

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA VARIAÇÃO DA
TEMPERATURA EM DIFERENTES LOCALIDADES DA CIDADE DE CURITIBA**

FRANCINE AIDIE ROSSI

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo L. Krüger

CURITIBA

2004

FRANCINE AIDIE ROSSI

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA VARIAÇÃO DA
TEMPERATURA EM DIFERENTES LOCALIDADES DA CIDADE DE CURITIBA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo L. Krüger

CURITIBA

2004

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que este trabalho fosse desenvolvido da melhor maneira possível.

Ao Profº Eduardo Krüger, pela sua orientação e contribuição;

À Profª Inês Moresco Danni-Oliveira, pelas sugestões e estímulo;

Ao Profº Raul M. P. Friedmann, pelo empréstimo do aparelho GPS;

Ao Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR – pelo fornecimento dos dados climáticos;

À Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A., pelo fornecimento das aerofotos;

À Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, pelo fornecimento do material cartográfico;

À CAPES, pelo auxílio financeiro;

À Isabel Borba, mestranda do PPGTE, pela ajuda na instalação dos aparelhos;

Ao Eduardo de Paula, mestrando da Geografia/UFPR, pelas dicas e ajuda prestada ao longo do trabalho;

À equipe de motoristas do CEFET-PR, pelo transporte realizado aos pontos de monitoramento;

Aos meus pais Dorival e Eda, pela ajuda, apoio e incentivo e;

Ao Luiz Fernando, pelo seu carinho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 DESENVOLVIMENTO URBANO EM CURITIBA.....	19
2.2 DESENHO URBANO SOB O ASPECTO BIOCLIMÁTICO.....	24
2.3 CLIMA URBANO	38
2.3.1 Estudos sobre Clima Urbano	40
2.3.2 Estudos Realizados no Brasil.....	47
2.4 O CLIMA DA REGIÃO SUL E DE CURITIBA	50
3 METODOLOGIA.....	54
3.1 ATUALIZAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA	55
3.2 PARÂMETROS DE ANÁLISE DA TEMPERATURA LOCAL EM FUNÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO	56
3.2.1 Definição do Período de Monitoramento da Temperatura e Umidade	56
3.2.2 Escolha dos Locais para Monitoramento	57
3.2.3 Parâmetros de Análise da Ocupação do Solo.....	61
3.2.4 Parâmetros de Análise da Temperatura em Função da Ocupação do Solo ...	62
3.2.5 Parâmetros de Análise do Traçado das Isotermas	63
3.2.6 Parâmetros de Análise do Conforto Térmico	63
3.3 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SINÓTICAS	64
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	66
4.1 ATUALIZAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA	66
4.2 ANÁLISE DA TEMPERATURA EM FUNÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO.....	69
4.2.1 Análise dos Dados de Temperatura de 2002	69
4.2.2 Análise dos Dados de Temperatura de 2003	71
4.2.3 Análise dos Delta Ts	72

4.2.4	Análise da Ocupação do Solo	73
4.2.4.1	Dados de 2002	74
4.2.4.2	Dados de 2003	76
4.2.5	Análise da Variação de Temperatura em Função da Ocupação do Solo....	79
4.2.5.1	Análise de regressão.....	79
4.2.5.2	Análise comparativa das localidades monitoradas em 2002	81
4.2.5.3	Análise comparativa das localidades monitoradas em 2003	90
4.2.6	Análise das Isotermas	99
4.2.7	Análise do Conforto Térmico	104
4.3	ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SINÓTICAS	106
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
APÊNDICE A	- DADOS DE TEMPERATURA DAS LOCALIDADES MONITORADAS EM 2002.....	128
APÊNDICE B	- DADOS DE TEMPERATURA DAS LOCALIDADES MONITORADAS EM 2003.....	131
APÊNDICE C	- OCUPAÇÃO DO SOLO DAS LOCALIDADES MONITORADAS.	134
APÊNDICE D	- EXEMPLO DE GRÁFICOS DA REGRESSÃO LINEAR.....	164
APÊNDICE E	- ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA AS LOCALIDADES MONITORADAS.....	165
APÊNDICE F	- TESTE DE MONITORAMENTO	166

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY.....	26
FIGURA 2 - CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	27
FIGURA 3 – ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO.....	29
FIGURA 4 – ESPAÇAMENTO E LOCALIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E A VENTILAÇÃO	32
FIGURA 5 – VENTILAÇÃO ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO E QUALIDADE DO AR	32
FIGURA 6 – MOVIMENTO DO AR SOBRE OS EDIFÍCIOS.....	33
FIGURA 7 – EXEMPLOS DE ACIDENTES AERODINÂMICOS NO MEIO CONSTRUÍDO	33
FIGURA 8 – CONDIÇÕES DESEJÁVEIS PARA SE TER CONFORTO TÉRMICO..	34
FIGURA 9 – EFEITO DA VEGETAÇÃO.....	35
FIGURA 10 – ESCALAS TEMPORAL E ESPACIAL	42
FIGURA 11 – ATMOSFERA URBANA.....	43
FIGURA 12 – ELEMENTOS CONSIDERADOS NA PESQUISA.....	45
FIGURA 13 – CENTROS DE AÇÃO ATUANTES NA AMÉRICA LATINA.....	51
FIGURA 14 – FAROL DO SABER	59
FIGURA 15 – MAPA DAS LOCALIDADES	59
FIGURA 16 – LOCALIZAÇÃO HOBO NA FACHADA SUL	60
FIGURA 17 – LOCALIZAÇÃO DO SENSOR NA TORRE DO FAROL.....	61
FIGURA 18 – FOTO DO HOBO	61
FIGURA 19 – CARTA PSICROMÉTRICA.....	64
FIGURA 20 – COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS DOS ANOS DE 1969 E 1999.....	69
FIGURA 21 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2002.....	70
FIGURA 22 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2003.....	72
FIGURA 23 – DELTA TS MÉDIOS, MÍNIMOS E MÁXIMOS.....	73
FIGURA 24 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM ² , MONITORAMENTO EM 2002	83
FIGURA 25 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM ² , MONITORAMENTO EM 2002	84
FIGURA 26 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM ² , MONITORAMENTO EM 2002	84
FIGURA 27 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M ² , MONITORAMENTO EM 2002	85
FIGURA 28 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M ² , MONITORAMENTO EM 2002	86
FIGURA 29 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M ² , MONITORAMENTO EM 2002	87
FIGURA 30 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M ² , MONITORAMENTO EM 2002	88

FIGURA 31 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M ² , MONITORAMENTO EM 2002	88
FIGURA 32 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M ² , MONITORAMENTO EM 2002	89
FIGURA 33 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM ² , MONITORAMENTO EM 2003	92
FIGURA 34 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM ² , MONITORAMENTO EM 2003	93
FIGURA 35 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM ² , MONITORAMENTO EM 2003	93
FIGURA 36 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M ² , MONITORAMENTO EM 2003	94
FIGURA 37 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M ² , MONITORAMENTO EM 2003	95
FIGURA 38 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M ² , MONITORAMENTO EM 2003	96
FIGURA 39 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M ² , MONITORAMENTO EM 2003	97
FIGURA 40 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M ² , MONITORAMENTO EM 2003	98
FIGURA 41 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M ² , MONITORAMENTO EM 2003	98
FIGURA 42 – ISOTERMAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS E MÁXIMAS DE 2002	100
FIGURA 43 – ISOTERMAS DA TEMPERATURA MÍNIMA DE 2002	100
FIGURA 44 – ISOTERMAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS E MÁXIMAS DE 2003	101
FIGURA 45 – ISOTERMAS DA TEMPERATURA MÍNIMA DE 2003	102
FIGURA 46 – ISOTERMAS DOS DELTA TS MÉDIOS E MÁXIMOS.....	103
FIGURA 47 – ISOTERMAS DOS DELTA TS MÍNIMOS	104
FIGURA 48 – DIAGRAMA PSICROMÉTRICO DO CAJURU.....	105
FIGURA 49 – DIAGRAMA PSICROMÉTRICO DO ALTO BOQUEIRÃO	105
FIGURA 50 – TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS DO SIMEPAR EM 2002.....	108
FIGURA 51 – TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS DO SIMEPAR EM 2003.....	108
FIGURA 52 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA DE ÁGUA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002.....	109
FIGURA 53 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA CONSTRUÍDA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002.....	110
FIGURA 54 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA LIVRE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002.....	110
FIGURA 55 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA PAVIMENTADA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002.....	111
FIGURA 56 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA VERDE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002.....	111

FIGURA 57 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA DE ÁGUA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003.....	112
FIGURA 58 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA CONSTRUÍDA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003.....	112
FIGURA 59 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA LIVRE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003.....	113
FIGURA 60 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA PAVIMENTADA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003.....	113
FIGURA 61 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA VERDE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003.....	114
FIGURA 62 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS, PARA 2002	115
FIGURA 63 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS, PARA 2003	116
FIGURA 64 – ALTO BOQUEIRÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	134
FIGURA 65 – ALTO BOQUEIRÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	135
FIGURA 66 – ALTO BOQUEIRÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	135
FIGURA 67 – BAIRRO ALTO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	136
FIGURA 68 – BAIRRO ALTO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	137
FIGURA 69 – BAIRRO ALTO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	137
FIGURA 70 – BARREIRINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	138
FIGURA 71 – BARREIRINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	139
FIGURA 72 – BARREIRINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	139
FIGURA 73 – CAJURU: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	140
FIGURA 74 – CAJURU: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	141
FIGURA 75 – CAJURU: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	141
FIGURA 76 – CAMPO COMPRIDO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	142
FIGURA 77 – CAMPO COMPRIDO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	143
FIGURA 78 – CAMPO COMPRIDO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	143
FIGURA 79 – CIDADE INDUSTRIAL: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	144
FIGURA 80 – CIDADE INDUSTRIAL: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	145
FIGURA 81 – CIDADE INDUSTRIAL: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	145
FIGURA 82 – FAZENDINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	146
FIGURA 83 – FAZENDINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	147
FIGURA 84 – FAZENDINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	147
FIGURA 85 – MERCÊS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	148
FIGURA 86 – MERCÊS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	149
FIGURA 87 – MERCÊS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	149
FIGURA 88 – PINHEIRINHO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	150
FIGURA 89 – PINHEIRINHO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	151
FIGURA 90 – PINHEIRINHO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	151
FIGURA 91 – PORTÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	152
FIGURA 92 – PORTÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	153
FIGURA 93 – PORTÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	153
FIGURA 94 – SANTA FELICIDADE: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	154
FIGURA 95 – SANTA FELICIDADE: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	155
FIGURA 96 – SANTA FELICIDADE: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	155
FIGURA 97 – SANTA QUITÉRIA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	156
FIGURA 98 – SANTA QUITÉRIA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	157

