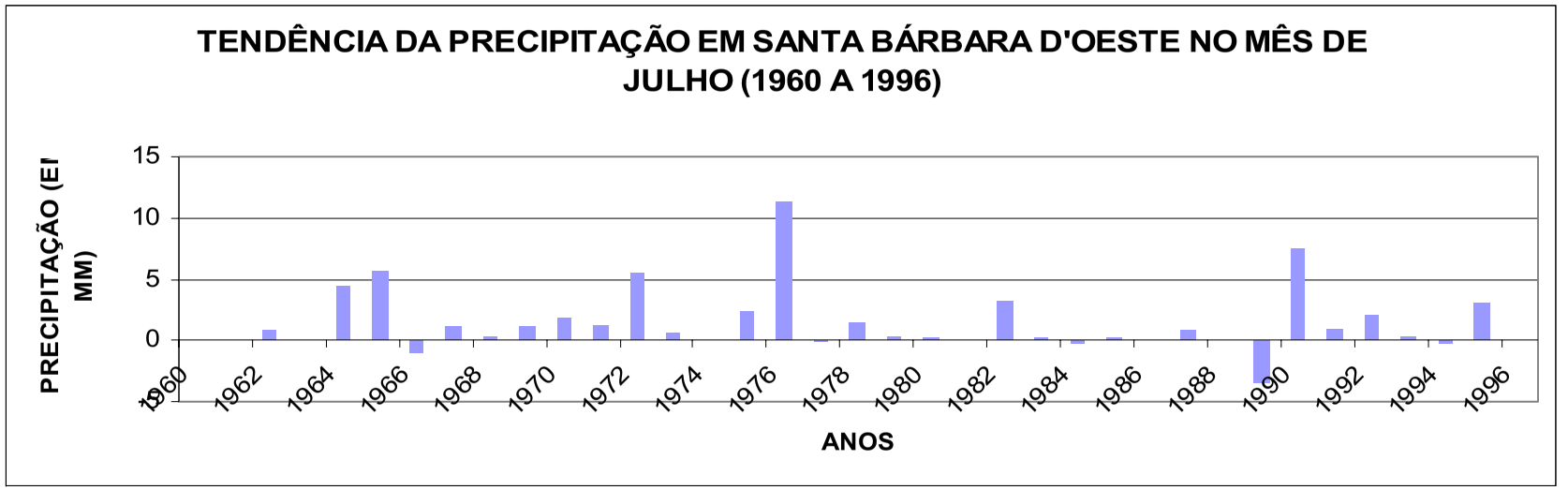


Gráfico 125



AGOSTO

Gráfico 126

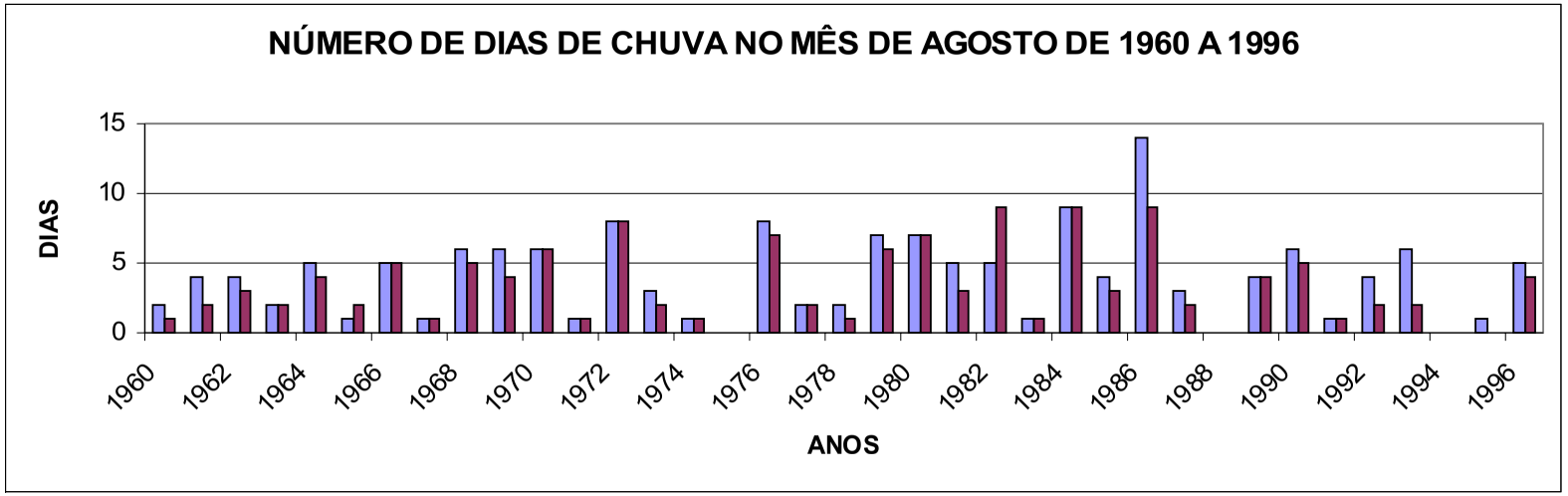


Gráfico 127

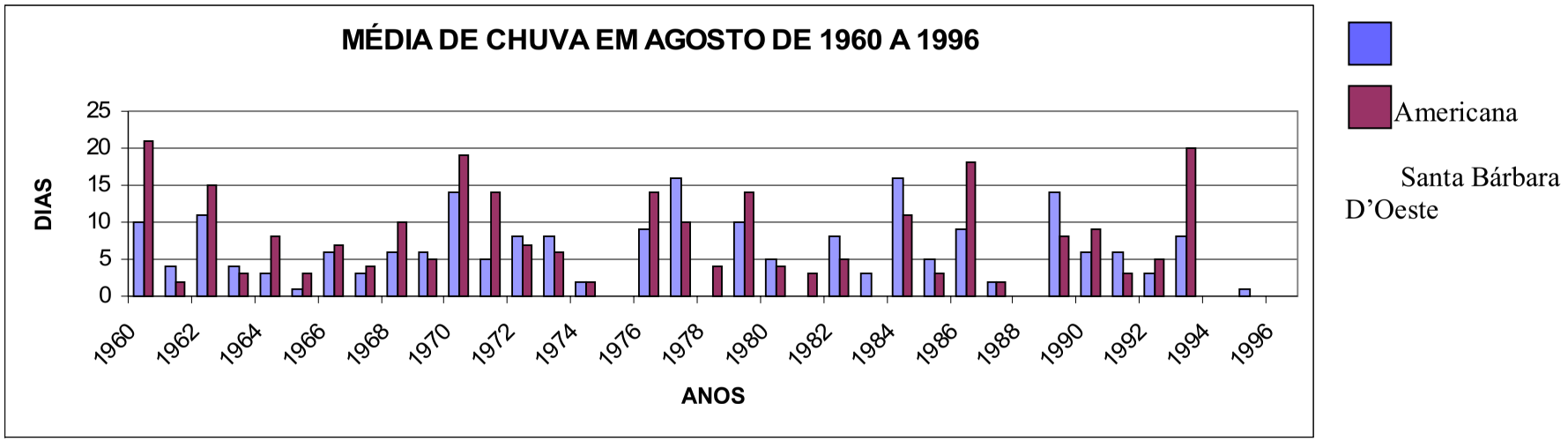


Gráfico 128

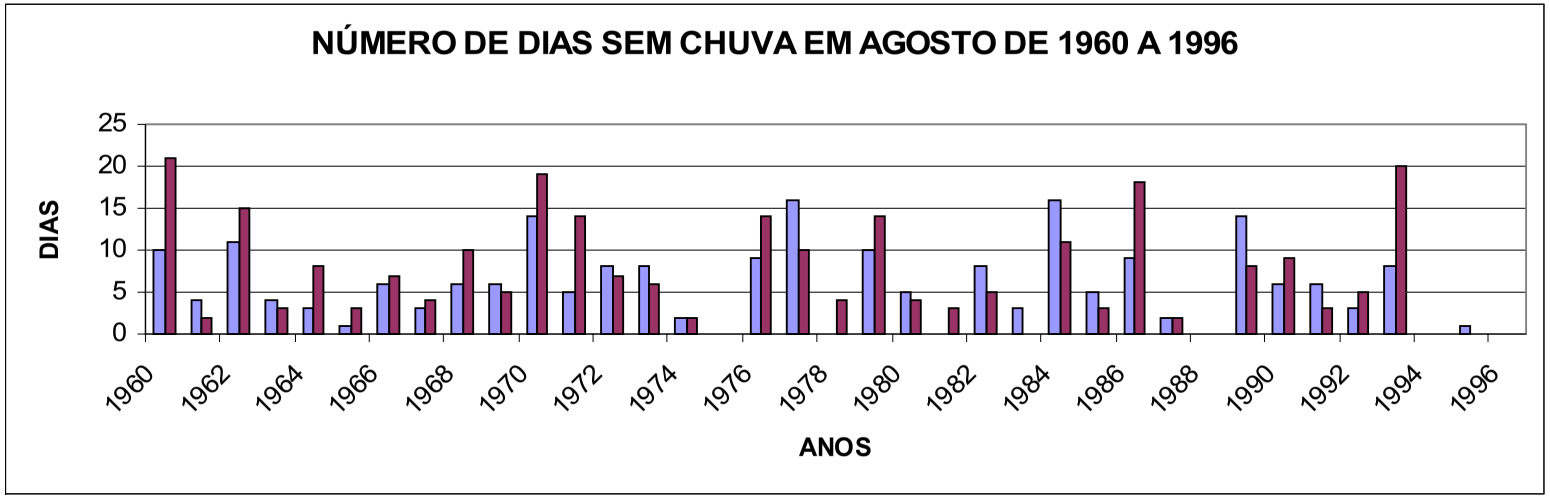


Gráfico 129

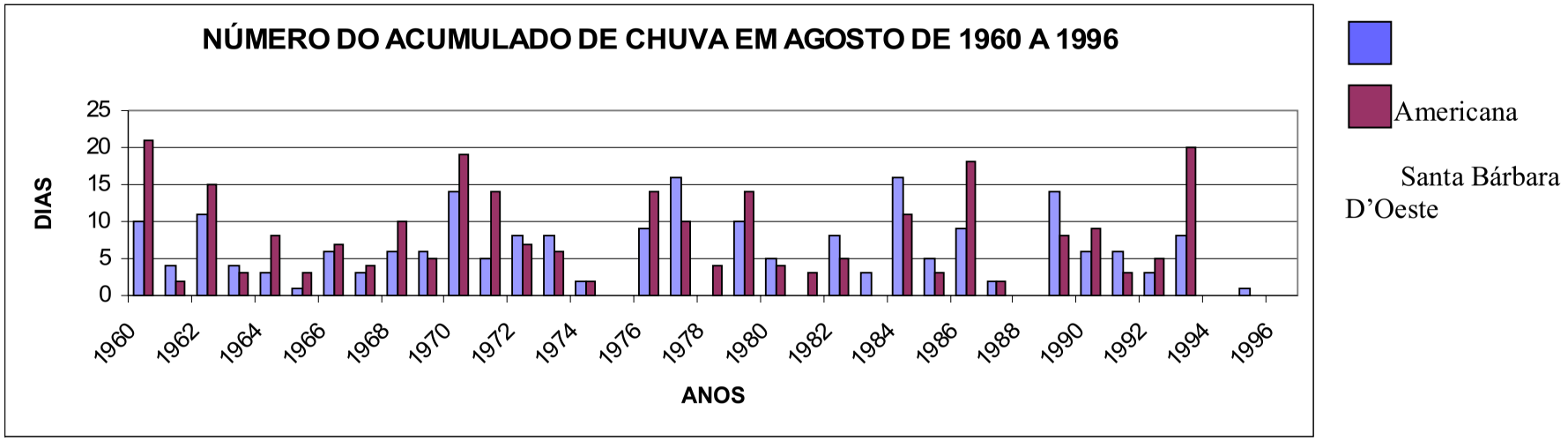


Gráfico 130

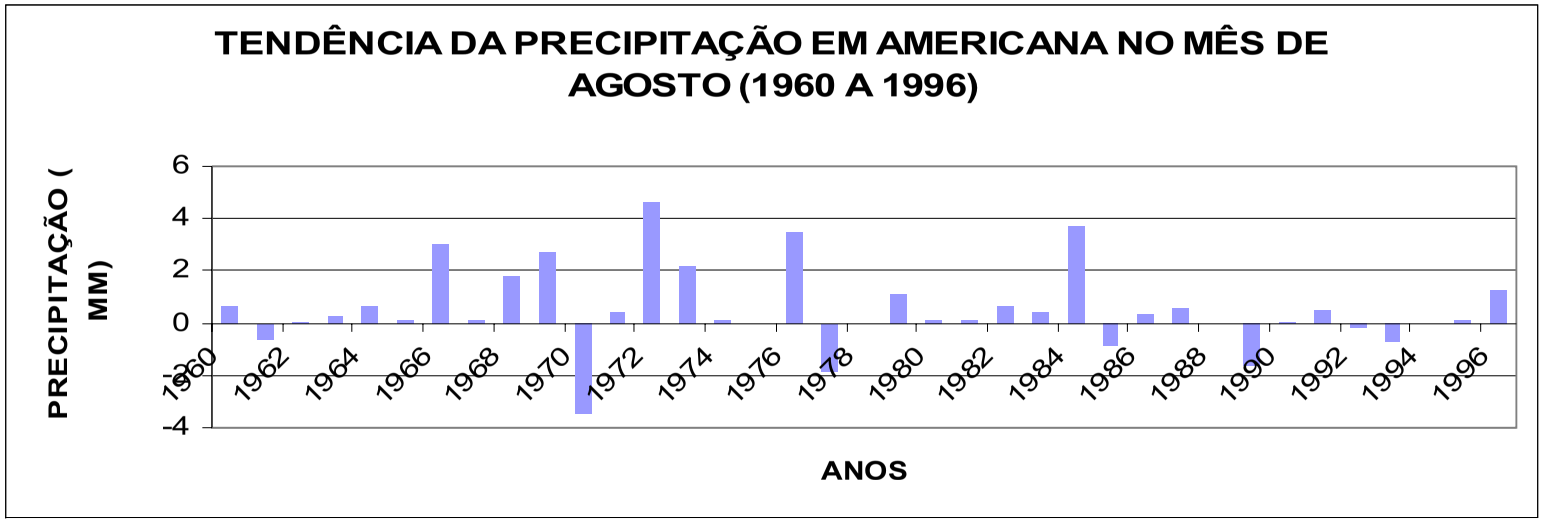
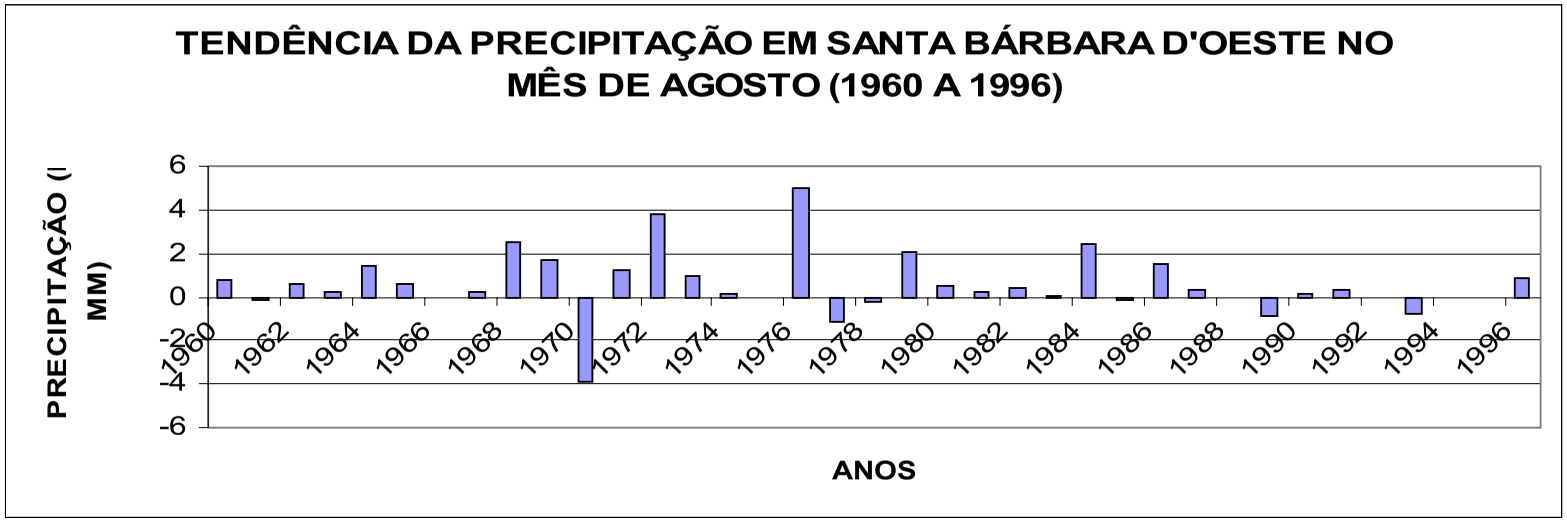

TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO EM AMERICANA NO MÊS DE AGOSTO (1960 A 1996)
PRECIPITAÇÃO (MM)
6
4
2
0
-2
-4
1960
1962
1964
1966
1968
1970
1972
1974
1976
1978
1980
1982
1984
1986
1988
1990
1992
1994
1996
ANOS

Gráfico 131


TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO EM SANTA BÁRBARA D'OESTE NO MÊS DE AGOSTO (1960 A 1996)
PRECIPITAÇÃO (I MM)
6
4
2
0
-2
-4
-6
1960
1962
1964
1966
1968
1970
1972
1974
1976
1978
1980
1982
1984
1986
1988
1990
1992
1994
1996
ANOS

SETEMBRO

Gráfico 132



Gráfico 133

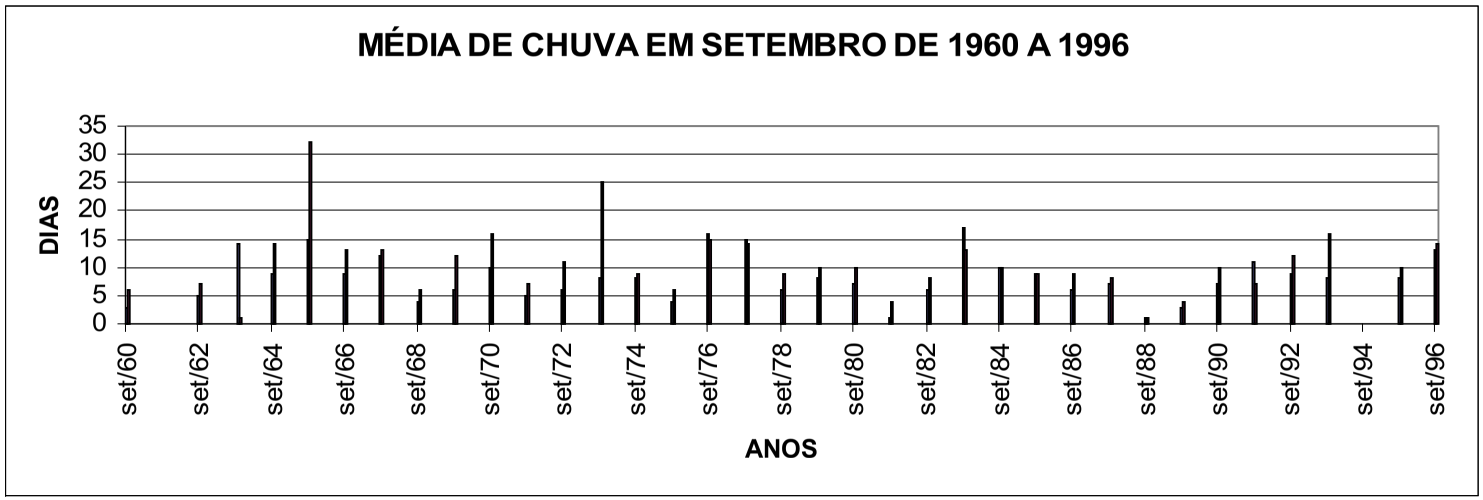


Gráfico 134

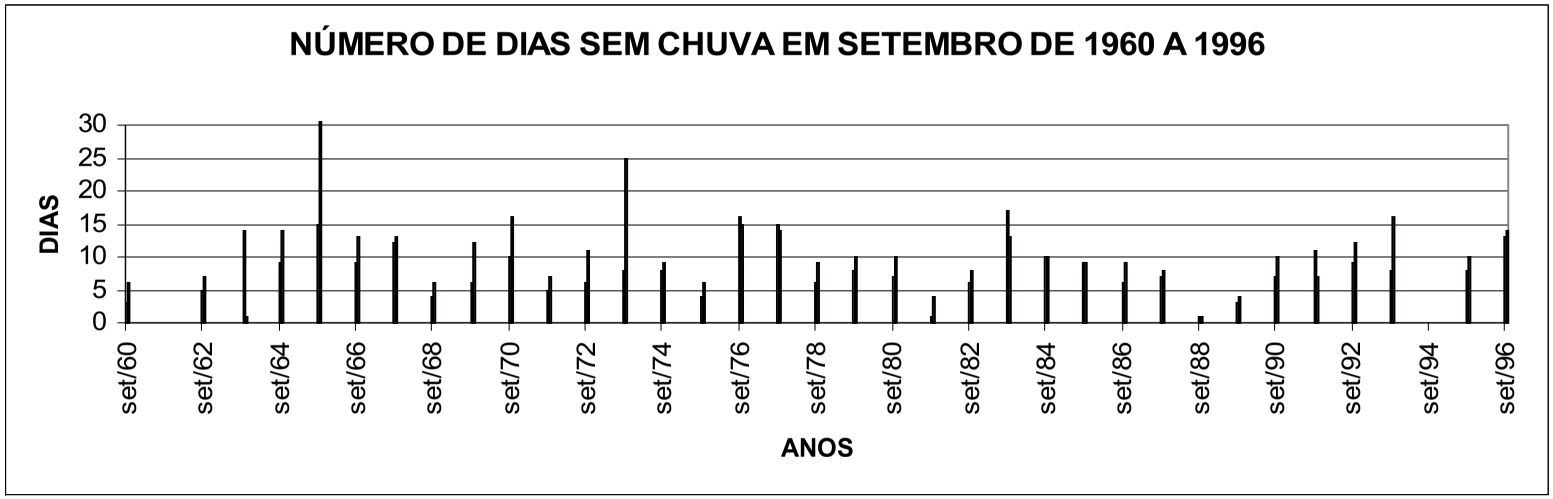
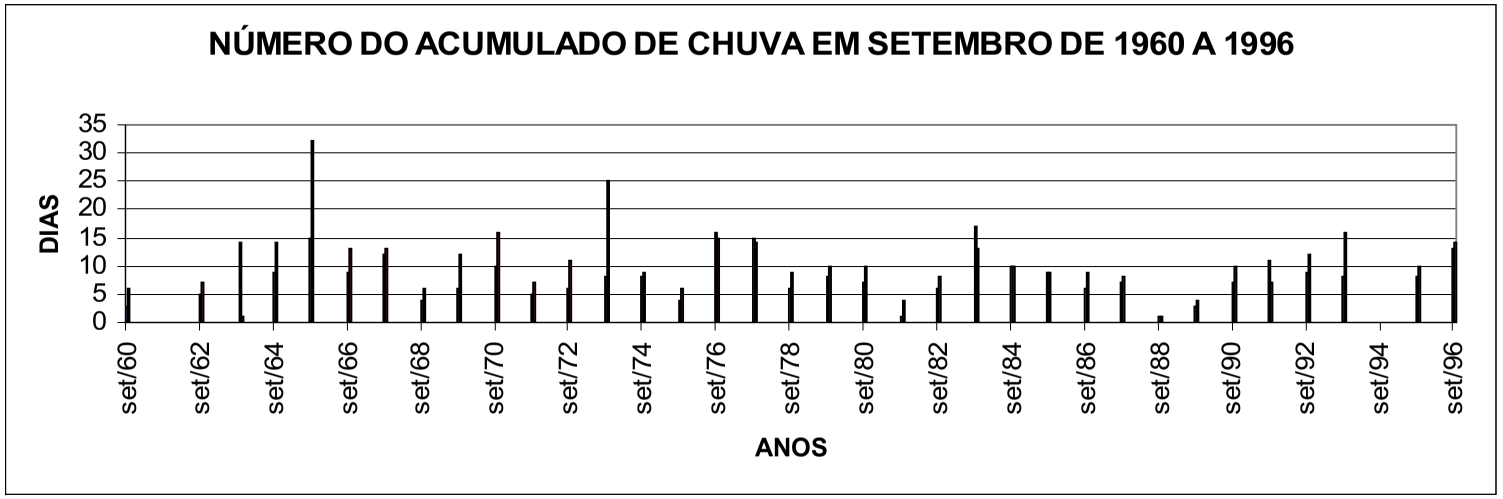


Gráfico 135



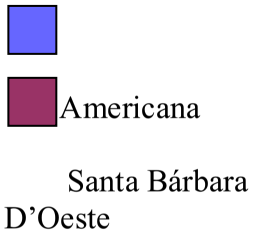


Gráfico 136

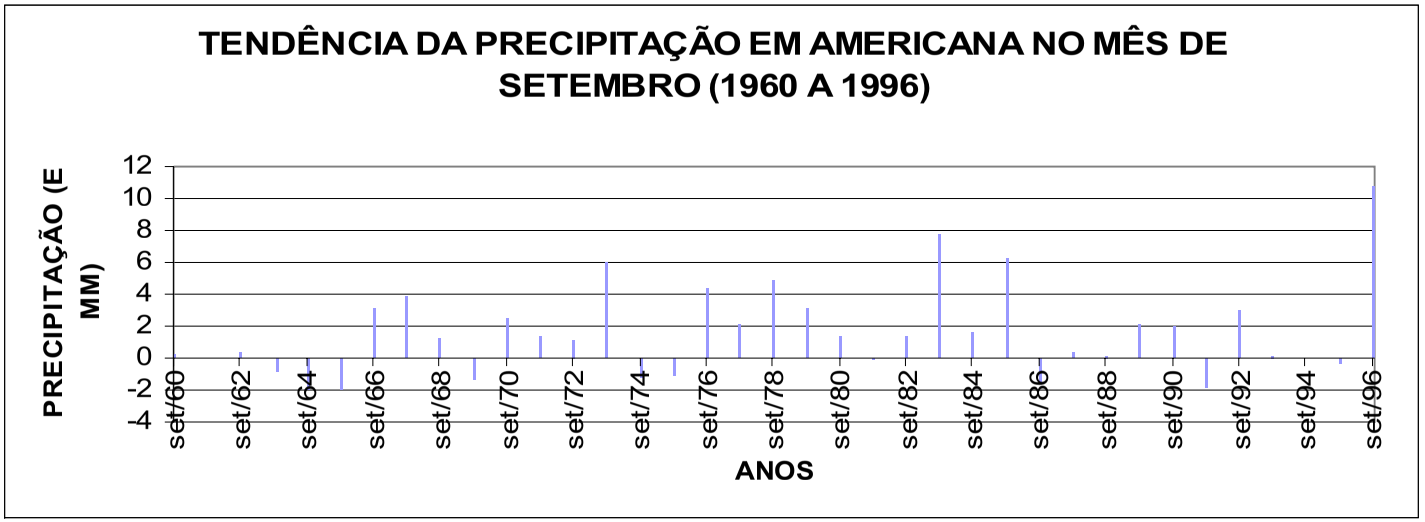
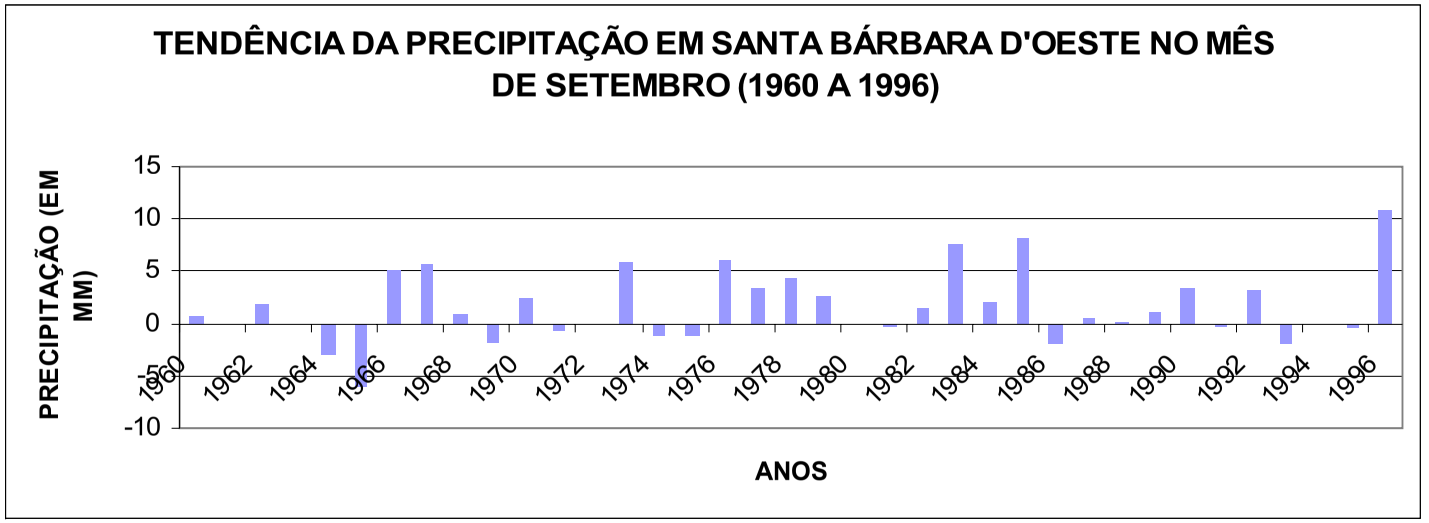


Gráfico 137



OUTUBRO

Gráfico 138

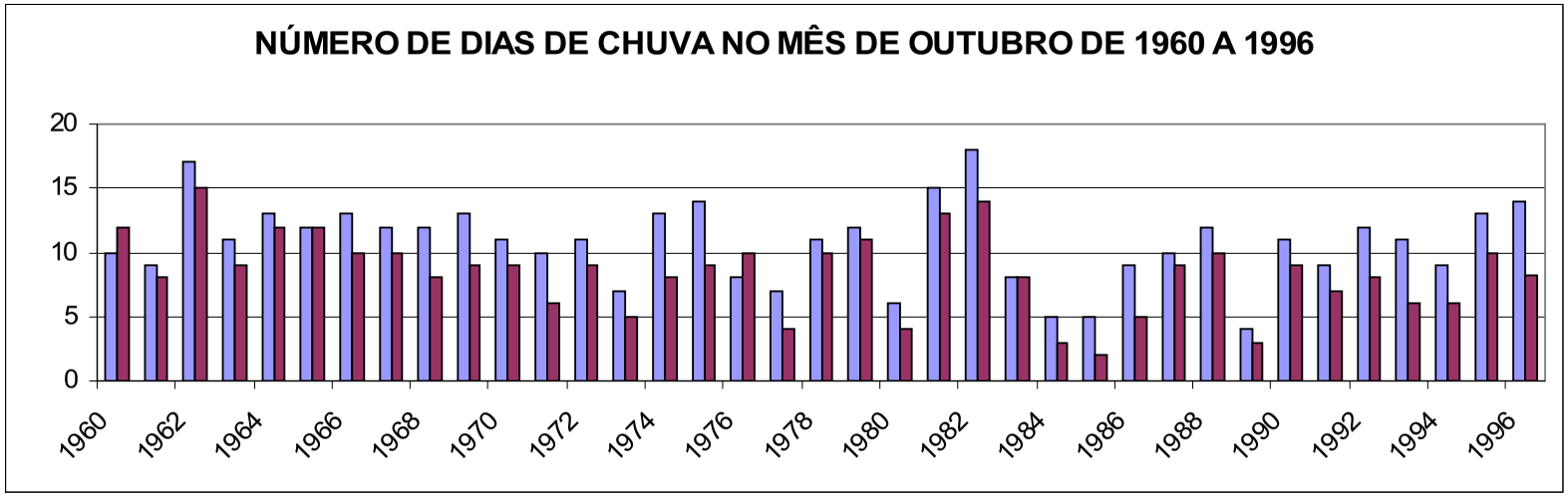


Gráfico 139

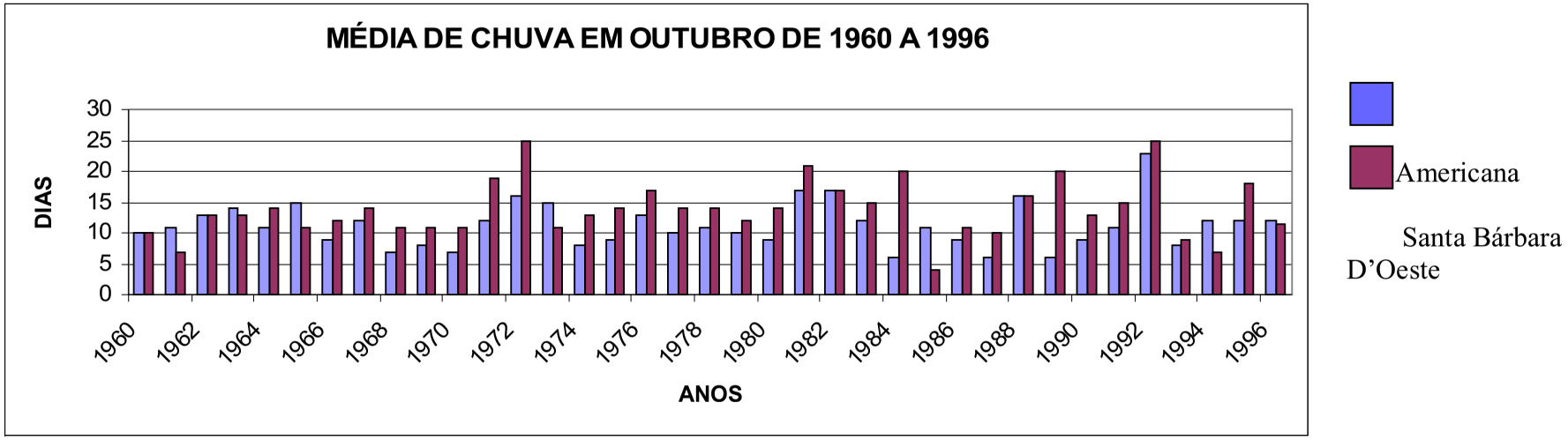


Gráfico 140

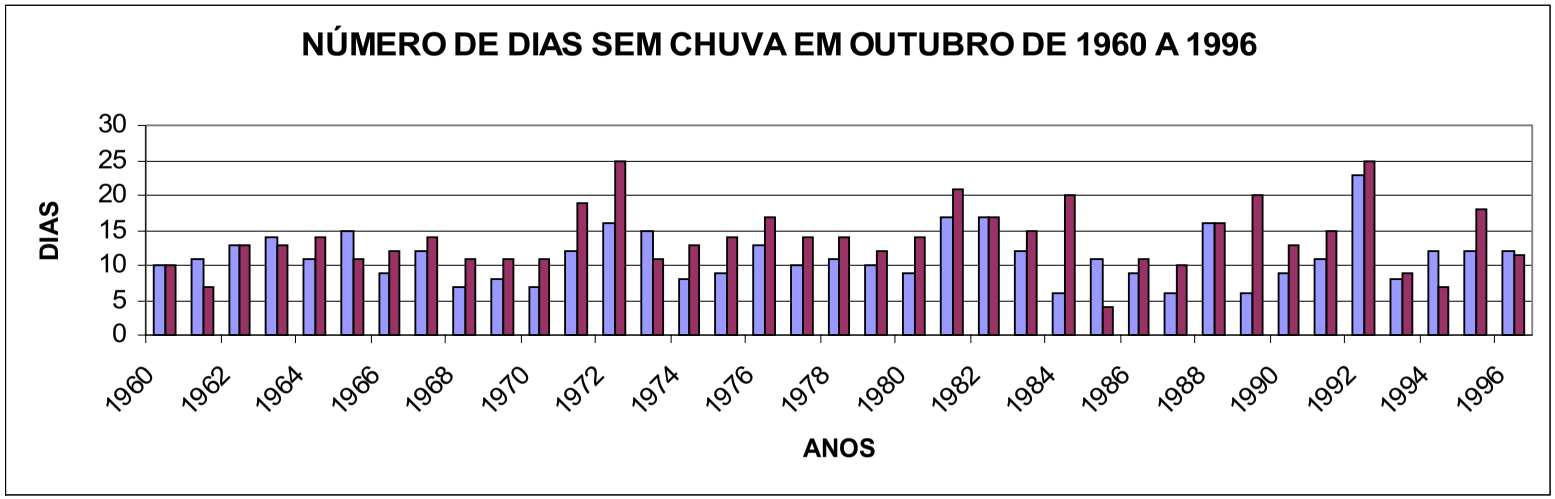


Gráfico 141

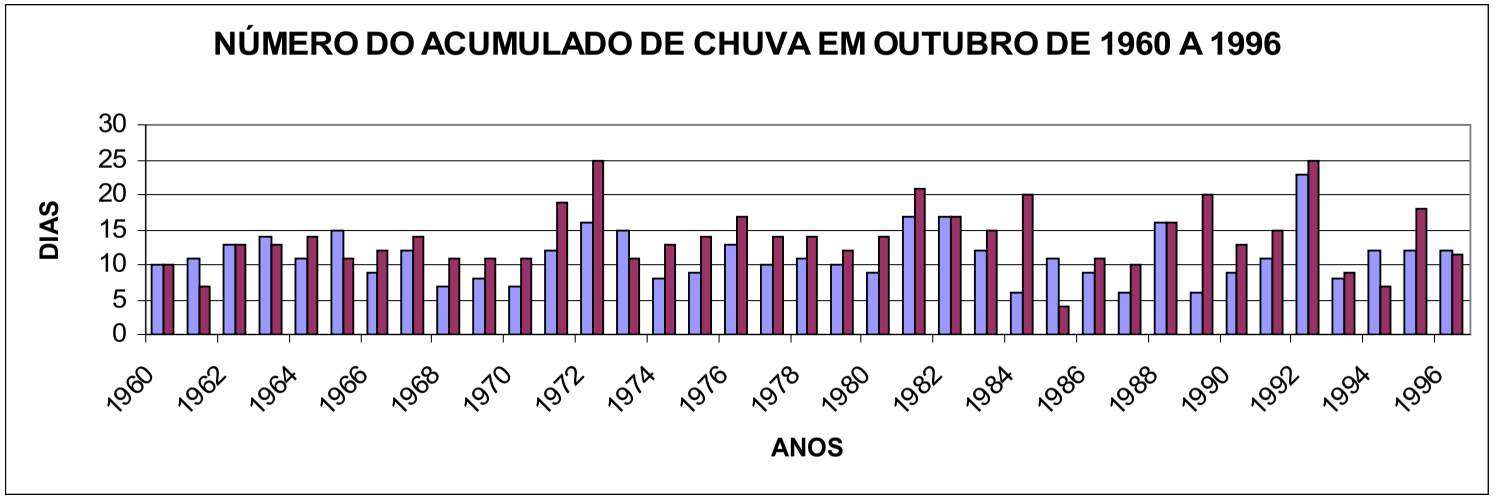


Gráfico 142

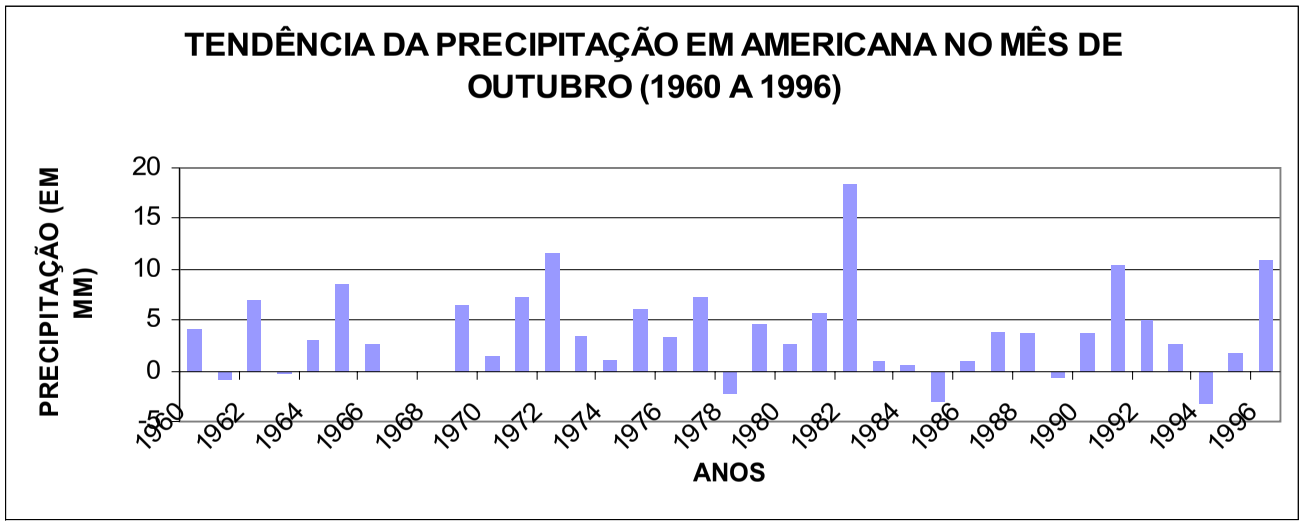
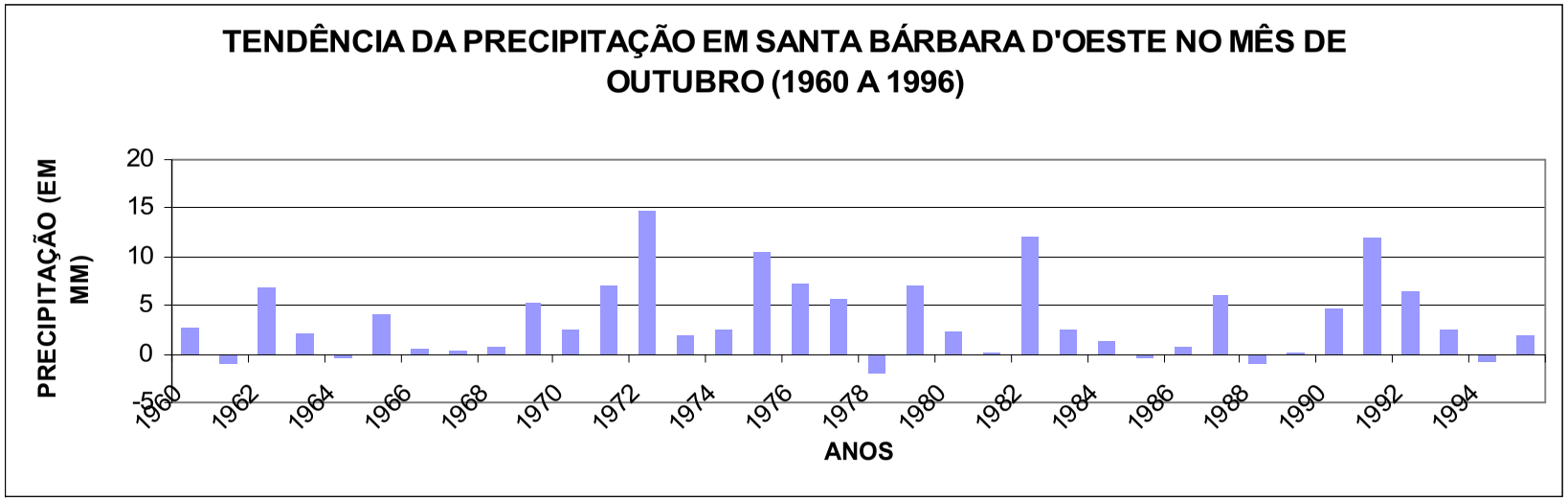