FIGURA 99 – SANTA QUITÉRIA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	157
FIGURA 100 – SÃO BRÁS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	158
FIGURA 101 – SÃO BRÁS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	159
FIGURA 102 – SÃO BRÁS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	159
FIGURA 103 – SÃO LOURENÇO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	160
FIGURA 104 – SÃO LOURENÇO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	161
FIGURA 105 – SÃO LOURENÇO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	161
FIGURA 106 – XAXIM: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	162
FIGURA 107 – XAXIM: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M ²	163
FIGURA 108 – XAXIM: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M ²	163
FIGURA 109 – EQUAÇÕES DA RETA PARA ÁREA PAVIMENTADA E DELTA T MÍNIMO, ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	164
FIGURA 110 – EQUAÇÕES DA RETA PARA ÁREA VERDE E DELTA T MÍNIMO, ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM ²	164
FIGURA 111 – TEMPERATURAS HORÁRIAS ENTRE OS EQUIPAMENTOS REVESTIDOS COM ALUMÍNIO E SEM ALUMÍNIO	166
FIGURA 112 – DIFERENÇAS DE TEMPERATURAS HORÁRIAS ENTRE OS EQUIPAMENTOS REVESTIDOS COM ALUMÍNIO E SEM ALUMÍNIO	166

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COEFICIENTES DE RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE E REFLETIDA	36
TABELA 2 - VALORES DE ALBEDO DE ALGUMAS SUPERFÍCIES.....	37
TABELA 3 - PROPRIEDADE RADIANTE DE ALGUNS MATERIAIS URBANOS.....	38
TABELA 4 – VARIAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS CAUSADOS PELA URBANIZAÇÃO	40
TABELA 5 – SISTEMA CLIMA URBANO.....	44
TABELA 6 – CATEGORIAS TAXONÔMICAS DO CLIMA URBANO	46
TABELA 7 – LOCALIDADE MONITORADAS EM CADA ANO	58
TABELA 8 – TEMPERATURAS MÉDIAS MENS AIS.....	67
TABELA 9 – SEQUÊNCIA DOS MESES PARA A DETERMINAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA.....	67
TABELA 10 – COMPARAÇÃO ENTRE GRAUS DE CONFORTO E DESCONFORTO E ESTRATÉGIAS ENTRE OS ANOS DE 1969 E 1999	68
TABELA 11 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2002.....	70
TABELA 12 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2003.....	71
TABELA 13 – DELTA T DAS LOCALIDADES EM RELAÇÃO AO PONTO DE REFERÊNCIA.....	73
TABELA 14 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 1KM ²	75
TABELA 15 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 49.000M ²	76
TABELA 16 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 10.000M ²	76
TABELA 17 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 1KM ²	78
TABELA 18 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 49.000M ²	78
TABELA 19 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 10.000M ²	78
TABELA 20 – R-QUADRADO E EQUAÇÕES DAS RETAS PARA 2002, EM FUNÇÃO DAS MÉDIAS DAS TEMPERATURAS	80
TABELA 21 – R-QUADRADO E EQUAÇÕES DAS RETAS PARA 2003, EM FUNÇÃO DAS MÉDIAS DAS TEMPERATURAS	80
TABELA 22 – R-QUADRADO E EQUAÇÕES DAS RETAS, EM FUNÇÃO DOS DELTAS TS.....	81
TABELA 23 – PORCENTAGENS DE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS.....	82
TABELA 24 – PORCENTAGENS DE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS.....	90
TABELA 25 – PORCENTAGENS DE CONFORTO E DESCONFORTO EM 2002.	106
TABELA 26 – PORCENTAGENS DE CONFORTO E DESCONFORTO EM 2003.	106
TABELA 27 – CONDIÇÕES SINÓTICAS PARA CURITIBA POR ANO	107
TABELA 28 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO BAIRRO ALTO	128
TABELA 29 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO CAJURU	128
TABELA 30 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO FAZENDINHA.....	128
TABELA 31 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO PORTÃO	129
TABELA 32 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DE SANTA FELICIDADE ..	129
TABELA 33 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SÃO BRÁS	129
TABELA 34 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SÃO LOURENÇO.....	130
TABELA 35 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SIMEPAR	130

TABELA 36 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO ALTO BOQUEIRÃO ...	131
TABELA 37 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DA BARREIRINHA	131
TABELA 38 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO CAMPO COMPRIDO..	131
TABELA 39 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DA CIDADE INDUSTRIAL	132
TABELA 40 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DAS MERCÊS	132
TABELA 41 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO PINHEIRINHO	132
TABELA 42 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DA SANTA QUITÉRIA	133
TABELA 43 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO XAXIM	133
TABELA 44 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SIMEPAR	133
TABELA 45 – ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA AS LOCALIDADES MONITORADAS EM 2002	165
TABELA 46 – ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA AS LOCALIDADES MONITORADAS EM 2003	165

RESUMO

O clima das cidades tem sofrido alterações em função das atividades humanas. Desta forma, a urbanização exerce influência direta ou indireta nas alterações climáticas de um determinado local. Um dos fatores que pode contribuir diretamente para a formação do clima urbano é a ocupação do solo. A presente pesquisa investigou de que forma a ocupação do solo influencia a variação de temperatura na cidade de Curitiba. Para tanto, foram analisadas 14 localidades na cidade de Curitiba, obtendo dados de temperatura e umidade relativa do ar, assim como dados sobre a ocupação do solo de cada localidade selecionada. O monitoramento dos dados climáticos ocorreu no período de inverno e foi realizado em dois anos, em 2002 e 2003. Além dos dados coletados *in loco*, também foram utilizados os dados da estação meteorológica do SIMEPAR, para fins de comparação entre este e cada localidade. Os dados de temperatura foram trabalhados até se obter as médias das temperaturas médias, máximas e mínimas de cada localidade, assim como as diferenças entre cada localidade e o ponto de referência (Delta T). Para a análise da ocupação do solo foram selecionadas cinco categorias de ocupação (áreas de água, construída, livre, pavimentada e verde), as quais foram quantificadas em porcentagens para três áreas de influência. Foram realizadas análises de regressão linear simples, análises comparativas entre os dados de temperatura e os de ocupação do solo, análise da distribuição espacial das temperaturas e análises de conforto térmico para cada localidade. O intuito foi indicar uma proporção ótima entre as cinco categorias de ocupação estudadas de forma a se obter uma variação de temperatura mais adequada em termos de conforto térmico.

Palavras-chave: Clima Urbano; Monitoramento Térmico; Conforto em Espaços Aberto.

ABSTRACT

Urban climate has been modified by human activities. In this way, urbanization brings direct and indirect influences to climate characteristics of a given location. One of the factors that can contribute directly to the creation of urban climate is land use. The present research investigated how land use can influence temperature variations in Curitiba. Thus, 14 different locations of Curitiba were analyzed during a 1-month period by monitoring air temperature and humidity as well as quantifying land use patterns for each location. The monitoring of climatic data occurred in winter (June/July) and was carried out for two years, 2002 and 2003. Reference baseline was SIMEPAR meteorological station, which was used for comparisons. Comparisons were made regarding averages of the minimum, average and maximum temperatures for each location and the difference between each location to the reference station. For the land use analysis, five categories of land use were selected (water area, built area, free area, paved area and green area) and quantified as percentages for three areas of influence. Linear regression analysis was made, a comparative analysis between air temperature data and land use patterns, analysis of spatial distribution of temperature and thermal comfort analysis for each location. The main objective was to indicate an excellent ratio between the five land use categories considered, in order to offer more adequate temperature variation in terms of thermal comfort.

Key words: Urban Climate; Thermal Monitoring; Comfort in Open Spaces.

1 INTRODUÇÃO

Os centros urbanos se desenvolvem de forma rápida e complexa e como conseqüências deste crescimento desordenado estão a degradação ambiental e a baixa qualidade de vida urbana. De uma forma geral, o impacto causado ao meio ambiente se reflete a longo prazo na qualidade de vida de um determinado local. Este pode ser percebido em escala global e local.

As alterações no ambiente natural produziram efeitos negativos sobre a qualidade de vida e a partir da década de 60 estes efeitos passaram a ser o foco das atenções, principalmente dos países desenvolvidos. Houve o entendimento da existência de limites no crescimento econômico e que, se estes fossem ultrapassados haveria um grande desequilíbrio ecológico. Em 1968, foi fundado o Clube de Roma, um grupo de especialistas que discutiam a crise ambiental do planeta. Em 1972, foi publicado pelo Clube de Roma o relatório “Os limites do crescimento”, que abordava o consumo mundial e o possível esgotamento dos recursos naturais. Neste mesmo ano, deu-se a Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano, o que resultou no Plano de Ação Mundial, que objetivava orientar a preservação do meio ambiente, com vistas ao futuro. Em 1987, foi publicado o Relatório Brundtland, que tinha como objetivo principal a busca pelo desenvolvimento sustentável. A conferência da ONU, em 1992, enfatizou a necessidade do desenvolvimento sustentável e priorizou a necessidade de um planejamento urbano e ambiental adequado para que a qualidade de vida pudesse ser mantida.