Gráfico 143



NOVEMBRO

Gráfico 144

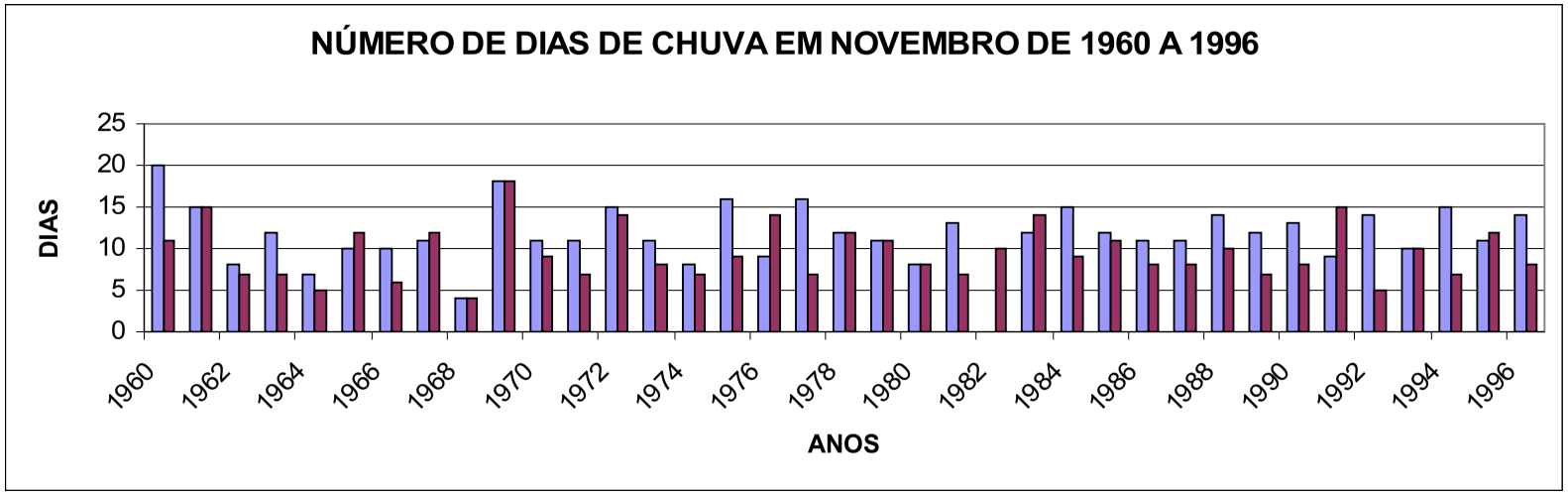


Gráfico 145

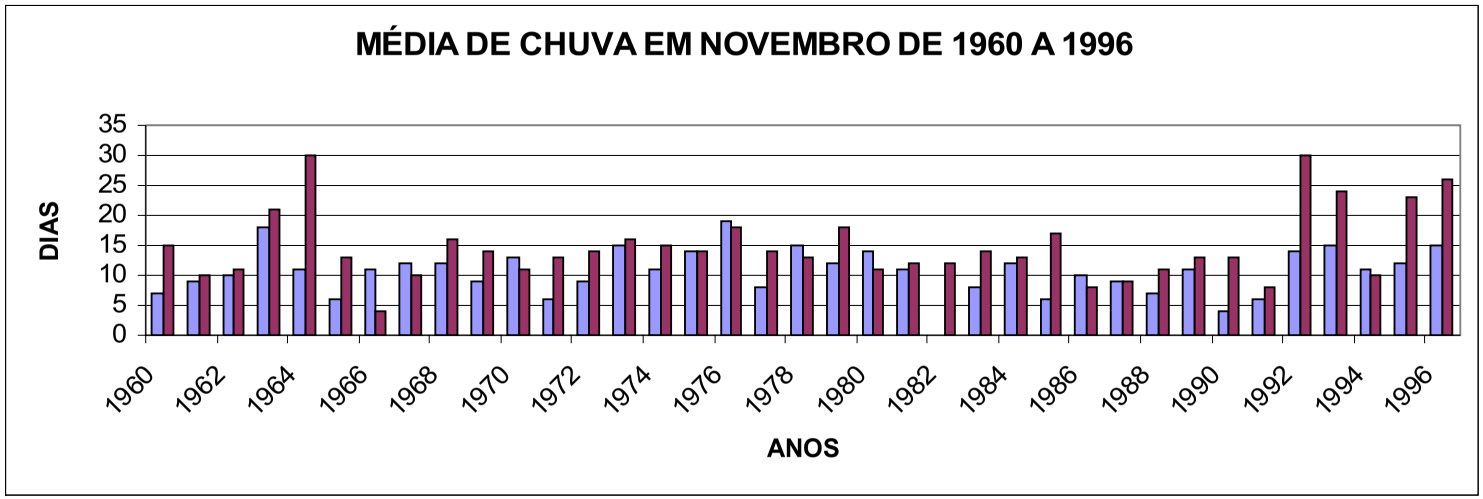


Gráfico 146

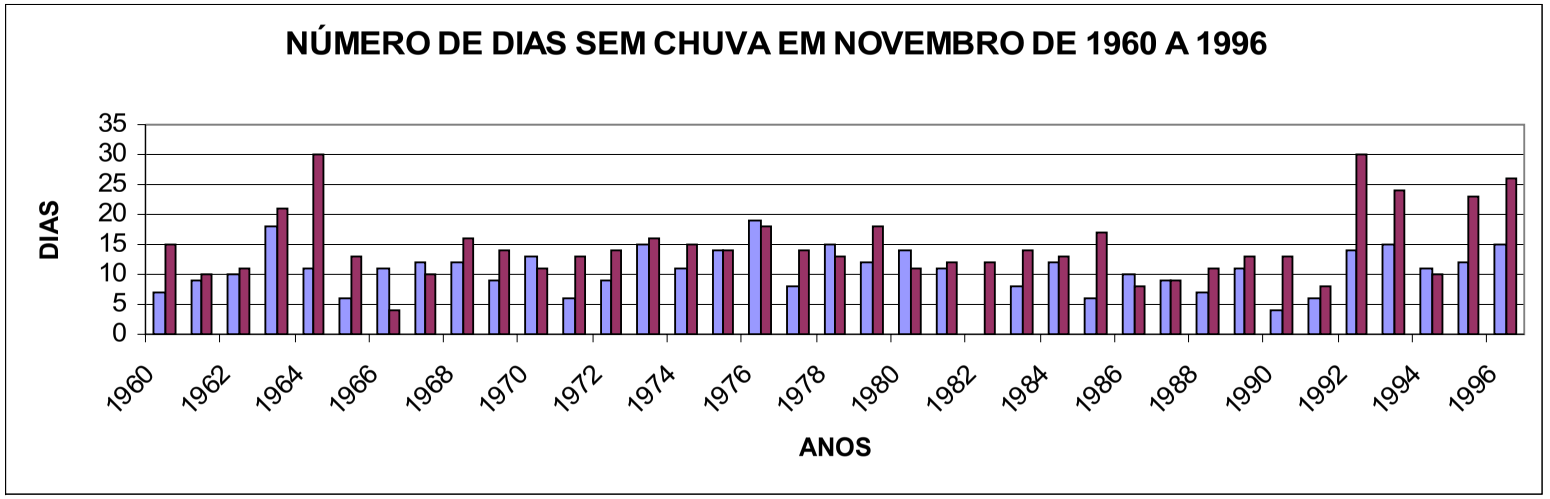


Gráfico 147

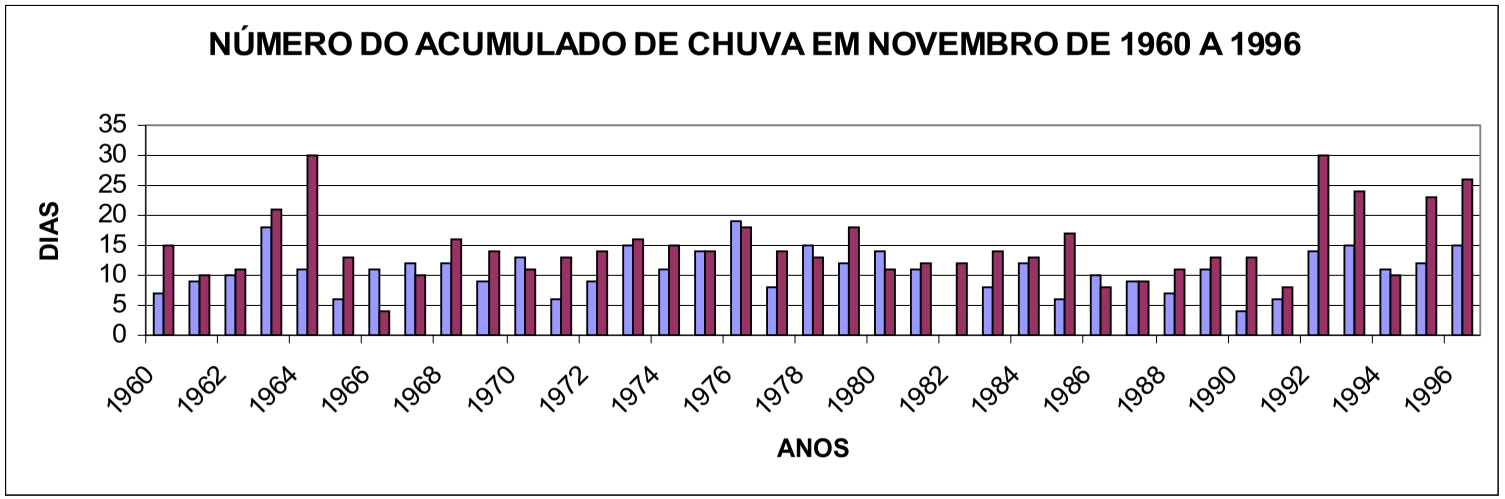


Gráfico 148

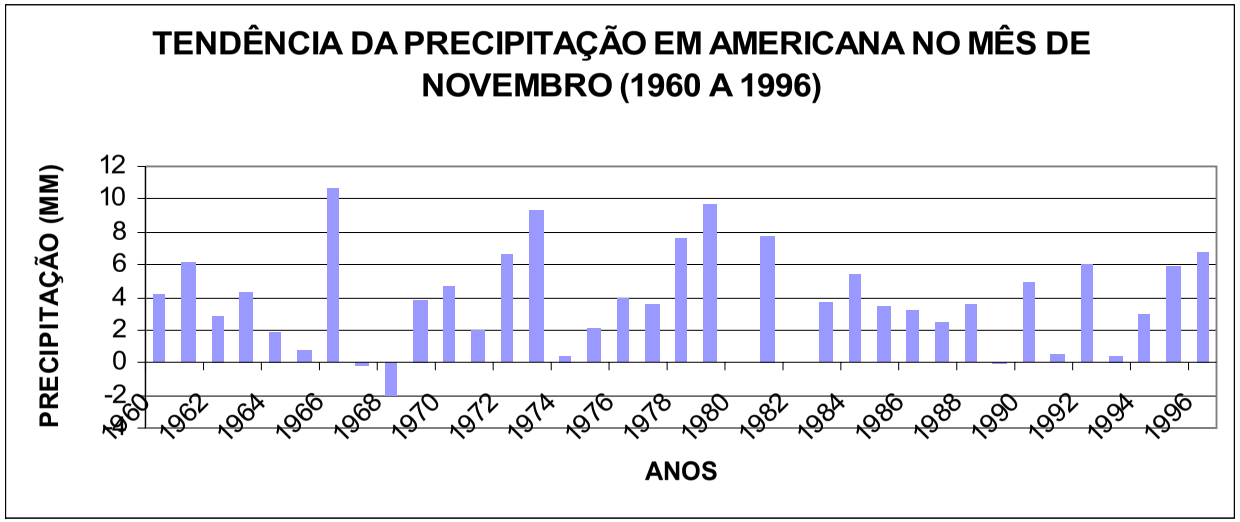
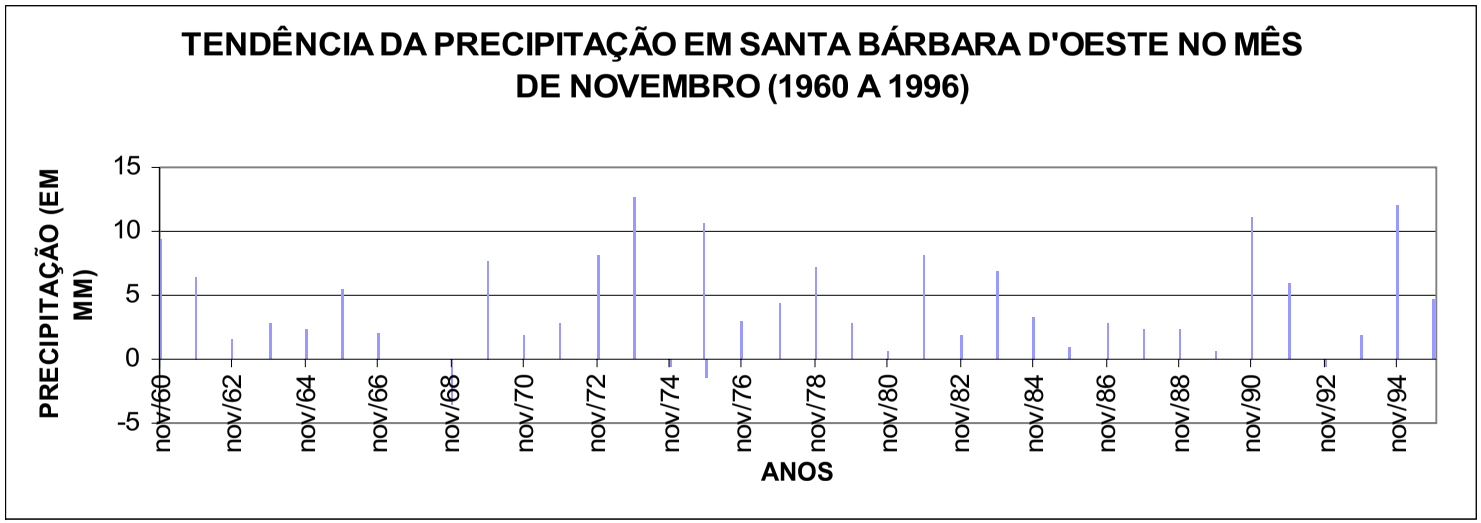


Gráfico 149



DEZEMBRO

Gráfico 150

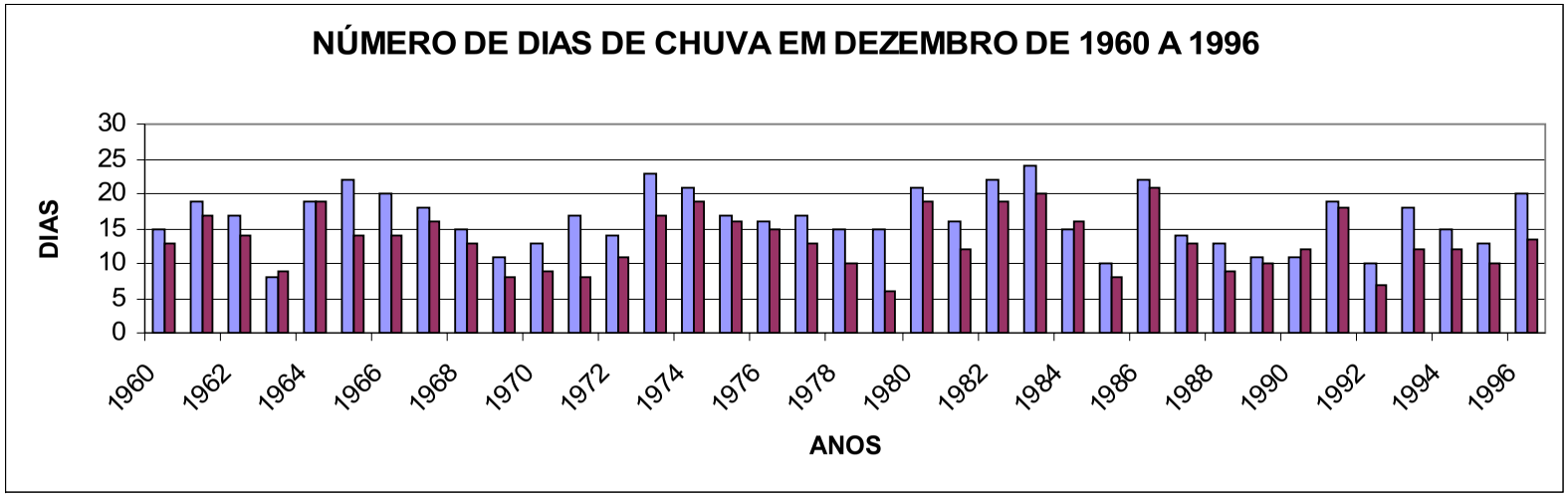
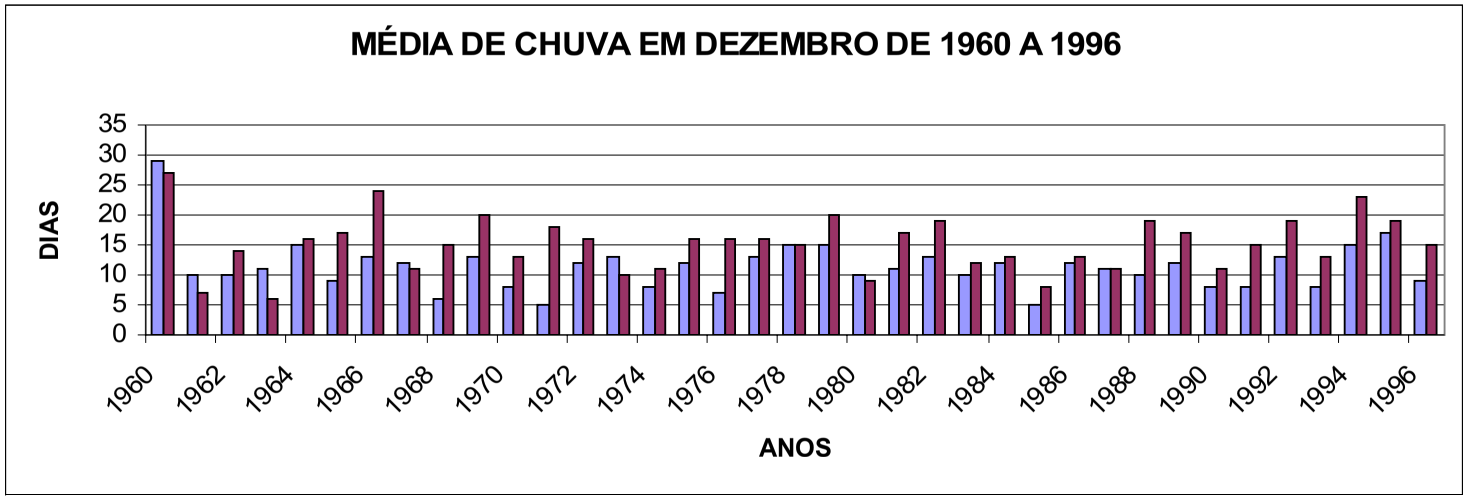


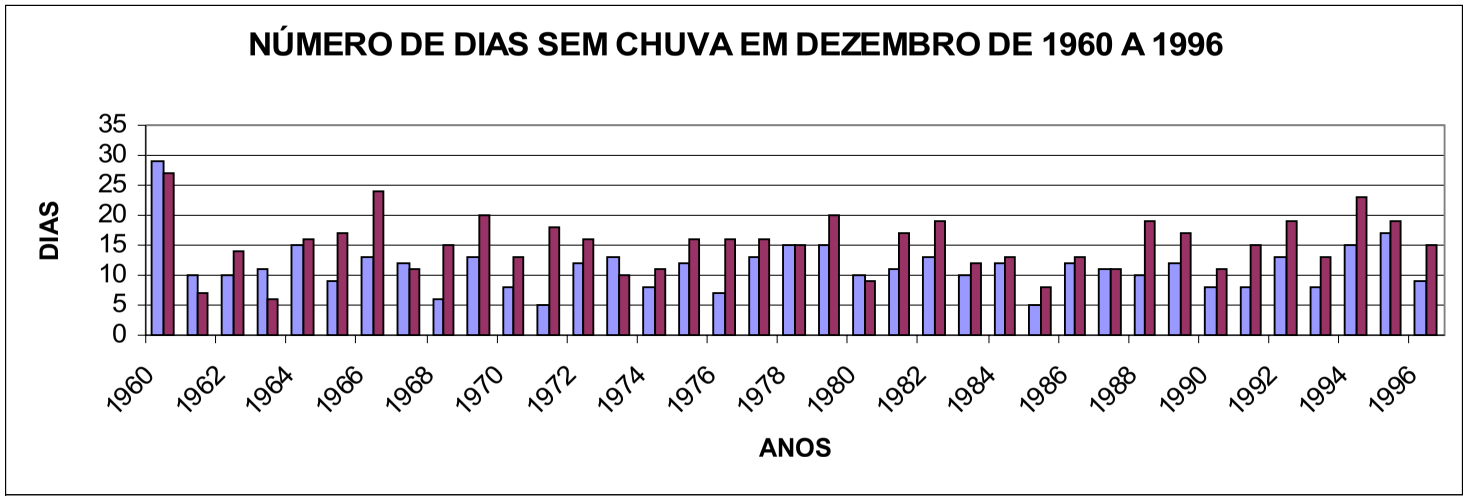
Gráfico 151



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 152



Americana

Santa Bárbara D'Oeste

Gráfico 153

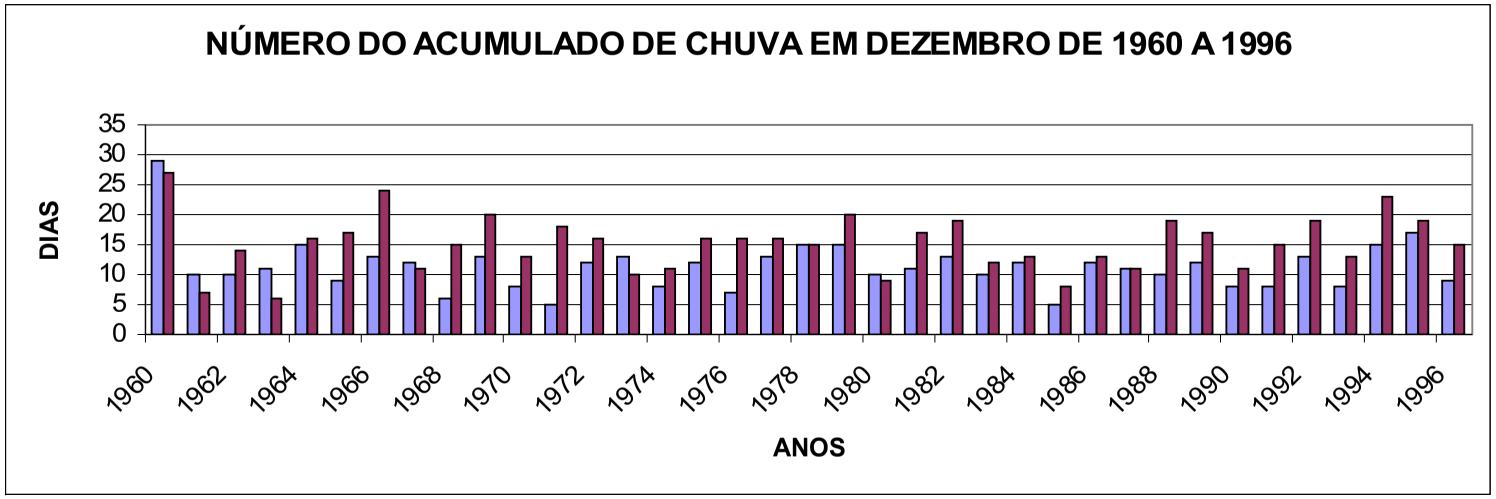


Gráfico 154

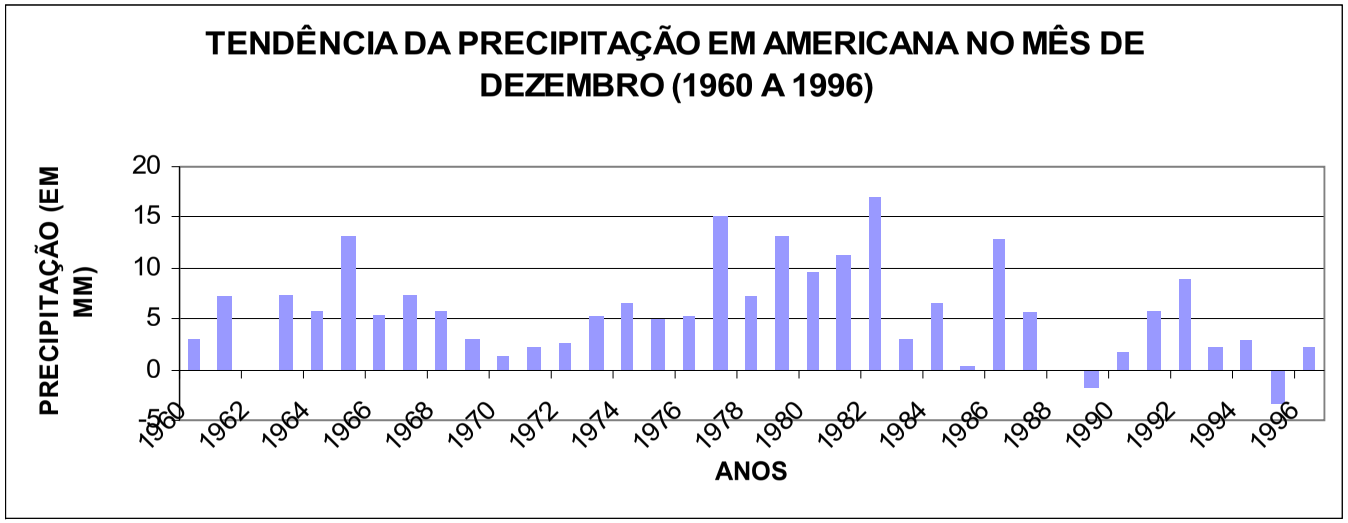
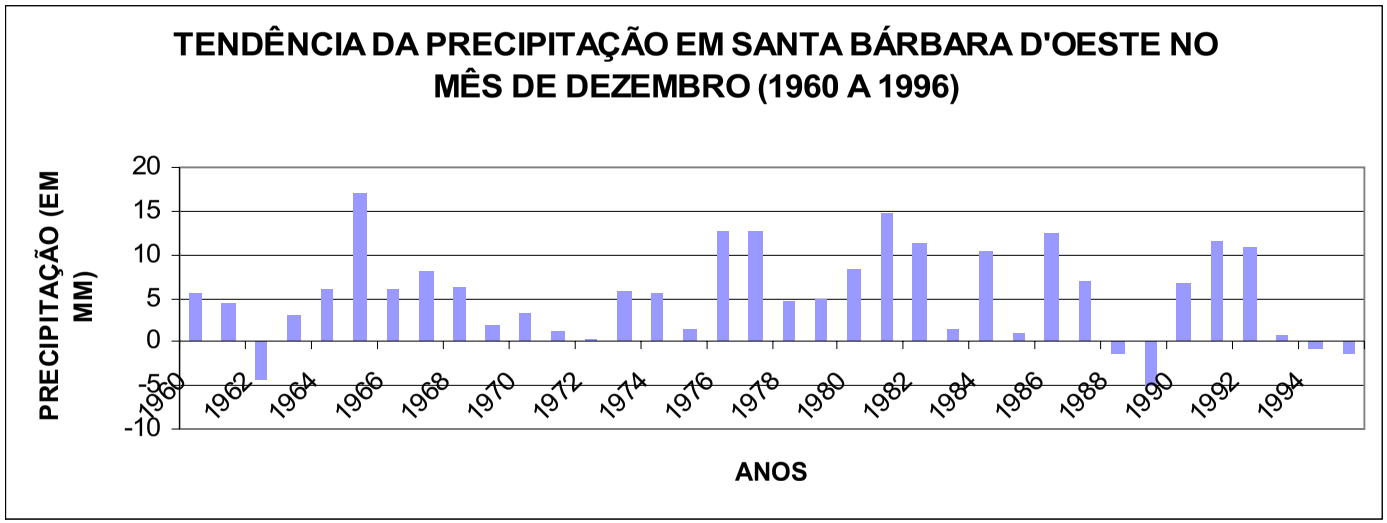


Gráfico 155


TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO EM SANTA BÁRBARA D'OESTE NO MÊS DE DEZEMBRO (1960 A 1996)
PRECIPITAÇÃO (EM MM)
20
15
10
5
0
-5
-10
1960
1962
1964
1966
1968
1970
1972
1974
1976
1978
1980
1982
1984
1986
1988
1990
1992
1994
ANOS

Comparativo

Média e Desvio Padrão (Todos os gráficos realizados por Sousa, 2007)