A partir de meados do século XX, o aquecimento global passou a ser discutido, principalmente, no que diz respeito aos impactos ao meio ambiente. Estudos científicos mostram que a origem deste aquecimento é antropogênica, ou seja, decorrente da ação do Homem. De acordo com o *Intergovernmental Panel on Global Climate*, a temperatura média da Terra poderá ser incrementada em até 5,8°C em 2100 (KERR, 2001). Segundo o Centro Hadley de Previsão e Pesquisas Climáticas (STEVENS, 1999), no último século houve um aquecimento na temperatura média da superfície da Terra de 1°F. Uma recente pesquisa do Comitê Internacional de Ciências do Ártico mostra que a região ártica tem sido afetada pelo

aquecimento global e que “em Fairbanks, o número de dias com temperatura abaixo de -40°C é agora metade do que era na década de 50” (IGNATIUS, 1999, s.n.p.).

Esta alteração climática afeta não só o ser humano como a fauna e a flora. O aquecimento também está presente nos oceanos: um estudo recente mostrou que a temperatura superficial dos oceanos aumentou ao longo dos últimos 45 anos (BARNETT *et al.*, 2001) e devido às altas temperaturas registradas no Oceano Pacífico é possível que o salmão não consiga sobreviver (IGNATIUS, 1999). Segundo Sillett *et al.* (2000), o ciclo migratório dos pássaros vem sofrendo alterações devido ao aquecimento. Assim como está ocorrendo a proliferação de doenças infecciosas na fauna e flora, terrestre e marinha (HARVELL *et al.*, 2002).

Segundo Karl e Trenberth (2003), o principal fator da alteração climática no planeta é o Homem. Sendo que a emissão de poluentes é a principal causa desta alteração nos últimos 50 anos. Os gases emitidos incrementam o efeito estufa além de aumentar a frequência de ondas de calor, secas ou de precipitação e causar mudanças na vegetação e no nível do mar. Segundo os mesmos, a probabilidade da temperatura global aumentar de $1,7^{\circ}\text{C}$ a $4,9^{\circ}\text{C}$ até 2100 é de 90%.

Segundo o grupo intergovernamental de cientistas da ONU (STEVENS, 1999, s.n.p.), o aquecimento global previsto para 2100 irá “criar mudanças climáticas e ambientais generalizadas, incluindo o deslocamento de zonas climáticas, aumento de ondas de calor, invernos mais mornos no norte da Terra, mais chuvas de um lado e secas piores do outro e elevação do nível do mar (...)”.

A percepção das alterações climáticas também ocorre em escala menor, podendo ser notada no clima das cidades. Kalnay e Cai (2003), ao estudarem a alteração de temperatura nos Estados Unidos, concluíram que o principal fator para o aumento de temperatura dos últimos 50 anos nos EUA relaciona-se ao uso do solo, particularmente com o crescimento urbano e a distribuição das áreas agrícolas. De acordo com pesquisadores do Centro Hadley (CLARKE, 2003), a emissão de dióxido de carbono (CO_2) também contribui para o aumento de temperatura nas cidades. Um estudo produzido pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (ROMERO, 2004), concluiu que a poluição dos grandes centros urbanos pode provocar o aumento da taxa de mortalidade entre recém-nascidos.

O acelerado crescimento das cidades causa mudanças no sítio natural, seja na topografia, no curso dos rios, na vegetação, no uso do solo, dentre outros fatores

e, como consequência, ocorrem alterações nos sistemas termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico das cidades. Estas alterações podem ser percebidas através dos níveis de conforto térmico, qualidade de ar e impactos pluviais (MONTEIRO, 2003).

Desta forma, as alterações climáticas são percebidas com mais intensidade nos grandes centros urbanos onde ocorrem de maneira distinta em relação às áreas vizinhas. Isto se dá devido ao grau de urbanização e em decorrência das ações do homem sobre o meio ambiente que tem favorecido a degradação do meio natural e a alteração das características naturais do meio. Estas alterações variam entre as cidades de acordo com o nível de urbanização em que elas se encontram (LOMBARDO, 1985). Assim, “a cidade atua como fator modificador do clima regional e cria condições especiais concretas que pode-se definir como clima urbano” (LOMBARDO, 1997, p. 60).

Devido ao uso e ocupação do solo, ou seja, a intensidade de ocupação de uma determinada área, a quantidade de área verde existente, o tipo de edificação (altura das edificações), o nível de tráfego na área, dentre outros fatores, pode-se produzir stress térmico ou ilhas de calor¹, esta alteração provoca o desconforto térmico e em consequência a necessidade de uso de climatização artificial para voltar a atingir o nível de conforto exigido pelo ser humano. Segundo Changnon² citado por Hoag (2003), as ilhas de calor têm efeito diário e sazonal no clima; podendo ter influência no regime de chuva, neve e tempestades. De acordo com esse estudo, as cidades de Nova Iorque, St. Louis e Washington apresentam menos dias chuvosos com formação de gelo nas superfícies (*freezing rain*) que cidades dos seus arredores.

O objetivo de estudo desta pesquisa é analisar a relação entre o clima da cidade de Curitiba e a ocupação do solo. Para tanto, foram coletados dados climáticos horários, referentes à temperatura e umidade relativa do ar para 14 localidades de Curitiba. A coleta destes dados ocorreu de forma simultânea, sendo realizada em duas etapas: a primeira entre os dias 20 de junho e 18 de julho 2002 e,

¹ A ilha de calor é caracterizada pelo aumento da temperatura das áreas mais edificadas em relação às áreas rurais vizinhas.

² CHANGNON, S. A. Urban effects on freezing rain occurrences. **Journal of Applied Meteorology**, v.42, p.863-870, 2003.

a segunda entre os dias 27 de junho e 25 de julho de 2003. Para cada ano, foram coletados dados referentes a 29 dias consecutivos de monitoramento. Também foram feitas análises através de fotos aéreas, que permitiram quantificar em porcentagens cinco categorias de uso do solo: área de água, área construída, área livre, área pavimentada e área verde.

A pesquisa apresenta como objetivo geral analisar a influência da ocupação do solo na variação de temperatura em diferentes localidades de Curitiba. Sendo o problema de pesquisa é: **De que forma a ocupação do solo influencia a variação de temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba?**

Os objetivos específicos são:

- 1- Verificar se houve aquecimento na cidade devido à urbanização;
- 2- Determinar a variação de temperatura em diferentes localidades de Curitiba;
- 3- Verificar a ocupação do solo nessas localidades;
- 4- Verificar a influência da ocupação do solo na variação da temperatura nas localidades e;
- 5- Analisar os graus de conforto térmico nas diferentes localidades, comparando os resultados obtidos.

Para uma melhor compreensão dos fatores envolvidos na alteração do clima urbano, é necessário conhecer o desenvolvimento urbano no Brasil e em Curitiba especificamente, entender como foi direcionado o seu planejamento e como o desenho urbano pode influir no clima local. Além de conhecer os fatores relacionados ao clima urbano e quais são os estudos mais relevantes realizados no Brasil. Desta forma, o capítulo 2 contém a revisão de literatura relativa ao crescimento urbano, principalmente o de Curitiba, apresentando os planos e as ações que foram tomados ao longo dos anos em busca de uma melhor qualidade de vida; aborda os aspectos relativos ao desenho urbano e como este pode interferir no clima da cidade e discorre sobre o clima urbano e os principais estudos nesta área. A metodologia é descrita no Capítulo 3 e a apresentação e análises dos resultados estão relatadas no Capítulo 4. No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões e considerações finais sobre a pesquisa realizada, assim como sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Menezes (2001), entre 1930 e 1970, o Brasil passou pelo processo de adensamento populacional dos grandes centros urbanos, principalmente em decorrência do processo de industrialização que teve início na década de 40. Todo este desenvolvimento ocorreu de maneira desordenada, sem planejamento e desconsiderando as características naturais do meio, não proporcionando aos habitantes uma boa qualidade de vida, tais como, falta de infra-estrutura de transporte, saúde, educação, dentre outros, e resultando em grandes problemas sociais e ambientais. As políticas sociais da época tinham como objetivo remediar os problemas existentes. Na década de 1970, os problemas sociais não eram considerados relevantes e eram vistos como conseqüências do crescimento econômico, sendo a cidade considerada como um aspecto importante no processo econômico, tendo aí o planejamento urbano um papel estratégico. Desta forma, as cidades deveriam ser planejadas para receber a industrialização e as questões sobre o impacto gerado pela industrialização no meio ambiente não eram consideradas. Somente na década de 80 se iniciou o processo de “periferização das metrópoles”, isto é, redução do ritmo de crescimento dos municípios-núcleo das metrópoles e crescimento da população nos municípios periféricos.

A década de 90 foi marcada pelo discurso em prol do desenvolvimento sustentável, episódios mundiais apontando a interferência da urbanização no meio ambiente, como a destruição paulatina da camada de ozônio, dentre outros. A conscientização da degradação ambiental se refletiu também no planejamento das cidades.

O rápido crescimento econômico trouxe sérios problemas ambientais, pois a implantação das indústrias química-petroquímica, metal-mecânica, madeireira, de material de transporte, de papel e celulose e de minerais não-metálicos não teve preocupações com os processos de reciclagem, reprocessamento ou tratamento dos resíduos gerados. Este processo também gerou uma grande concentração populacional em áreas urbanas, sem que estas tivessem a infra-estrutura adequada para a absorção deste contingente, o que acentuou as diferenças sociais, a falta de saneamento, educação, hospitais e transporte coletivo (MENEZES, 2001). Segundo Mota (1999, p. 17), “o aumento da população e o aumento das cidades deveriam ser

sempre acompanhados do crescimento de toda a infra-estrutura urbana, de modo a proporcionar aos habitantes uma mínima condição de vida”.

Em 1973, foram instituídas as Regiões Metropolitanas, que tinham como objetivo “a previsão de problemas de interesse comum entre os municípios ligados às metrópoles, principalmente os de infra-estrutura econômica e social que “dificultavam” o desenvolvimento econômico” (MENEZES, 2001, p.39). Hoje, o Brasil possui 26 Regiões Metropolitanas (IBGE, 2003).

De acordo com o censo de 2000, no Brasil há 169.799.170 de habitantes, sendo que aproximadamente 81% da população vivem em áreas urbanas (IBGE, 2000). Hoje, 41% da população vivem nas Regiões Metropolitanas do país (EMPLASA, 2002).