Gráfico 156

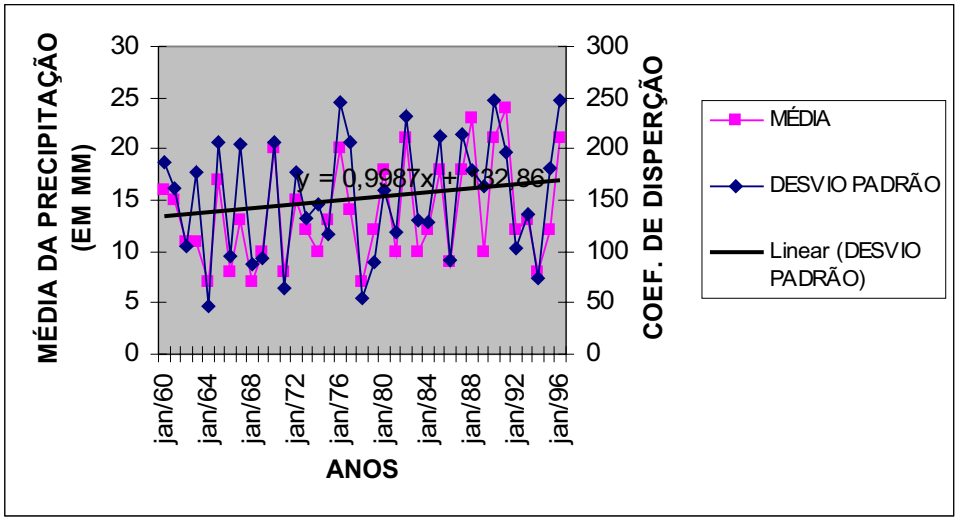


Gráfico 157

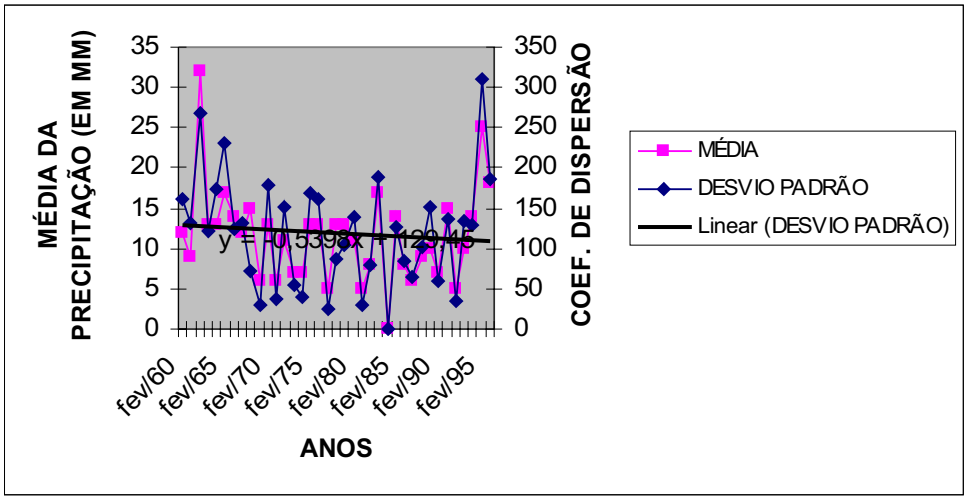


Gráfico 158

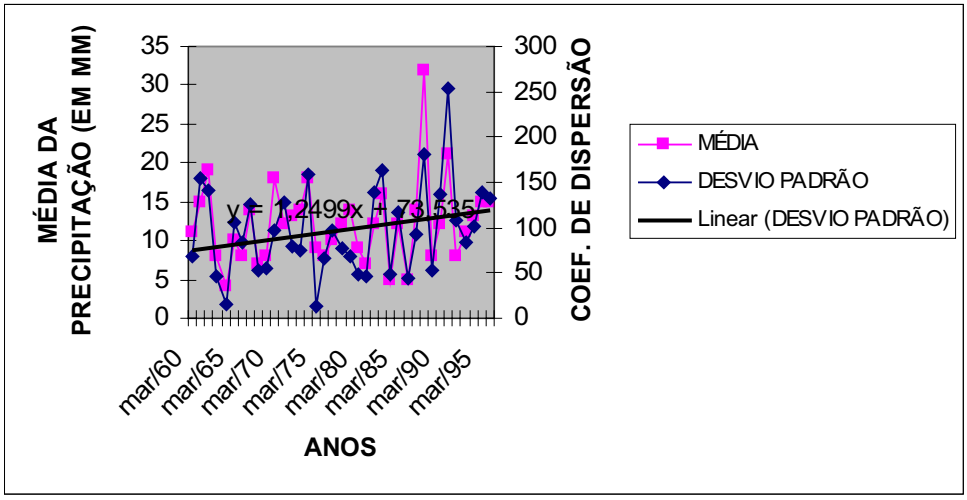


Gráfico 159

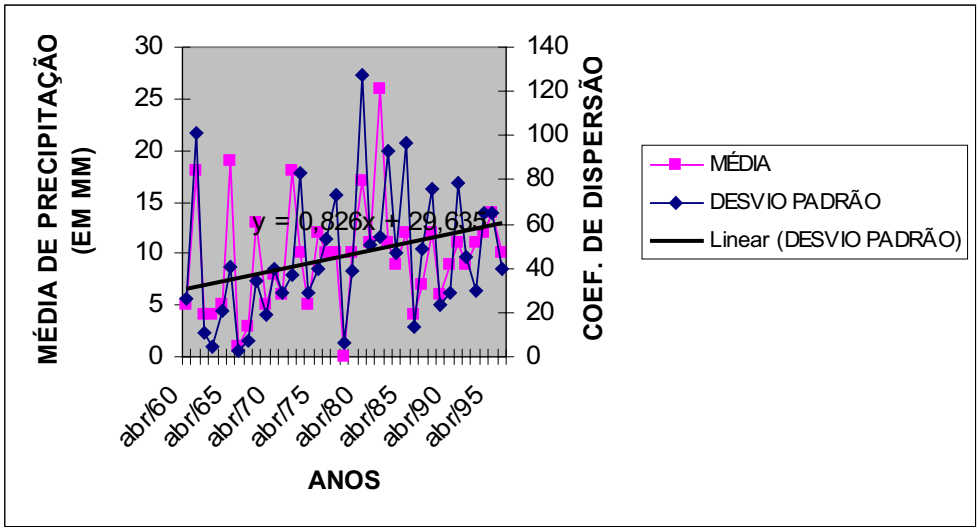


Gráfico 160

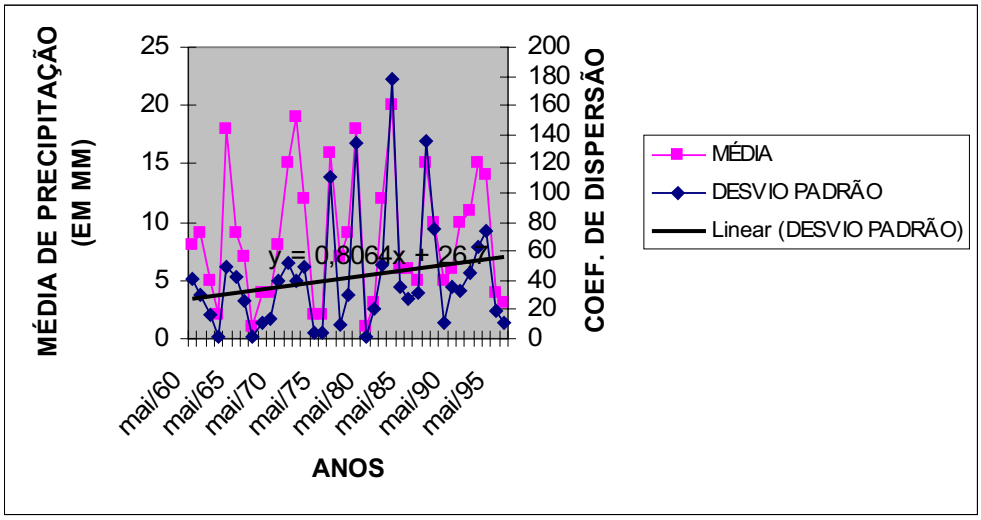


Gráfico 161

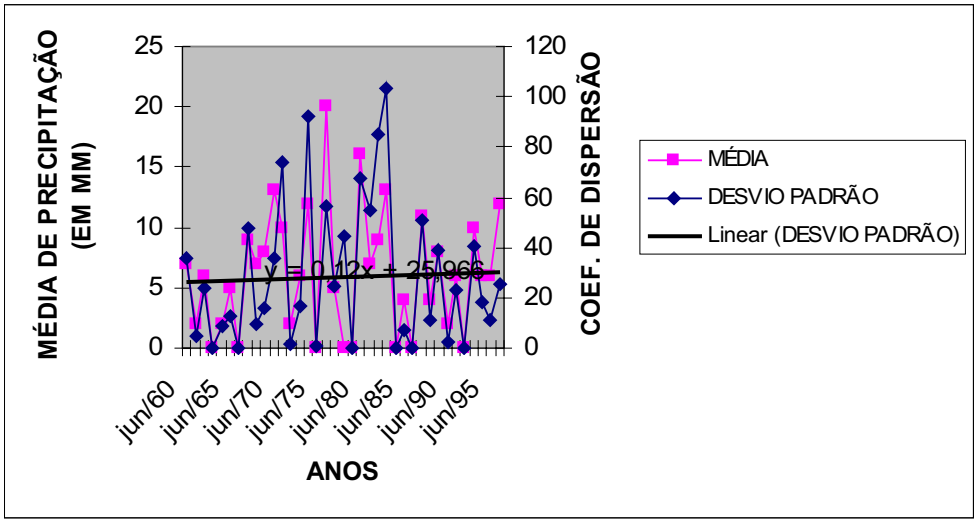


Gráfico 162

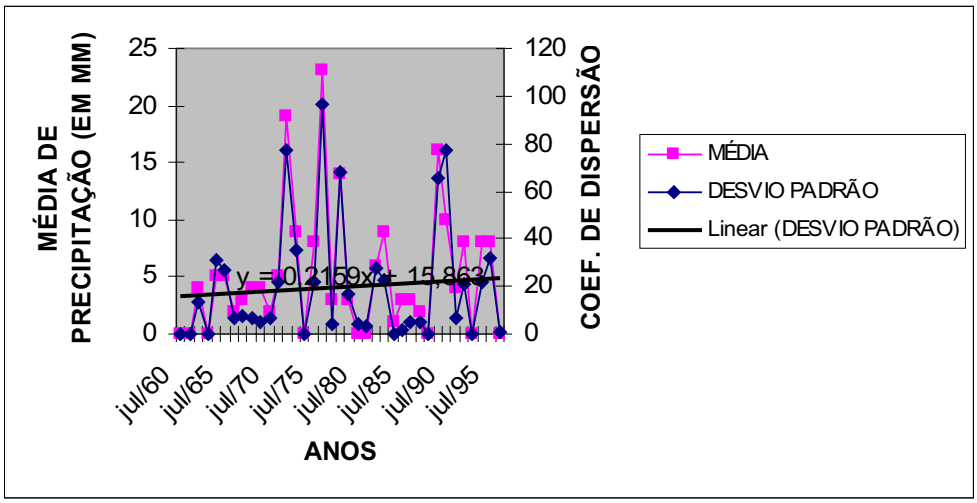


Gráfico 163

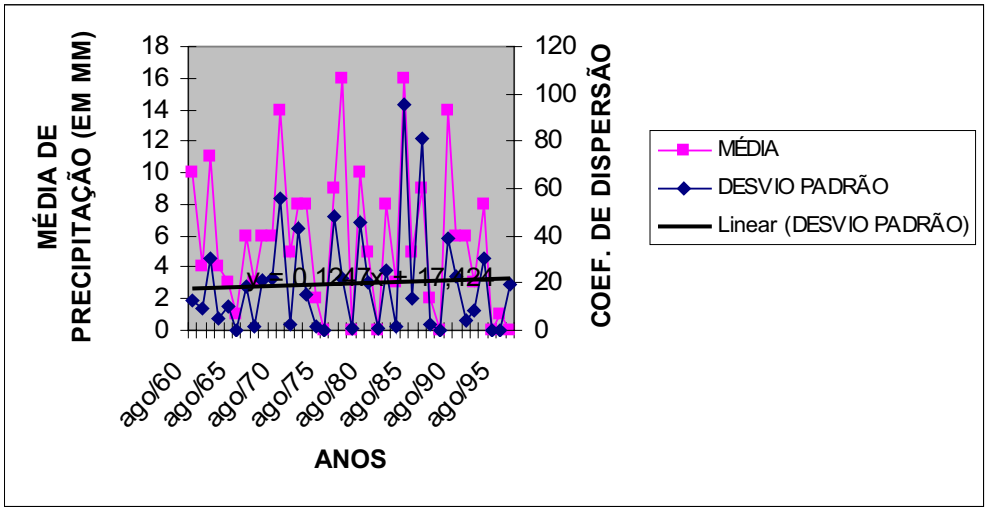


Gráfico 164

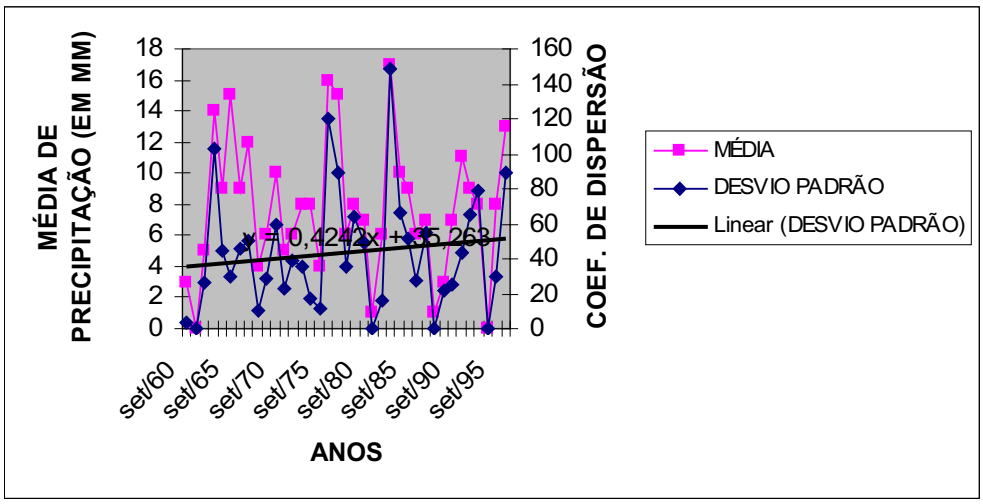


Gráfico 165

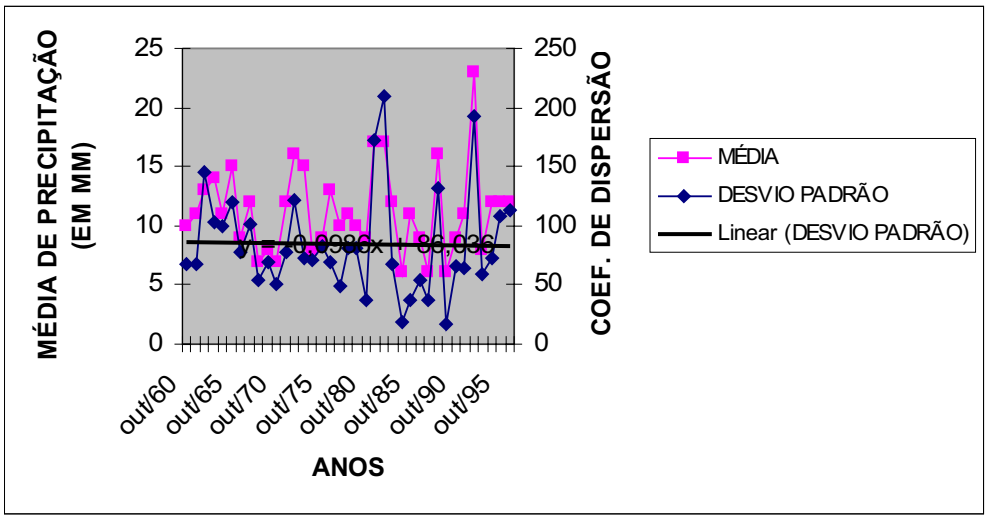


Gráfico 166

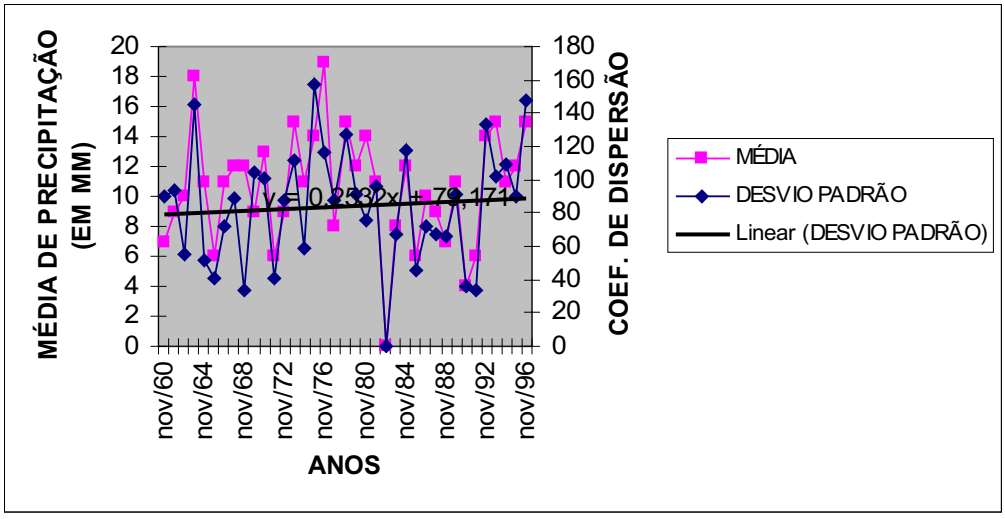
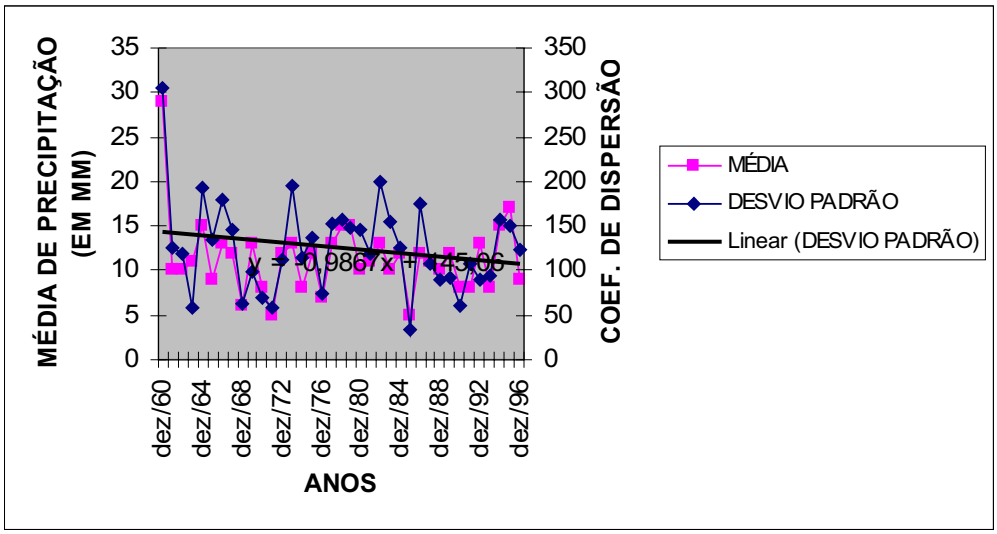


Gráfico 167



Santa Bárbara D'Oeste

Média e Desvio Padrão

Gráfico 168

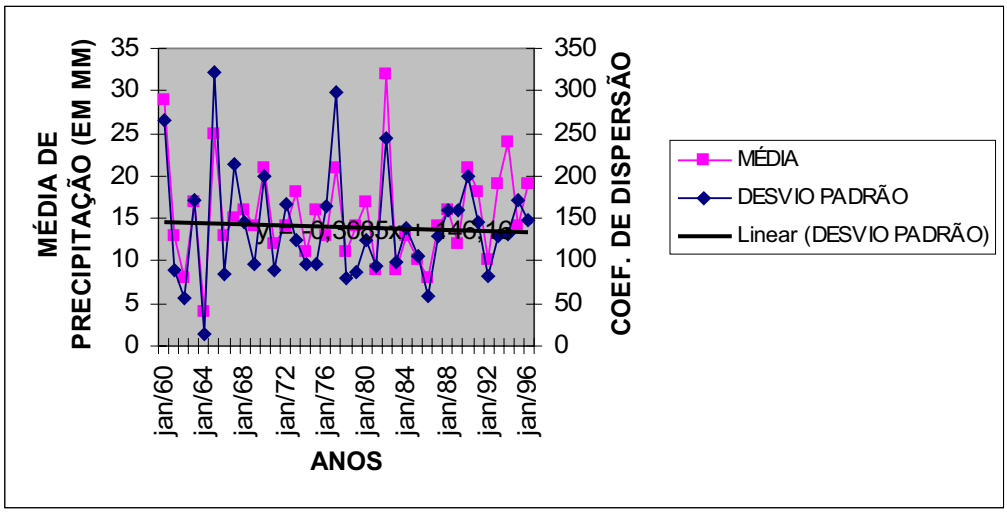


Gráfico 169

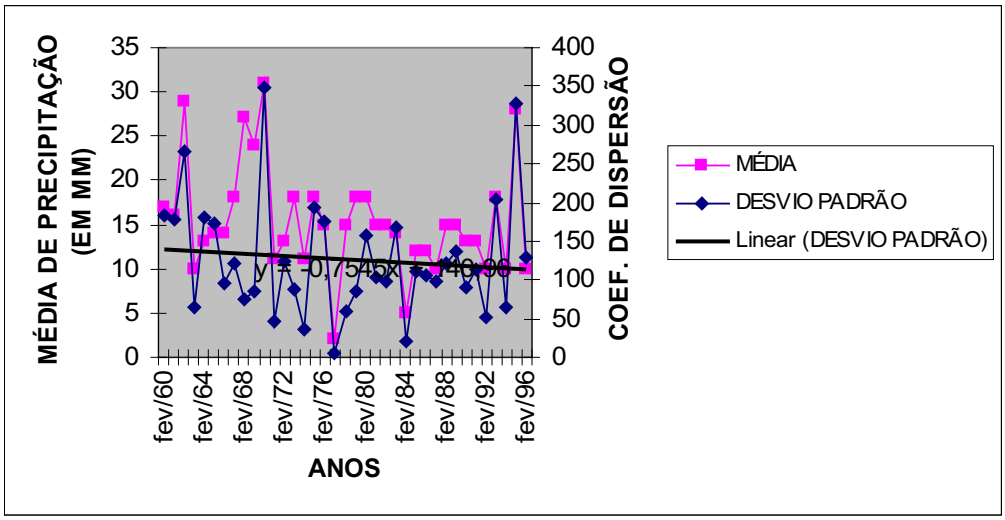


Gráfico 170

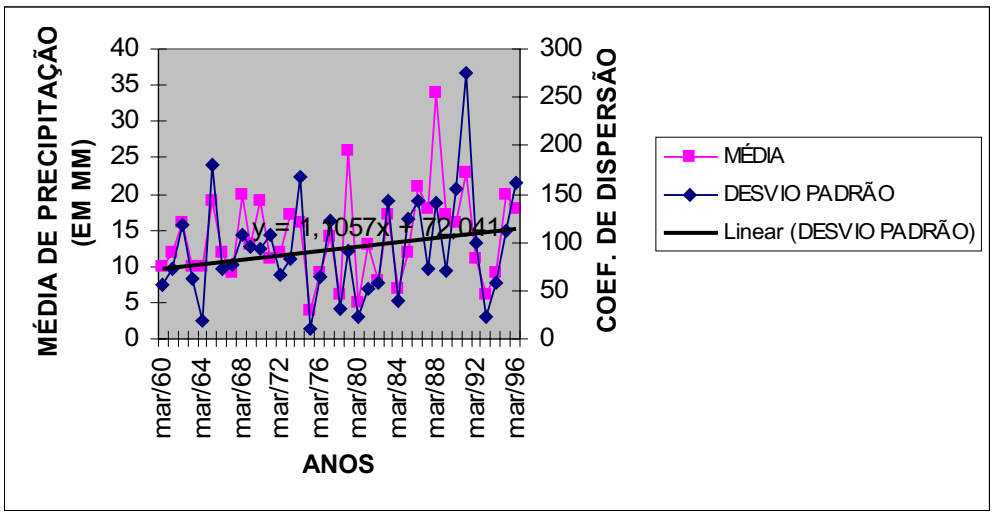


Gráfico 171

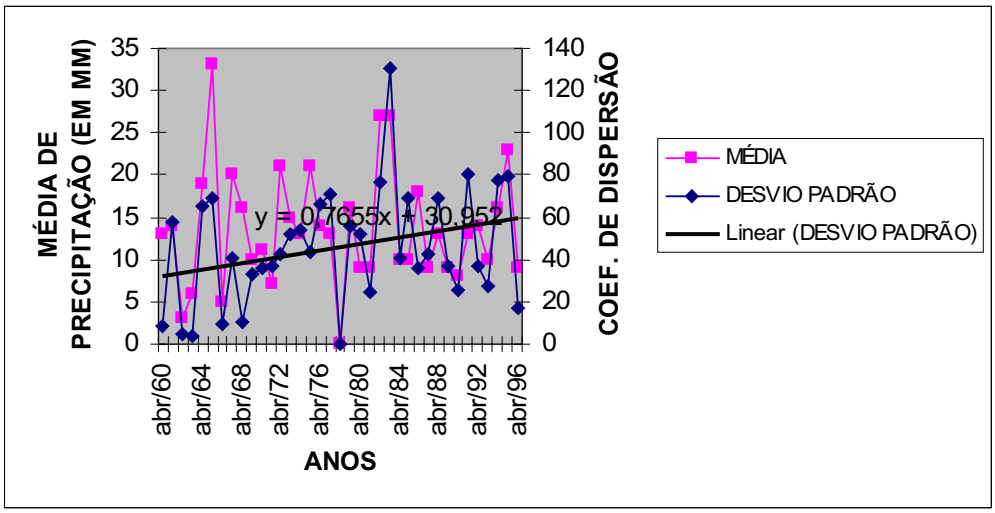


Gráfico 172

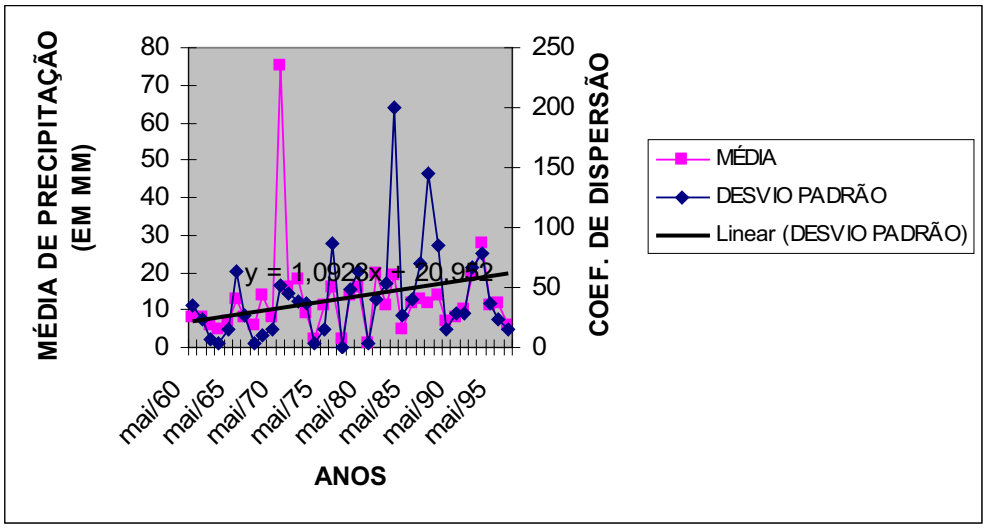


Gráfico 173

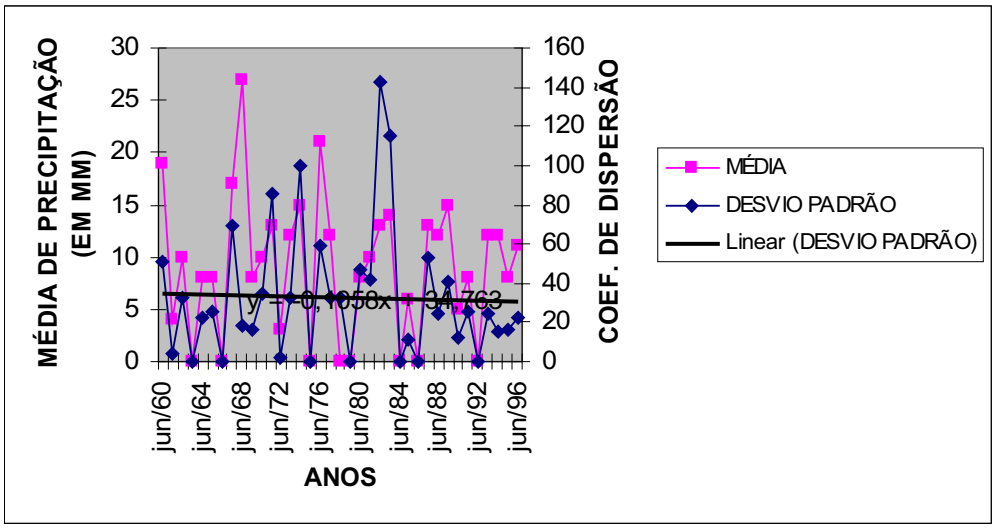


Gráfico 174

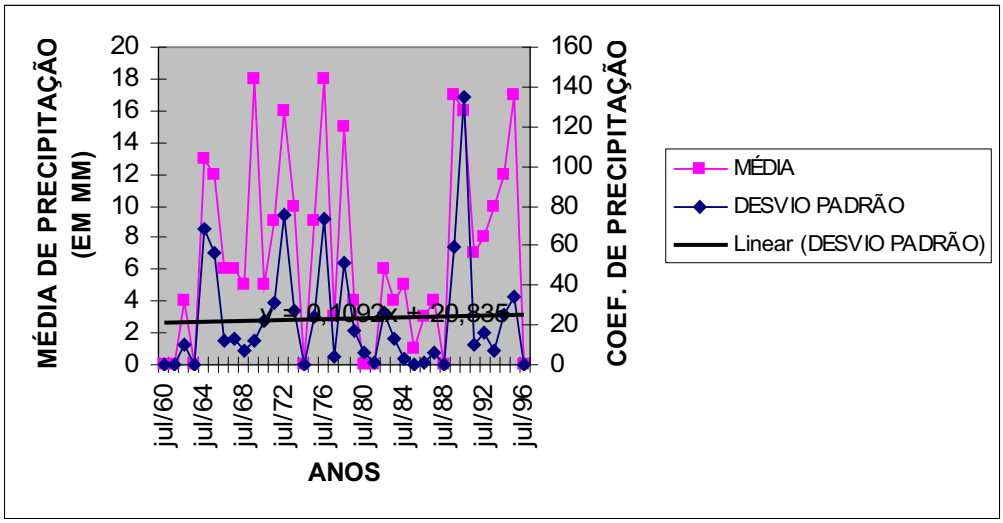


Gráfico 175

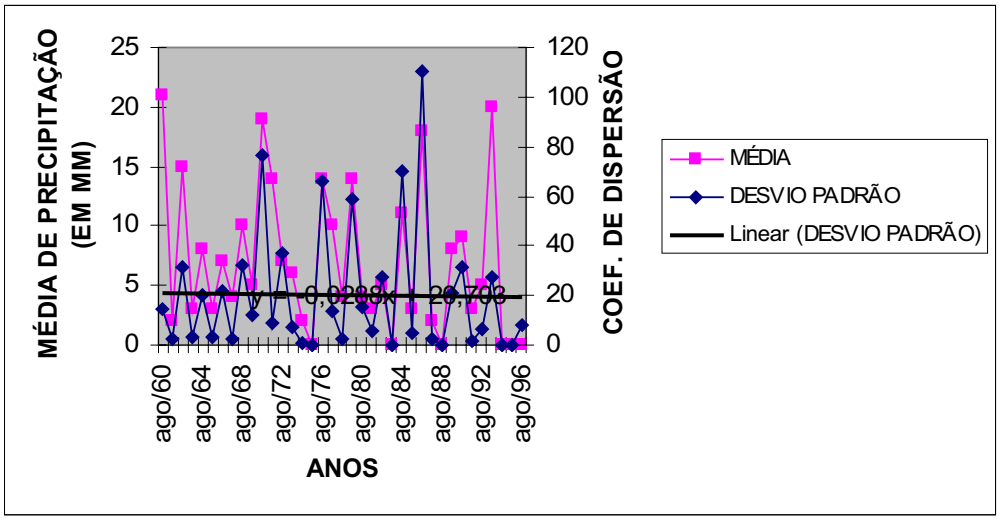


Gráfico 176

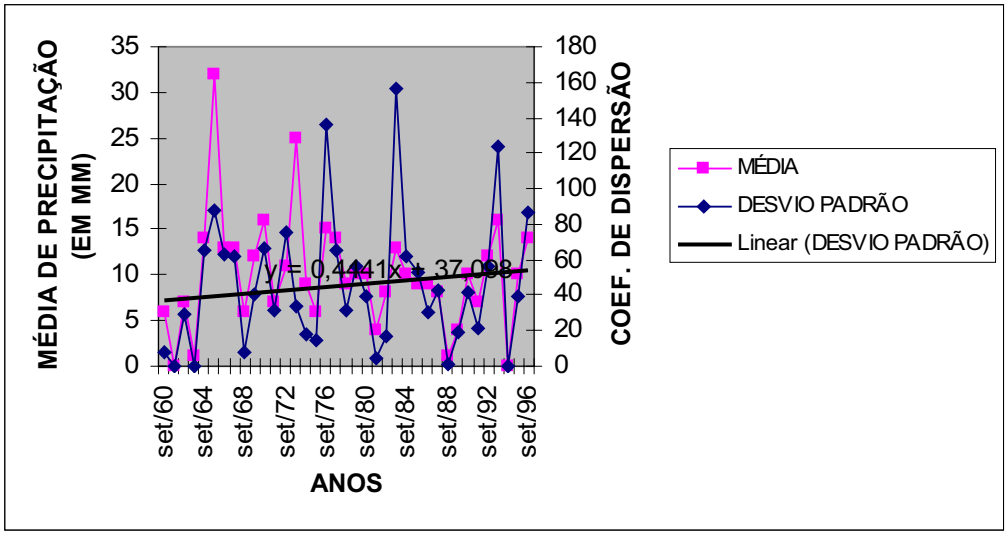


Gráfico 177

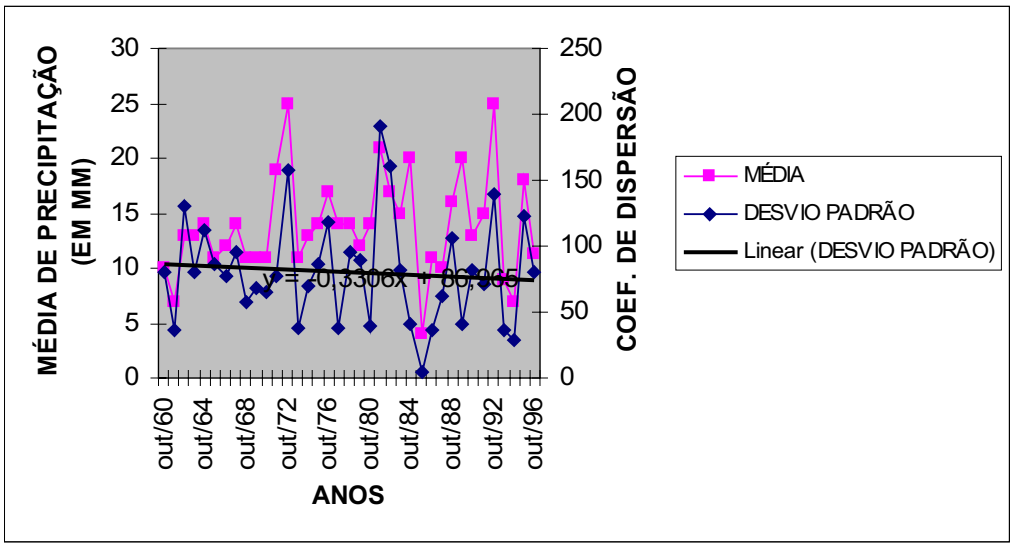


Gráfico 178

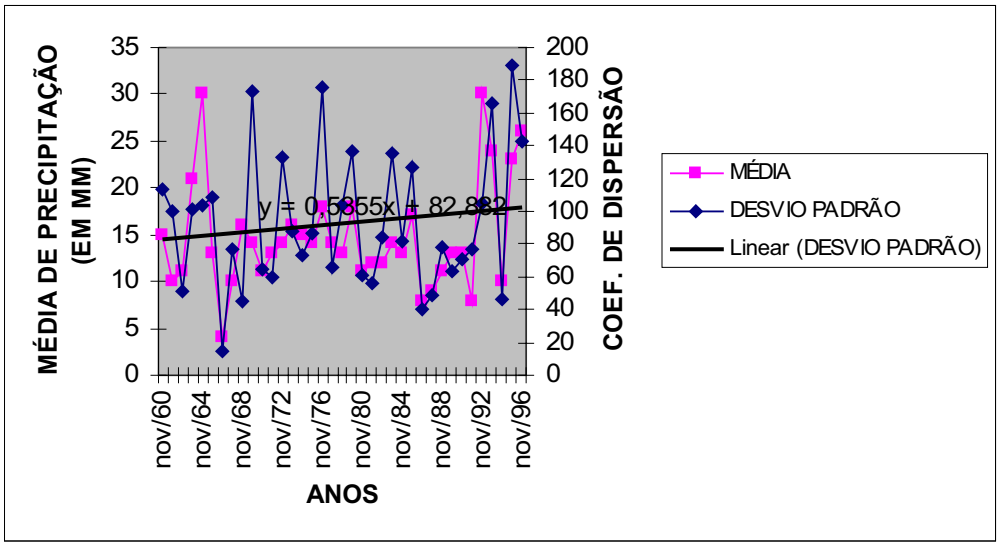
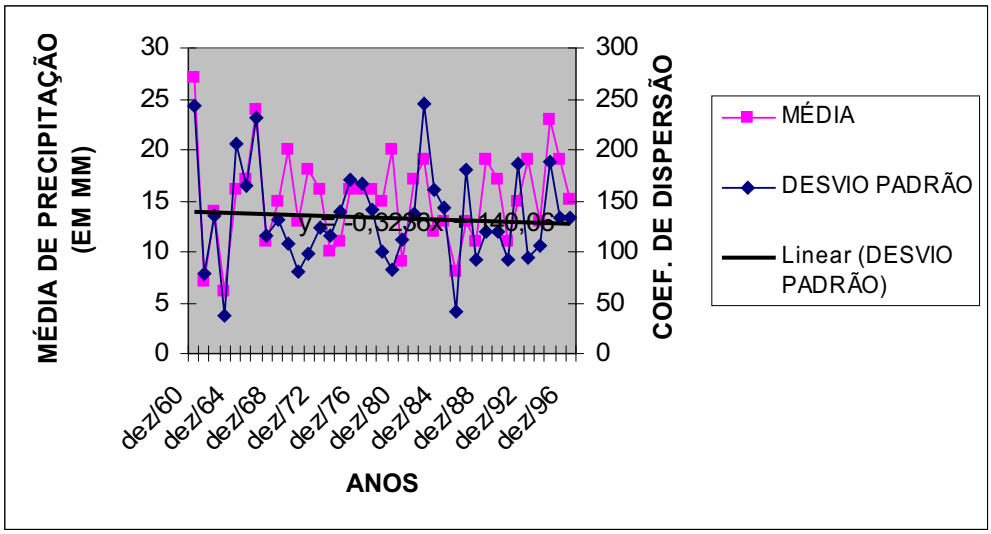


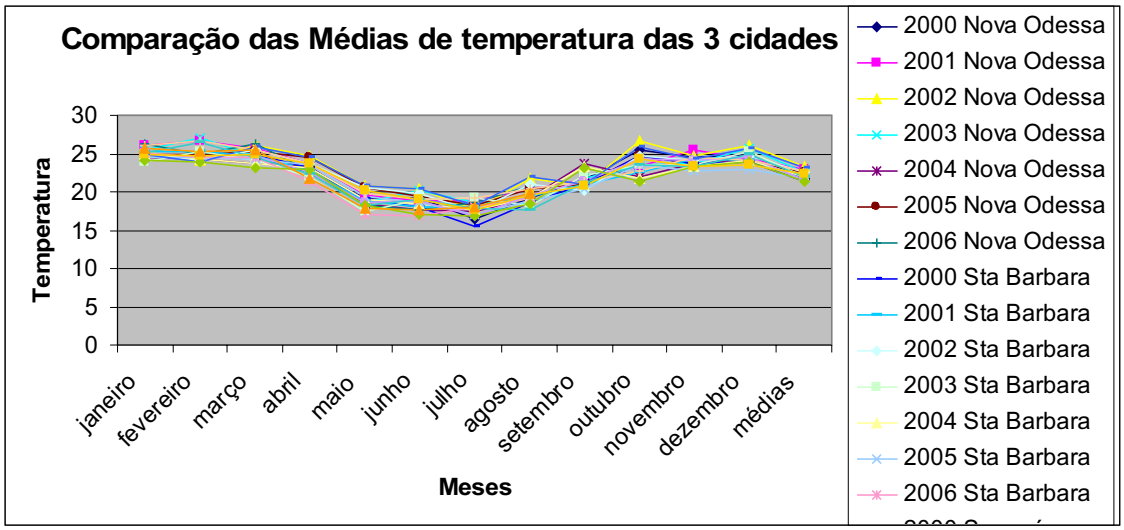
Gráfico 179



Santa Bárbara D'Oeste

Total do P eríodo

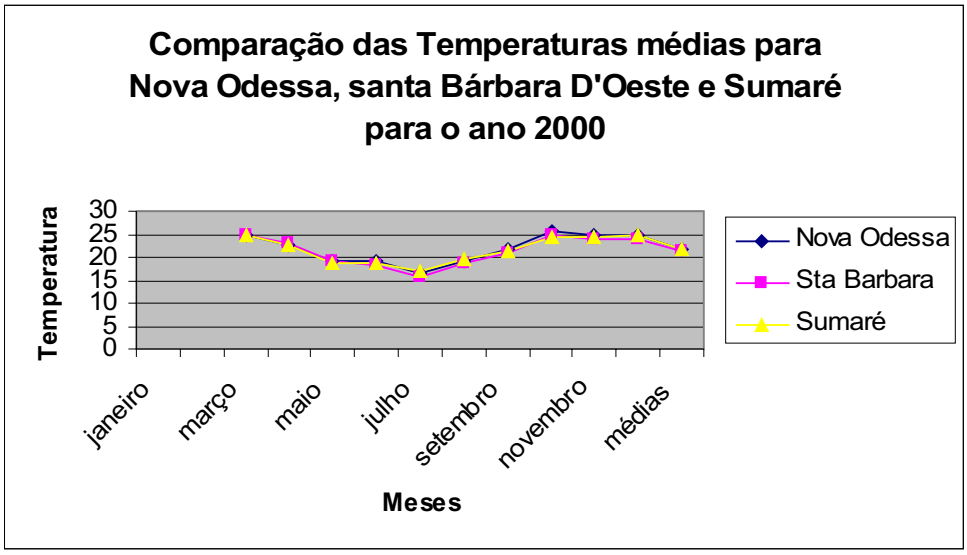
Gráfico 180



Fonte: Sousa. 2006.