2.1 DESENVOLVIMENTO URBANO EM CURITIBA

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) possui 2.768.394 de habitantes, sendo a população de Curitiba de 1.587.315 de habitantes. De acordo com o censo de 2000 (IBGE, 2000), o crescimento populacional nos municípios do núcleo é inferior aos de periferia. Curitiba teve uma taxa de crescimento anual de 1,82%, enquanto a Região Metropolitana obteve o índice de 2,97% (EMPLASA, 2002). A RMC ocupa a 13ª posição no ranking de crescimento populacional, em relação às demais Regiões Metropolitanas brasileiras. Segundo o IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (MANFREDINI, 2004), até 2012 a RMC poderá ultrapassar Curitiba, em números de habitantes, se as taxas de crescimento anual forem mantidas, e este crescimento poderá afetar a qualidade de vida na cidade.

Curitiba teve seu primeiro núcleo implantado no início do século XVII, através da exploração de ouro e outros minerais. A oficialização da Vila de Nossa Senhora da Luz dos Pinhais ocorreu em 1693. Até o séc. XVIII, o ciclo econômico da cidade era a agricultura de subsistência e a exploração do ouro, sendo que no início do séc. XVIII, um novo ciclo econômico se estabeleceu: o ciclo do gado. A região de Curitiba era um dos pontos de passagem dos tropeiros que levavam o gado do Rio Grande do Sul até São Paulo, onde este era vendido. No início, a região constituía um ponto de parada onde os tropeiros alugavam fazendas para a engorda do gado (invernada). Desta forma, muitos fazendeiros passaram a alugar suas fazendas para a invernada, indo residir na vila e se dedicando ao comércio voltado para as

necessidades dos tropeiros: loja, armazéns, entrepostos de mercado, dentre outros. Portugal decidiu instalar um posto de cobrança de impostos, devido à passagem das tropas. Neste período, a vila ainda pertencia à província de São Paulo e era um dos principais núcleos urbanos da região. Devido a esta prosperidade, em 1842, a vila se elevou à condição de cidade e passou a se chamar Curitiba. Em meados do séc. XIX, o ciclo do gado deu lugar ao novo ciclo econômico: a extração e a comercialização da erva-mate. Devido a sua localização privilegiada e à implantação da estrada de ferro Curitiba-Paranaguá em 1885, Curitiba foi durante muitas décadas o ponto de passagem de exportação dos produtos paranaenses (MENEZES, 2001).

Em 1853, a Província do Paraná foi criada, sendo desmembrada da Província de São Paulo e em 1854, Curitiba foi elevada à capital da Província (UNILIVRE, s.d.p.). As primeiras preocupações de controle de uso do solo aparecem nesta época. Pierre Taulois foi o encarregado de planejar as modificações propostas pelo Império. Em 1855, o Plano Taulois transformou o traçado urbano, tornando os cruzamentos ortogonais e o desenho urbano retilíneo, pois já havia a preocupação com o tráfego na área central da cidade. Nesta época, Curitiba cresceu em número de habitantes devido à grande quantidade de imigrantes que ocupavam áreas periféricas da cidade. Em 1885, foi concluída a construção da estrada de ferro Curitiba-Paranaguá. O Passeio Público foi a primeira obra de saneamento de Curitiba, inaugurada em 1886, a área era um charco que se transformou em área verde e de lazer para a população. Em 1890, Curitiba ocupava a sétima posição entre as capitais mais populosas do Brasil. De acordo com estimativas do IBGE, entre 1872 e 1920, Curitiba aumentou em 66.335 habitantes. Em decorrência deste crescimento, Curitiba começou a apresentar graves problemas sociais e de infraestrutura. Foi então criado o Código de Posturas de Curitiba, em 1895, para melhorar a qualidade de vida na cidade. Este código corresponde atualmente à Lei Orgânica e ao Plano Diretor e seu objetivo principal era o calçamento das vias centrais (IPPUC, 2004).

No século XX, as preocupações com o uso e ocupação do solo aumentaram, a cidade foi dividida em zonas concêntricas de acordo com o nível social da população; as questões de saneamento começaram a ser resolvidas, sendo criadas as primeiras redes de coleta de esgoto e de abastecimento de água, com a

conclusão do Reservatório do Alto São Francisco. Na década de 30, com o enfraquecimento da indústria de erva mate e de café e com a falta de recursos para obras públicas, Curitiba, influenciada pelas idéias européias de urbanização, hierarquiza a cidade em 3 zonas: “Zona I – Central com comércio e moradia de alto padrão; Zona II – Fábricas e moradias para operários mais qualificados e Zona III – Moradias de operários menos qualificados e pequenos sitiantes” (IPPUC, 2004, p. 99). Em 1941, o primeiro plano urbanístico da cidade teve início, o plano Agache, que via a cidade como um fato unicamente físico, sem levar em conta o fator social. O plano não foi implantado em sua totalidade, mas algumas propostas fazem parte da realidade da cidade ainda hoje: a criação do Centro Cívico, do Centro Politécnico, do Centro militar do Bacacheri, as galerias de águas pluviais da Rua XV de Novembro, as avenidas Sete de Setembro, Visconde de Guarapuava e Mal. Floriano Peixoto, o Mercado Municipal, dentre outros. “Uma das conseqüências da não-implantação do plano foi o fato que a ocupação do solo se processou de forma desordenada, acarretando o comprometimento inadequado de várias áreas” (IPPUC, s.d.p., p.10). As diretrizes do plano Agache eram: (1) o plano das avenidas da cidade, que visava orientar o tráfego e descongestionar o centro da cidade, solucionar problemas de escoamento pluvial e integrar as diversas áreas da cidade; (2) os centros funcionais e especializados, que iriam setorizar a cidade em função do seu uso: administração, comércio, produção e áreas sociais; (3) o código de obras e saneamento, que foi definido de acordo com o zoneamento, devendo ser revisado a cada 5 anos, para evitar a formação de favelas e preservar a qualidade ambiental; (4) o sistema de comunicações e transporte, que visava resolver os problemas de tráfego e de estacionamento na região central e o de transporte coletivo; (5) os espaços livres, que objetivavam uma melhor distribuição das áreas verdes existentes com a criação de quatro novos parques e (6) a extensão da cidade, que regulava o crescimento imediato e futuro da cidade (AGACHE, 1943).

A ordenação no processo de desenvolvimento da cidade começou em 1965, com a criação da COHAB-CT - Companhia de Habitação Popular de Curitiba, do IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2004) e com o novo plano diretor, o plano Serete, que tinha como objetivos ordenar a circulação, ordenar a ocupação do solo através de um zoneamento adequado, a preservação do centro histórico, dentre outros. Sendo assim, são implantados os

Eixos Estruturais, estes eixos direcionavam o crescimento linear da cidade, nos sentidos Leste-Oeste e Norte-Sul, por meio da concentração de infra-estrutura, serviços e habitação e por meio do sistema trinário de circulação, composto por duas vias rápidas para veículo e uma via central exclusiva para o ônibus expresso. Sendo esta via central ladeada por duas vias para tráfego local com estacionamentos. Ao longo destes eixos foi estabelecida uma faixa de zoneamento (zona estrutural - ZE), permitindo a construção de edifícios altos gerando assim, uma nova paisagem urbana. A tipologia das construções ao longo destes eixos foi definida pelo Plano Massa, que define as áreas do térreo e mezanino dos edifícios para o comércio. Um novo zoneamento também é implantado definindo novas zonas para habitação, serviços, expansão futura etc. Nesta mesma década, a RMC era a região de maior crescimento demográfico em comparação com as demais Regiões Metropolitanas do país. As primeiras favelas surgem na década de 70. Devido a esse grande crescimento, o plano diretor foi reformulado com a finalidade de definir e implantar uma nova estrutura de crescimento para a cidade. Desta forma, foi criada uma rede de áreas verdes, implantou-se o sistema integrado de transportes, houve a melhoria da infra-estrutura urbana, hierarquização das vias, a criação da cidade industrial, a implantação de equipamentos sociais, dentre outros benefícios (IPPUC, 2004).

Na década de 80, a taxa de crescimento populacional diminuiu. Assim como em outras cidades brasileiras, deu início em Curitiba o processo de periferação. A ocupação de áreas periféricas da cidade foi determinada por fatores socioeconômicos, o valor imobiliário nestas áreas era menor que na capital. Apesar da falta de infra-estrutura nestes municípios, a população poderia contar com a infra-estrutura da capital. Porém, esta ocupação desordenada acarretou problemas sócio-ambientais, como os advindos da ocupação de áreas de mananciais e de fundo de vale. As primeiras tentativas de controle do desenvolvimento urbano da RMC ocorreram com o Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI), em 1978, mas fatores como a falta de integração entre o planejamento urbano da cidade e da região metropolitana e entre as prefeituras assim como a falta de legislação específica para a aplicação do PDI, limitaram a ação efetiva do plano (IPPUC, 2004).

Algumas questões ambientais começam a ser tratadas, como por exemplo a preservação da vegetação. Os bosques dentro da malha urbana foram criados com o intuito de preservar a vegetação remanescente, sendo que as primeiras leis de

preservação foram criadas em 1986. Em 1990, foram instituídas as APAs – Áreas de Proteção Ambiental, que, através de legislação específica, preservam áreas verdes. Uma grande ferramenta de preservação ambiental é a legislação. Curitiba, desde a implantação do Código de Posturas em 1950, já tratava da questão ambiental, como, por exemplo, com a arborização de vias públicas. Em 1996, foi implantada a Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SMMA, que começou a se preocupar com o controle da poluição, seja ela atmosférica, hídrica, visual ou residual. Outra questão discutida pela Secretaria é o planejamento ambiental, identificando as áreas com potencial de preservação, para que possam ser implantados novos parques e áreas verdes (UNILIVRE, s.d.p.).

Em 2000, foi aprovada a nova legislação de zoneamento e uso do solo de Curitiba. Desde o Plano Diretor de 1966, esta foi a maior reformulação nas diretrizes de crescimento da cidade. O objetivo principal desta reformulação é a adequação da cidade a uma nova realidade, a da metropolização, e dar continuidade ao processo de planejamento urbano (IPPUC, 2004). Esta reformulação da legislação está sustentada pelas três bases do Plano Diretor de 1966, ou seja, sistema viário, transporte coletivo e uso do solo. O crescimento da cidade é monitorado pelo controle do uso do solo, sendo que a lei de zoneamento exerce importante papel neste controle.

Estudos recentes mostram a expansão urbana de Curitiba e região metropolitana através da análise de imagens de satélite. Um grupo de cientistas norte-americanos, através das imagens de satélite Landsat, analisou o crescimento urbano de trinta cidades de pequeno e médio porte. Esse estudo mostrou que a região metropolitana de Curitiba cresceu pelo menos 25% no período entre 1990 e 2000 (FAPESP, 2003).

Desde seus primórdios o planejamento urbano de Curitiba mostrou-se preocupado seja com as questões ambientais, sociais, culturais e econômicas. Desde seu primeiro plano preliminar, estas questões foram pensadas e diretrizes foram traçadas para que os objetivos fossem atingidos. “Em Curitiba, tanto o zoneamento de ocupação urbana como o Uso do Solo são relevantes mecanismos de planejamento” (IPPUC, 2004, p. 119). Apesar de Curitiba ser vista como uma cidade modelo, principalmente nas questões ambientais, outros aspectos

ambientais, como estudos das alterações climáticas, ainda não foram abordados de forma incisiva dentro do planejamento urbano e da legislação vigente.

2.2 DESENHO URBANO SOB O ASPECTO BIOCLIMÁTICO

O planejamento urbano, no que tange ao controle do uso e da ocupação do solo, é um processo complexo, pois envolve várias áreas do conhecimento, necessitando assim de um grupo interdisciplinar de profissionais, no qual cada um contribui com subsídios específicos. O planejamento urbano ocorre em um meio físico, mas acarretará alterações na estrutura social, econômica e cultural de uma cidade. A partir do momento que um desenho define áreas com diferentes usos e ocupações, define também uma relação social naquele espaço. Este processo é dinâmico e nem sempre possível de ser controlado.

Na teoria, o desenho urbano adequado deveria seguir as características naturais do meio, ou seja, topografia, vegetação, clima, orientação solar, vento dominante, dentre outros. Porém, esta adaptação nem sempre é feita, o que acaba gerando grandes problemas ambientais. O desenho urbano adequado deve proporcionar um bom aproveitamento da topografia e do vento local, no que diz respeito ao traçado das vias e à ventilação local; deve manter um equilíbrio entre espaços abertos e construídos, favorecendo assim um microclima agradável ao Homem e deve organizar as áreas, setorizando-as em função do uso, levando em consideração as características do clima e do meio natural.

Segundo Romero (1988, p.12), “a arquitetura, ou o desenho urbano, busca definir as condições ambientais, do meio natural e construído, que melhor satisfaçam às exigências do conforto térmico do Homem”. Diversos autores estudaram a relação entre o meio natural e o ambiente construído, dentre eles os irmãos Olgyay (1998) e Givoni (1997). Embora o enfoque seja maior na edificação, os princípios por eles desenvolvidos podem ser utilizados para o desenho urbano, visto que o clima interfere na edificação e vice-versa.

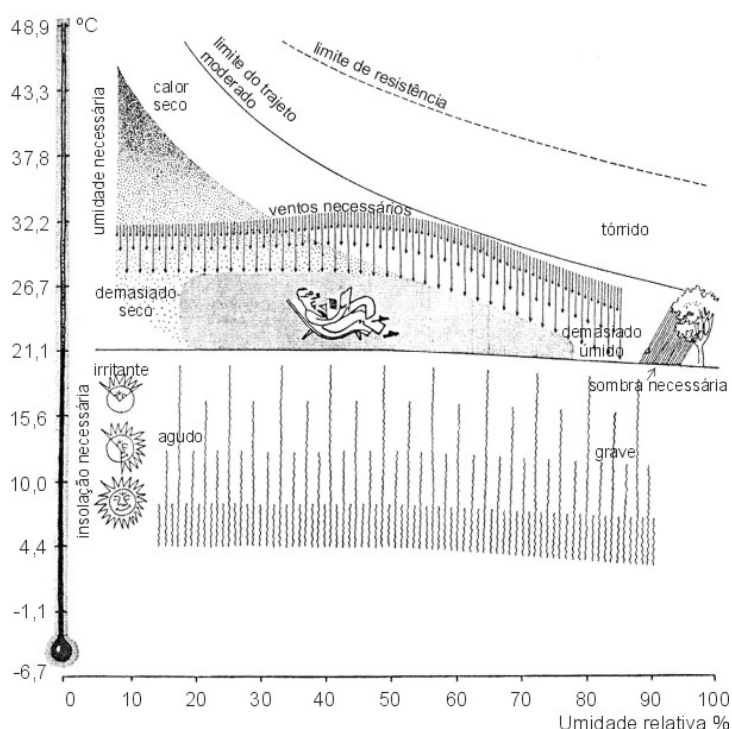
Os irmãos Olgyay (1998) definiram condições de conforto térmico para assentamentos e habitações através de estudos climáticos regionais. Propondo quatro passos: (1) análises dos elementos climáticos locais; (2) avaliação das sensações humanas, em termos fisiológicos e biológicos; (3) analisar as soluções tecnológicas para cada tipo de problema de conforto térmico e (4) aplicação

arquitetônica levando em consideração as três etapas anteriores. A principal preocupação dos Olgyay é a adaptação da edificação ao seu entorno. A carta bioclimática, por eles desenvolvida, é para a zona de clima temperada do EUA, mas pode ser utilizada para outras zonas contanto que seja feita a adaptação necessária. Segundo o autor, deve-se considerar uma defasagem de 2 a 3°C na zona de conforto, respeitando a zona apresentada. Esta defasagem será para mais em zonas onde a temperatura é mais elevada e para menos onde as temperaturas são menores.

A metodologia desenvolvida pelos Olgyay fornece orientações para o projeto arquitetônico, dando recomendações detalhadas quanto ao tipo de edificação, forma volume, orientação, cor, tipo de aberturas, paredes, telhados, tipos de material etc. Olgyay, em 1963, foi o primeiro a desenvolver um diagrama bioclimático (Figura 1) apropriada ao ambiente externo e com ênfase em climas temperados. Em 1968, o diagrama bioclimático de Olgyay foi revisado e passou a incorporar dados que possibilitaram sua utilização em climas temperado, quente e úmido. No novo diagrama, a faixa de umidade relativa é de 20 a 80% e a faixa de temperaturas de bulbo seco é de 18,3°C e 29,5°C, podendo ser adotados valores intermediários, conforme as temperaturas médias da região em estudo (ANDRADE, 1996).

Segundo Givoni (1997), as condições climáticas especificadas na carta de Olgyay são para as condições externas, faltando informações do ambiente interno. Isto pode ser explicado, pois em suas pesquisas, Olgyay (1998) obteve dados de temperaturas externas e internas muito próximas.

FIGURA 1 - CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY



FONTE: OLGAY, V. **Arquitectura y Clima**: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili S.A., 1998.

Givoni (1997) afirma que através de políticas urbanas e do desenho urbano pode-se interferir no clima de determinada localidade, promovendo o conforto térmico dentro e fora das edificações e, desta forma, reduzir a demanda de energia em climatização artificial. Segundo o autor, os fatores que devem ser pensados no planejamento urbano são: (1) escolha do local para a implantação da cidade ou de loteamentos de grande porte; (2) tamanho das cidades ou do empreendimento; (3) densidade da área construída e distância entre as edificações; (4) cobertura do solo: a elevação de temperatura nas cidades é causada em parte pelo lento resfriamento da massa edificada, que durante o dia armazenou calor e durante a noite o perde de maneira mais lenta, em comparação com as áreas vegetadas e cultivadas; (5) a orientação e as larguras das caixas das vias; (6) altura média das edificações e (7) desenho das edificações. Givoni desenvolveu uma carta climática, baseada na carta psicrométrica convencional e nas zonas de conforto da ASHRAE³. Nesta carta, estão plotadas as zonas de conforto e as estratégias bioclimáticas compatíveis com cada zona. Foram desenvolvidas duas cartas, uma para países desenvolvidos e outra

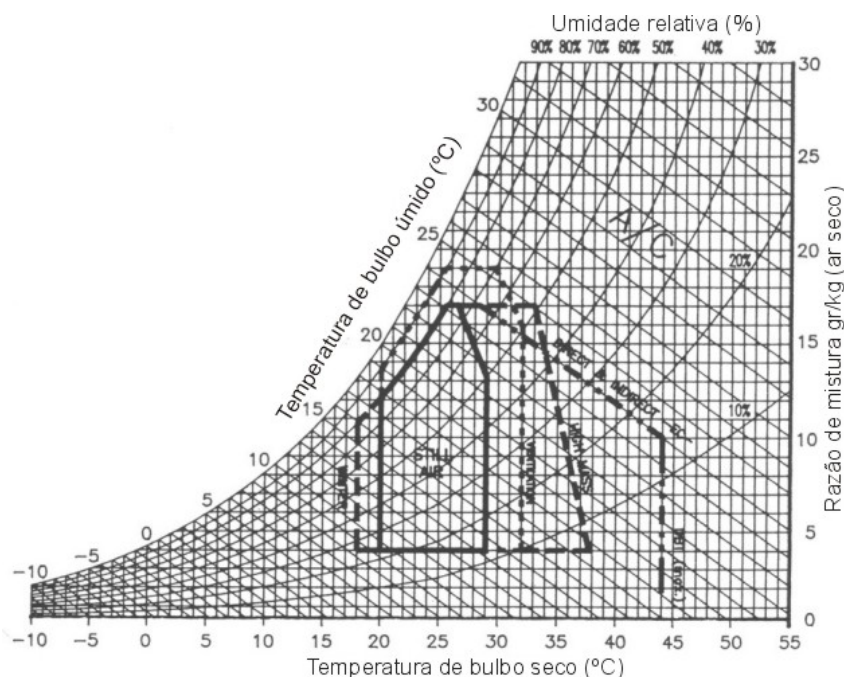
³ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

para países em desenvolvimento (Figura 2), pois os níveis de conforto nos países em desenvolvimento (clima quente e úmido) são diferentes dos níveis de países desenvolvidos (clima temperado).