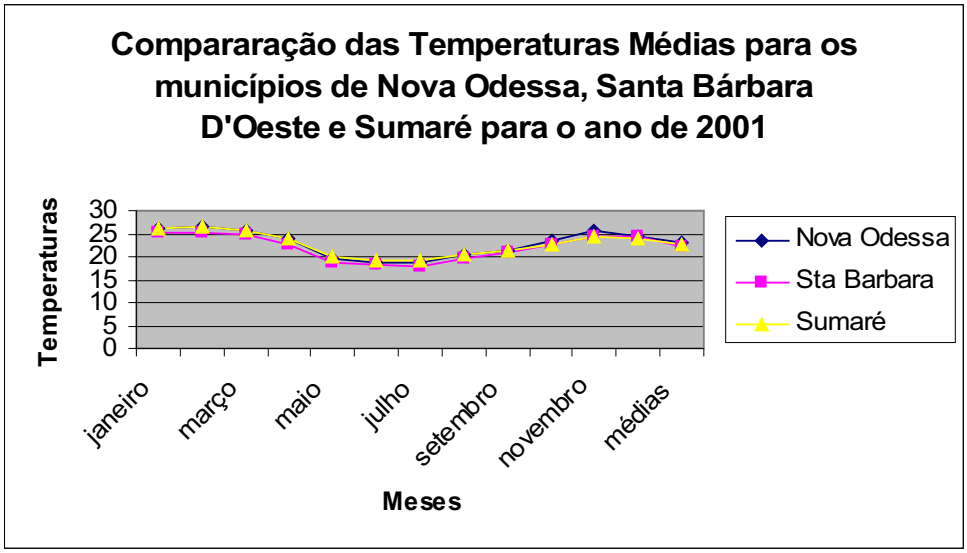
Comparação das Médias de temperatura ano a ano

Gráfico 181



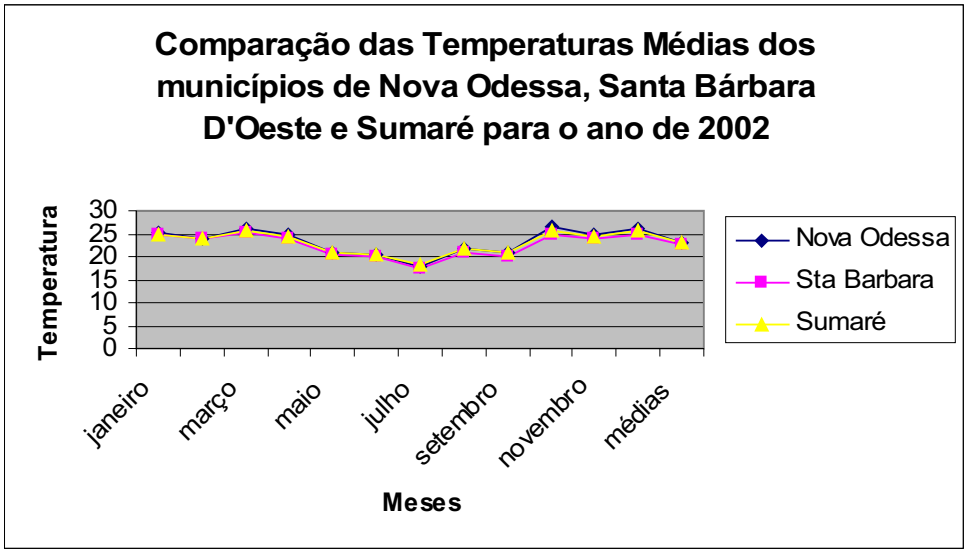
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 182



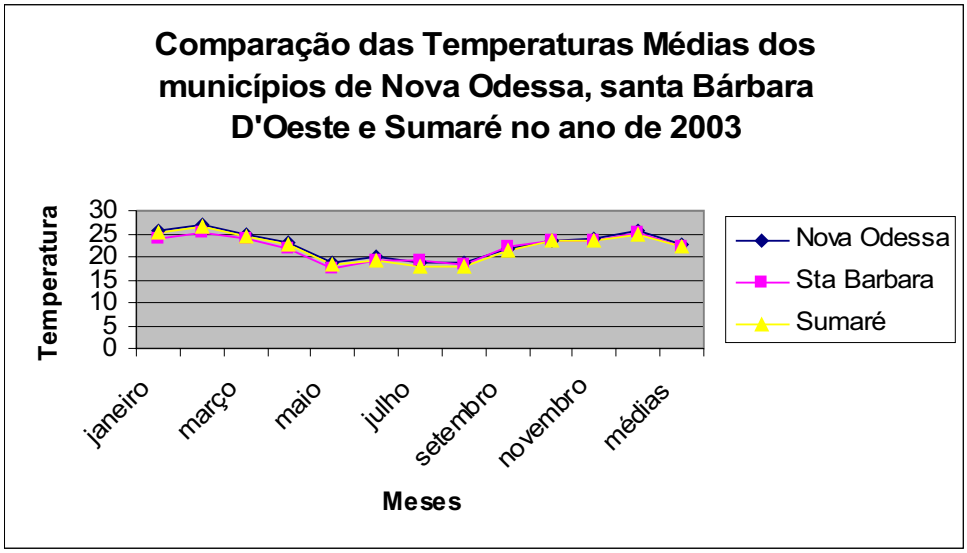
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 183



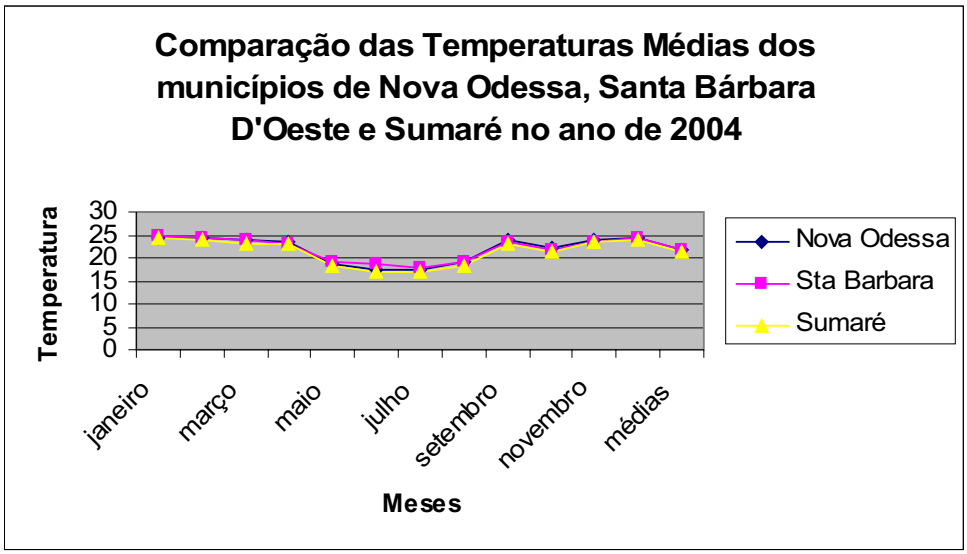
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 184



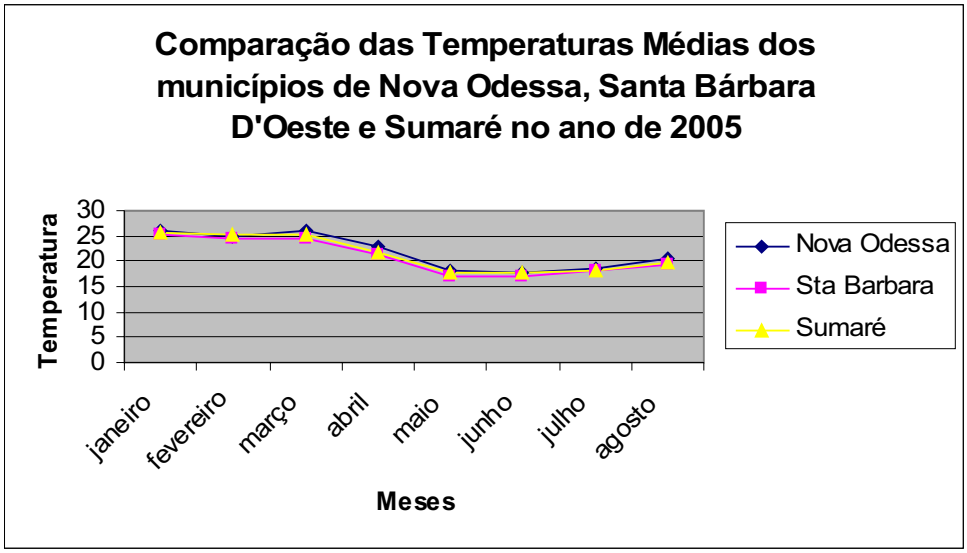
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 185



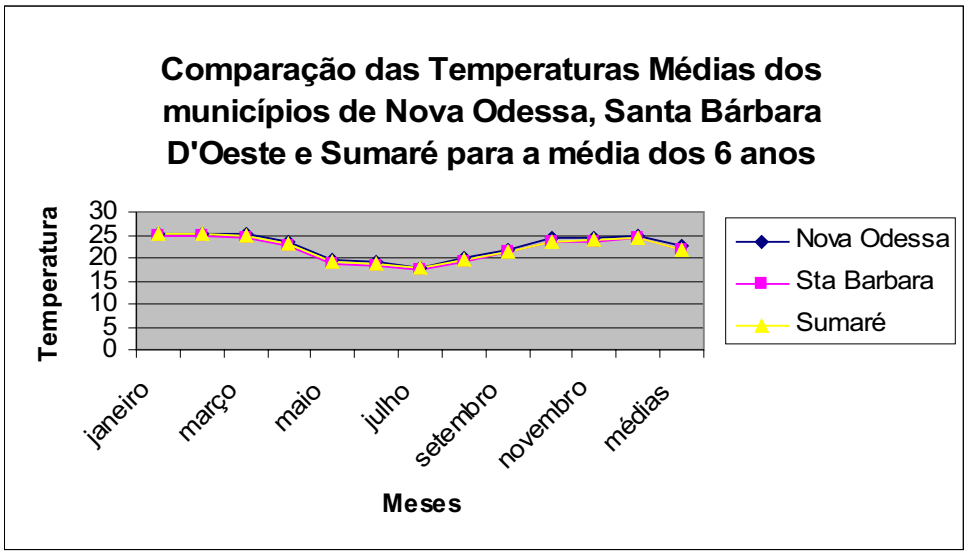
Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 186



Fonte: Sousa. 2006.

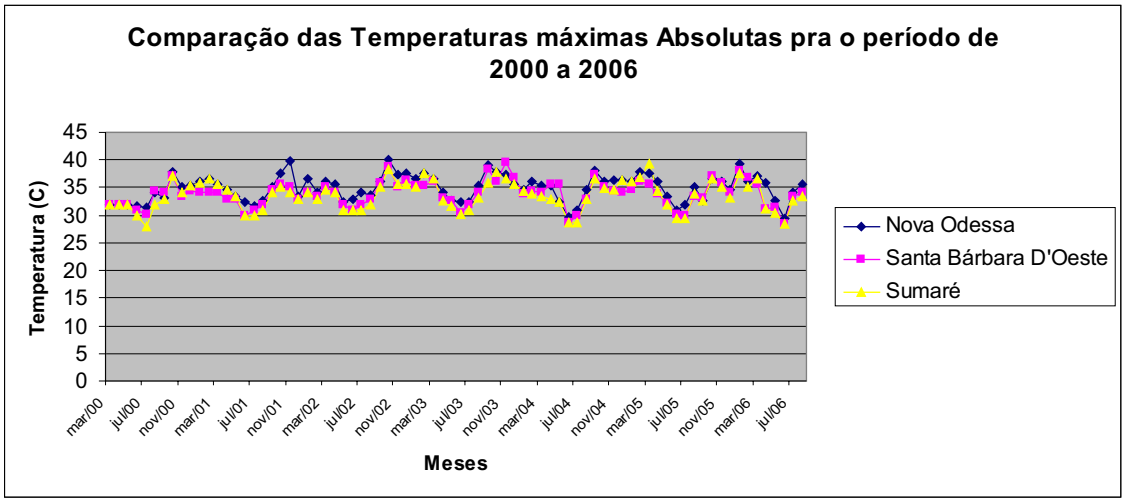
Gráfico 187



Fonte: Sousa. 2006.

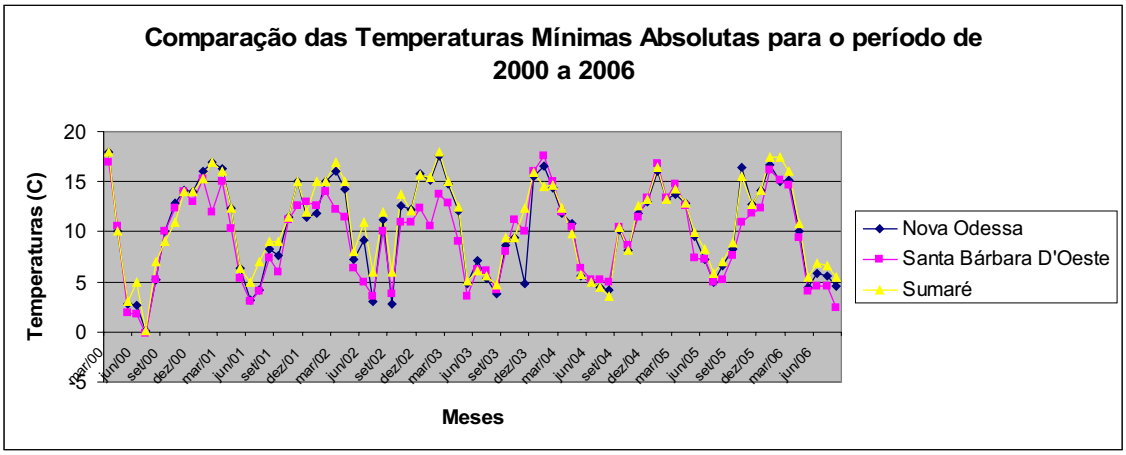
Comparação das temperaturas máximas e mínimas do período analisado (2000 a 2006)

Gráfico 188



Fonte: Sousa. 2006.

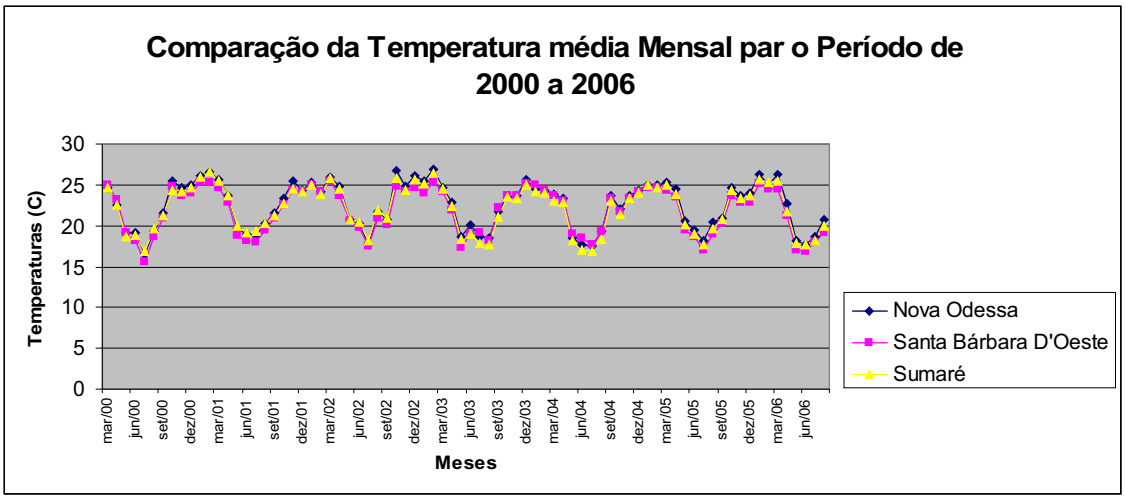
Gráfico 189



Fonte: Sousa. 2006.

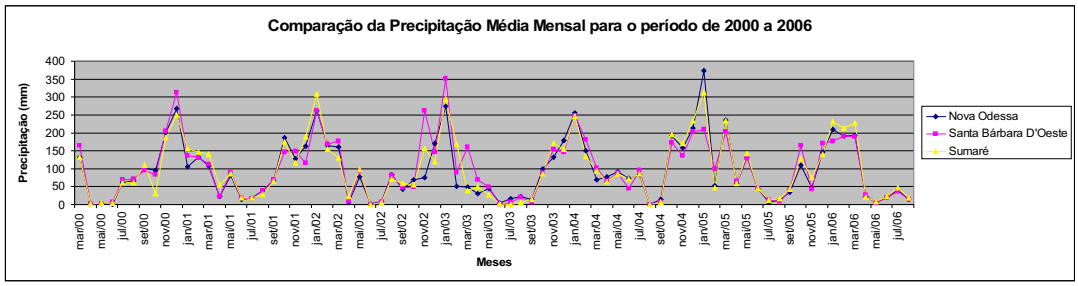
Comparação das Médias Mensais de Temperatura e Precipitação

Gráfico 190



Fonte: Sousa. 2006.

Gráfico 191



Fonte: Sousa. 2006.