De acordo com Givoni (1997), cada indivíduo pode avaliar sua sensação termal em vários níveis. Numerosas pesquisas indicam que a população de países quentes prefere temperaturas mais altas que as recomendadas pelos padrões de conforto americanos e europeus, assim como o nível de conforto sugerido pela ASHRAE. A carta original de Givoni baseia-se em suas pesquisas desenvolvidas para os Estados Unidos, Europa e Israel. Em pesquisas desenvolvidas em países em desenvolvimento e baseado na sua avaliação pessoal, Givoni adaptou as zonas de conforto para os países em desenvolvimento.

As duas principais diferenças entre as cartas de Olgyay e Givoni são: (1) o fato de Givoni considerar as temperaturas internas enquanto Olgyay considera as externas e (2) as zonas de conforto, Olgyay definiu somente uma zona, enquanto a carta de Givoni apresenta várias zonas climáticas e suas respectivas estratégias bioclimáticas.

FIGURA 2 - CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO



FONTE: GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. Nova Iorque: ITP, 1997, p.45.

No Brasil alguns estudos foram desenvolvidos na área da bioclimatologia aplicada às construções. Silva *et al.* (1995) através das normais climatológicas, publicadas pelo Departamento Nacional de Meteorologia, de 204 cidades brasileiras, para o período de 1961 - 1990, fez a caracterização climática do Brasil. Os dados por ele utilizados foram os de temperaturas máximas e mínimas mensais e a carta bioclimática de Givoni. Silva obteve o desvio das temperaturas máximas e mínimas em relação à zona de conforto proposta por Givoni, em seguida, cada desvio foi situado dentro da sua respectiva zona de conforto. Os dados foram espacializados. Cada estratégia bioclimática foi obtida individualmente e os dados foram cruzados obtendo-se então, o zoneamento bioclimático para fins de edificação, que apresenta 13 zonas bioclimáticas e suas respectivas estratégias de resfriamento ou aquecimento.

Goulart *et al.* (1998) trabalharam com dados meteorológicos obtidos através de fitas magnéticas, fornecidas pela ABRAVA/IBF⁴, junto ao CTA / IAE⁵ para 14 cidades brasileiras (Belém, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Luis, São Paulo, Vitória). O intuito era produzir dados climáticos que pudessem ser utilizados em projetos arquitetônicos e em avaliação energética de edificações. Os dados foram trabalhados utilizando a metodologia da ASHRAE e plotados na carta bioclimática de Givoni, a fim de visualizar a distribuição dos dados climáticos e obter as estratégias climáticas mais apropriadas para a cidade. Com base na carta bioclimática de Givoni o NPC/UFSC⁶ desenvolveu um programa em ambiente Windows denominado *AnalysisBio* que permite plotar os dados de temperatura e umidade do TRY sobre a carta bioclimática.

A proposta do zoneamento bioclimático brasileiro (RORIZ, GHISI & LAMBERTS, 2001; UFSC, 2003) foi desenvolvida como parte do programa de normalização de desempenho térmico de habitações de interesse social. Para tal, o território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas, quanto ao clima, em seguida o Brasil foi dividido em 6500 células caracterizadas pela: posição

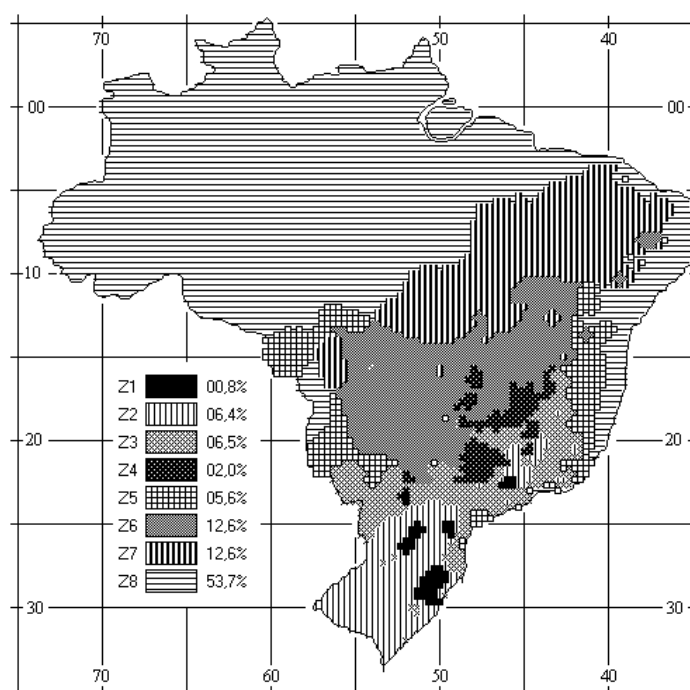
⁴ Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento / Instituto Brasileiro do Frio.

⁵ Centro Técnico Aeroespacial / Instituto de Aeronáutica e Espaço.

⁶ Núcleo de Pesquisa em Construção / Universidade Federal de Santa Catarina.

geográfica, médias mensais das temperaturas máximas; médias mensais das temperaturas mínimas e médias mensais das Umidades Relativas do ar. Para 206 cidades foram utilizadas as Normais Climatológicas medidas desde 1961 a 1990; para 124 cidades foram utilizadas as dados Normais e outras fontes medidas desde 1931 a 1960 e para as demais células, o clima foi estimado, por interpolação. Para a classificação bioclimática foi utilizada uma adaptação da carta bioclimática de Givoni⁷. Desta forma, foram obtidas as seguintes zonas bioclimáticas (Figura 03) e suas respectivas estratégias.

FIGURA 3 – ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO



FONTE: UFSC. Proposta de norma para ABNT: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Florianópolis: UFSC, 2003.

Em relação às zonas de conforto, algumas pesquisas foram realizadas para o Brasil. A pesquisa de Araújo⁸ citada por XAVIER (1999) foi a pioneira em obtenção de dados relacionados às condições de conforto térmico para a população brasileira, mais especificamente para o Rio Grande do Norte. Xavier (1999) pesquisou as

⁷ GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines". **Energy and Building**, vol.18, julho/92.

⁸ ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, FAU-USP, 1996.

condições de conforto térmico para a região de Florianópolis, como resultado, obteve-se uma zona de conforto para estudantes. De acordo com Xavier, as duas pesquisas apresentam diferenças consideráveis nos níveis de conforto e possivelmente isto se deve à adaptação das pessoas ao clima local. Gonçalves *et al.* (2001) pesquisaram índices de conforto térmico para a cidade de Belo Horizonte. Em sua pesquisa, o autor avalia a população universitária de Belo Horizonte e propõe uma zona de conforto para a cidade de Belo Horizonte.

Schiller e Evans (1996), argumentam que a habilidade de projetar em microclimas urbanos depende da habilidade de arquitetos e urbanistas em identificar as variações regionais do clima nas áreas urbanas. Desta forma, os autores sugerem cinco etapas para se chegar a um desenho urbano adequado: (1) análises das principais variáveis climáticas, ou seja, temperatura, umidade, ventos, chuva, nebulosidade e radiação; (2) avaliação das influências diretas e indiretas das variáveis climáticas no conforto humano para determinar o uso de climatização artificial, proteção solar e de ventos, etc; (3) selecionar as estratégias de desenho adequadas às condições naturais locais; (4) selecionar as estratégias bioclimáticas adequadas e (5) testar os resultados usando modelos, simulações etc.

A seguir, serão analisadas as características da forma urbana que atuam como condicionantes bioclimáticas.

1- Morfologia do Sítio Urbano

As características morfológicas de um determinado local indicam a direção do desenho urbano. “As áreas convexas possuem um clima moderado e as áreas côncavas possuem um clima de extremos – com maior duração – tanto de temperatura quanto de umidade” (WOEIKOF⁹ citado por OLIVEIRA, 1988, p.36). A cidade de Cubatão é um exemplo de cidades localizadas em vales. Devido à atividade industrial intensa e à forma urbana não adequada, Cubatão possui um alto índice de poluição atmosférica. Brasília foi implantada em uma área convexa, o que propicia uma boa ventilação da cidade (OLIVEIRA, 1988).

⁹ WOEIKOF citado por BELCHER, D. J. and associates. Relatório técnico sobre a nova capital. Rio: DASP, 1955, 1957. Brasília, CODEPLAN, 1984. 315 páginas. p.242.

Segundo Givoni (1997), a escolha do local adequado para a implantação de uma cidade ou loteamento de grande porte é muito importante¹⁰, pois disto dependerão as opções de desenho, a direção de expansão da cidade e da qualidade ambiental da mesma.

2- Tamanho e Densidade da Estrutura Urbana

Quanto maior e mais populosa a cidade, maior será a quantidade de atividades nela desenvolvidas, desta forma maior será sua infra-estrutura, densidade de ocupação, tráfego de veículos e, em consequência, maior a diferença entre as temperaturas da cidade e as do seu entorno.

A densidade das edificações interfere e modifica o vento, o balanço de radiação e a temperatura no nível do solo.

Lombardo (1985, p.16), ao estudar a ilha de calor na cidade de São Paulo, verificou que “os altos valores de temperatura estão relacionados às mais altas densidades de população, onde se encontram mais de trezentos habitantes por hectare”.

Santana (1997, p.155), em seu estudo na cidade de Fortaleza, concluiu que “as temperaturas mais elevadas foram registradas nos pontos localizados em zonas com maior densidade de edificações, pessoas e veículos,...”.

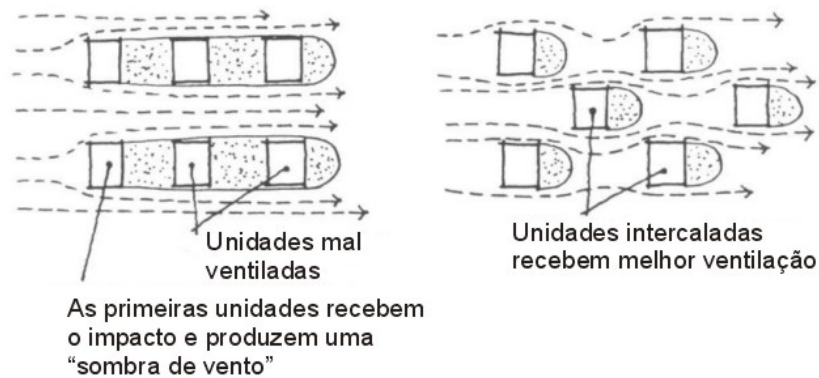
3- Rugosidade e Porosidade

A rugosidade das cidades é composta por uma série de fatores como: tamanho e densidade das edificações, altura e distância entre os edifícios, orientação das edificações, tamanho das caixas das vias. A porosidade pode ser vista como a permeabilidade aos ventos e é dada em função das distâncias entre as edificações e da largura das vias (Figuras 4 a 8).

As áreas entre as vias e as edificações são afetadas pela ventilação local e pelo potencial de insolação nas edificações, assim como as condições de ventilação, ou seja, formando túnel de vento ou bloqueando a ventilação. A altura média das edificações interfere na ventilação, pois edificações altas diminuem a velocidade do vento, no nível do solo, mais que as baixas edificações (GIVONI, 1997).

¹⁰ Deve-se salientar que, na prática, as cidades não são planejadas desde sua implantação, mas sim “nascem” em função de fatores sociais, culturais, econômicos etc.

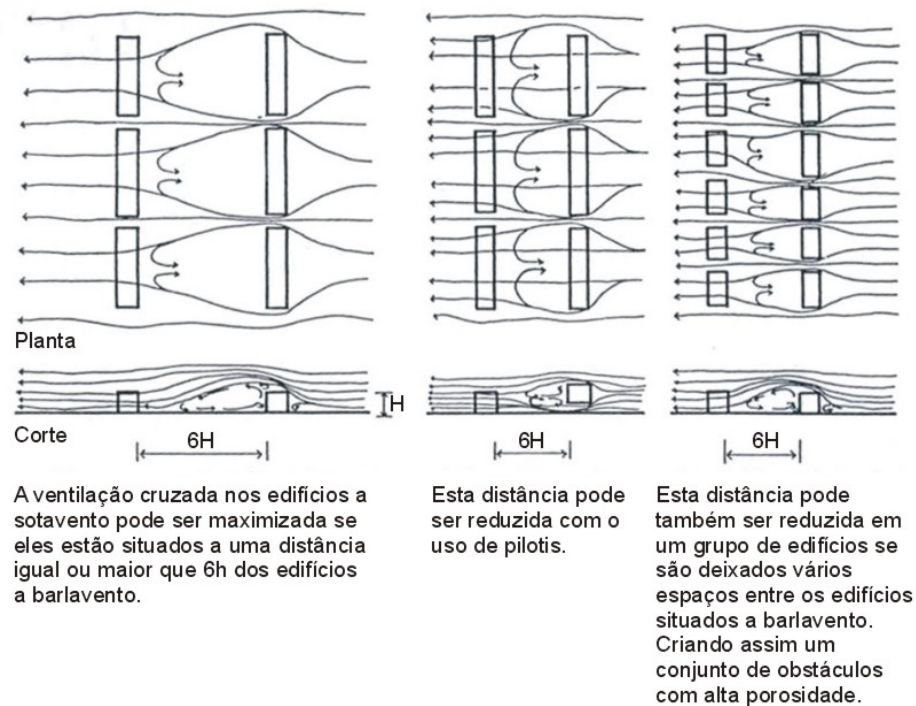
FIGURA 4 – ESPAÇAMENTO E LOCALIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E A VENTILAÇÃO



FONTE: OLGAY, 1968.

NOTA: Extraído de SANTANA, A. M. S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. São Paulo, 1997. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP, p.54.

FIGURA 5 – VENTILAÇÃO ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO E QUALIDADE DO AR

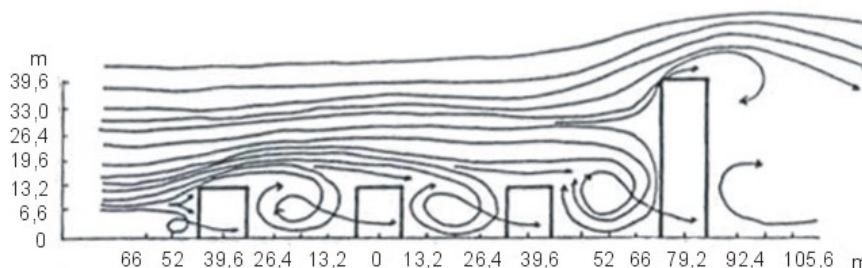


FONTE: OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília: UnB, 1988, p.46.

FIGURA 6 – MOVIMENTO DO AR SOBRE OS EDIFÍCIOS



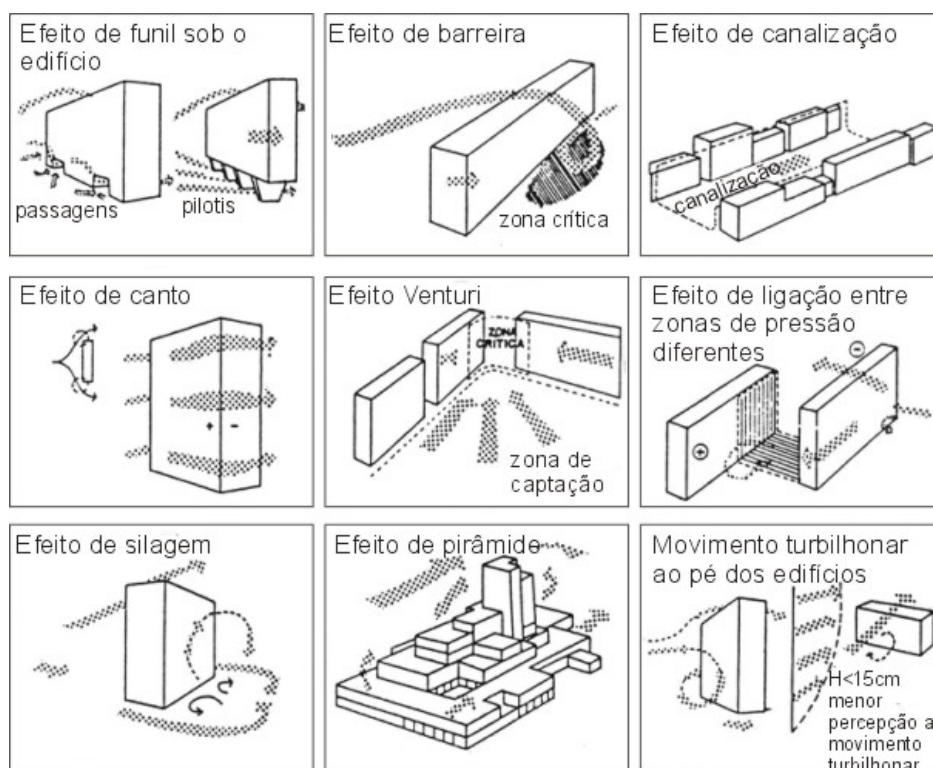
Movimento do ar sobre três edifícios baixos



Movimento do ar sobre três edifícios baixos e um alto

FONTE: OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília: UnB, 1988, p.42.

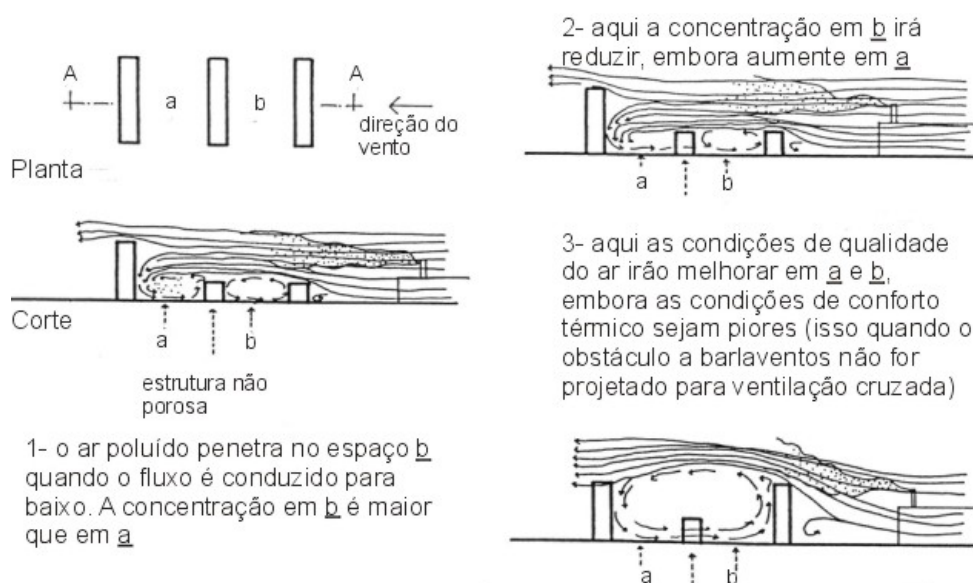
FIGURA 7 – EXEMPLOS DE ACIDENTES AERODINÂMICOS NO MEIO CONSTRUÍDO



FONTE: GANDEMER, 1981.

NOTA: Extraído de OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília: UnB, 1988, p.43.

FIGURA 8 – CONDIÇÕES DESEJÁVEIS PARA SE TER CONFORTO TÉRMICO



FONTE: SANTANA, 1979/1983.

NOTA: Extraído de OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília: UnB, 1988, p.44.

4- Orientação das Vias e das Edificações

Entende-se por orientação o posicionamento adequado dos elementos urbanos de forma que haja um melhor aproveitamento da ventilação, da insolação e até mesmo da topografia. A adequada orientação das vias e das edificações pode ajudar na ventilação local e no recebimento da insolação e, em consequência, num melhor conforto térmico local.

5- Uso e Ocupação do Solo

A ocupação e o uso do solo interferem nos efeitos climáticos sob três aspectos: na concentração e dispersão de atividades, na centralização e descentralização de usos do solo e a proporção de áreas verdes. A concentração de determinada atividade em uma área é a concentração de todos os subprodutos relativos àquela atividade, produzindo uma série de efeitos negativos sobre a mesma (OLIVEIRA, 1988).

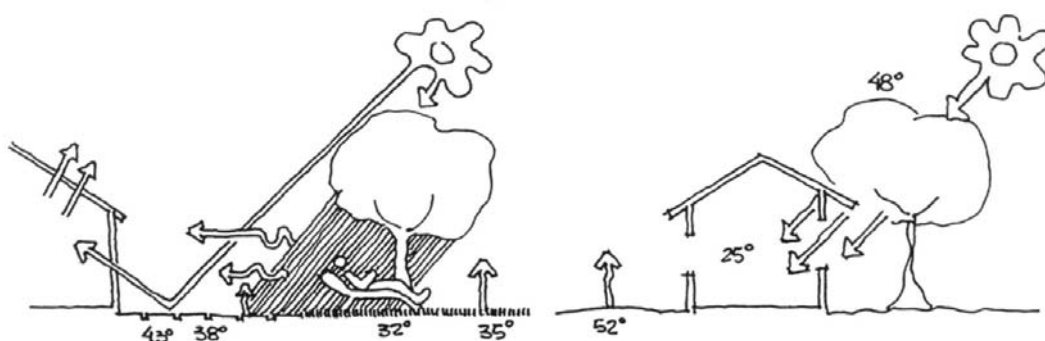
Danni-Oliveira (1995, p.24), em seu estudo da distribuição espacial do ar em Porto Alegre, “constatou a presença de ilhas de calor¹¹ sobre as áreas mais densamente edificadas e, ainda, sobre áreas caracterizadas pelo uso industrial”.

¹¹ No original IC.

As áreas verdes funcionam como elementos atenuantes no controle da temperatura. Em seu estudo, Danni (1987) constatou a formação de ilhas frias no centro da cidade em função do Parque Farroupilha.

Segundo Givoni (1991), as áreas verdes exercem grande influência na qualidade do meio ambiente urbano, afetando o conforto térmico tanto dentro como fora das edificações e a performance térmica das edificações (Figura 9). Além de aumentar a qualidade de vida na cidade, as áreas verdes também exercem outras funções urbanas como a função social e a psicológica. As áreas verdes urbanas funcionam como moderadoras do clima, ou seja, ajudam na evaporação, no controle do vento, fornecem sombra, dentre outros.

FIGURA 9 – EFEITO DA VEGETAÇÃO



FONTE: KONYA, 1981, p.38.

NOTA: Extraído de SANTANA, A. M. S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. São Paulo, 1997. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP, p.63.

6- Cobertura do Solo

A cobertura urbana, com suas áreas edificadas, vias pavimentadas, redes de drenagem e escoamento de águas pluviais, apresenta-se mais impermeável em comparação com as áreas rurais. “Quanto maior a umidade do solo, maior sua capacidade térmica. O solo seco se aquece mais depressa durante o dia, mas à noite devolve o calor armazenado mais rapidamente¹² em relação ao solo úmido,...” (SANTANA, 1997, p.57).

A elevação de temperatura nas cidades é causada em parte pelo lento resfriamento da massa edificada, que durante o dia armazena e perde calor e durante a noite o perde de maneira mais lenta, em comparação com as áreas

¹² No original rápido.

vegetadas e cultivadas. A tabela 1 mostra as diferentes porcentagens de radiação solar incidente e refletida difusamente por diferentes tipos de superfície.

TABELA 1 – COEFICIENTES DE RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE E REFLETIDA

Tipo de superfície	Reflexão	Tipo de superfície	Reflexão
Terreno ermo seco	0.10 - 0.25	Folhas verdes	0.25 - 0.32
Terreno ermo úmido	0.08 - 0.09	Bosque escuro	0.05
Areia seca	0.18 - 0.30	Deserto	0.24 - 0.28
Areia úmida	0.09 - 0.18	Salinas	0.42
Roche	0.12 - 0.15	Tijolo, segundo sua cor	0.23 - 0.48
Erva mate	0.32	Asfalto	0.15
Campo verde	0.03 - 0.15	Area Urbana	0.10

FONTE: LEE, 1964, citado por MASCARÓ, 1986; 31.

NOTA: Extraído de SANTANA, A. M. S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. São Paulo, 1997. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP, p. 58.

7- Propriedades Termodinâmicas de Materiais de Construção

O albedo, a absorção e a emissividade são as propriedades físicas dos materiais constituintes das áreas edificadas, das superfícies e da vegetação que contribuem para as variações da temperatura em áreas urbanas.

A radiação incidente sobre uma determinada superfície pode ser refletida ou absorvida, a quantidade de energia refletida ou absorvida é expresso pelo albedo, pelos coeficientes de reflexão e emissão dos materiais. A reflexão “é a relação entre a radiação refletida e a radiação total recebida pelo objeto” (SANTANA, 1997, p.59). O albedo é a “energia radiante proveniente da radiação refletida e depende do tipo de superfície refletora” (SANTANA, 1997, p.59). Varia de acordo com a textura, cor e material da superfície do objeto e é informado em porcentagem.

Desta forma, as superfícies que refletem calor tem maior valor de albedo e as que absorvem apresentam menor valor (Tabela 2 e 3).

TABELA 2 - VALORES DE ALBEDO DE ALGUMAS SUPERFÍCIES

Superfície/ Material	Descrição	Albedo	Superfície/ Material	Descrição	Albedo
Superfície líquida	Elevada altura solar	0.03-0.10	Campos	Gramado de jardim	0.20-0.30
	Baixa altura solar	0.10-1.00		Gramma: - Densa e alta	0.16
	Mar	0.03-0.10		- Longa (1.0mm)	0.16
Superfície florestada	Alagada (pântano)	0.11-0.19		- Curta (0.02mm)	0.26
	Coníferas	0.05-0.15		Gramma verde: - Seca pelo Sol	0.19
	Coníferas mista	0.06-0.22		- Morta e úmida	0.20
	Mata decíduifólia: - Inverno	0.10-0.15		- Morta e seca	0.30
	- Verão	0.15-0.20		Pastagem	0.12-0.20
	Floresta decíduifólia	0.12-0.20		Savana	0.16-0.18
	Eucaliptos	0.20		Em geral	0.5-0.40
	Floresta de pinheiro (abeto)	0.10		Terra preta: - Seca	0.14
	Floresta de	0.18		- Úmida	0.16
	Floresta de pinus	0.14	Solo nu	Argila	0.20
Superfície agrícola	Floresta tropical úmida	0.07-0.15		Solo escuro cultivado	0.07-0.10
	Beterraba	0.18		Solo escuro úmido	0.20-0.40
	Cereais	0.25		Desertos	0.20-0.45
	Milho	0.12-0.22		Solo desértico ou areia: - Seca	0.26
	Algodão	0.20-0.22		- Úmida	0.10
	Alface	0.22		Solo cinza - Seco	0.25-0.30
	Pomar	0.15-0.20		- Úmida	0.10-0.12
	Batatas	0.19		Solo orgânico (preto)	0.10
	Arroz	0.12		Rocha	0.12-0.15
	Centeio (inverno)	0.18-0.23		Areia - Fina brilhante	0.37
	Cana de açúcar	0.15		- Clara, seca	0.35-0.60
	Tabaco	0.25		- Cinza	0.10-0.20
	Tomates	0.20		- De rio	0.43
	Trigo: - Primavera	0.10-0.25		- Branca	0.34-0.40
	- Inverno	0.16-0.23		- Amarela	0.35
Superfície vegetada	Sem especificação	0.10-0.30		Dunas de areia	0.30-0.60
Madeira	Sem especificação	0.05-0.20		Solo arenoso	0.20-0.40

FONTE: PONCE, V.W. AND LOHANI, A K. Effect of land use changes on surface albedo, climate and water resources. San Diego State University, Department of Civil Engineering, december, 1994, 23p., apostila.

TABELA 3 - PROPRIEDADE RADIANTE DE ALGUNS MATERIAIS URBANOS

Superfície	Albedo	Emissividade
Estrada asfaltada	0.05-0.20	0.95
Parede:		
- de concreto	0.10-0.35	0.71-0.90
- de tijolo	0.20-0.40	0.90-0.92
- de pedra	0.20-0.35	0.85-0.95
- de madeira	-	0.90
Telhado:		
- de telha	0.10-0.35	0.90
- de ardósia	0.10	0.90
- de sapé/palha	0.15-0.20	-
Janela de vidro branco:		
- ângulo zenital <40°	0.08	0.87-0.94
- ângulo zenital 40 a 80°	0.09-0.52	0.87-0.92
Tinta:		
- branca	0.50-0.90	0.85-0.95
- vermelha, marrom e verde	0.20-0.35	0.85-0.95
- preta	0.02-0.15	0.90-0.98
Áreas urbanas (lat. médias):		
- variação	0.10-0.27	0.85-0.95
- média	0.15	-

FONTE: OKE, T. R. **Boundary layer climate**. London: Methuen & CO, 1978, p. 247.

2.3 CLIMA URBANO

O processo de urbanização das cidades e o acelerado crescimento populacional acarretam alterações na atmosfera urbana. Estas alterações ocorrem em função das atividades antrópicas, tais como emissão de poluentes, atividades industriais intensas, supressão da vegetação nativa, adensamento populacional, dentre outros fatores. Estas ações, direta ou indiretamente, favorecem a formação de microclimas diferenciados em distintas localidades da cidade. Este clima específico gerado nas cidades é designado clima urbano.

O clima é definido pelo somatório dos fluxos horizontal e vertical de energia e matéria. Sendo o fluxo horizontal composto pela circulação atmosférica e seus elementos formadores de tempo, ou seja, os centros de ação, as massas de ar, as frentes e os ventos locais e o fluxo vertical composto pelo balanço energético que depende da estrutura térmica e da umidade do ar (AYOADE, 2003). Podemos definir clima urbano como sendo o clima gerado em um determinado local devido às suas características atmosféricas e as alterações provocadas pelo Homem. Desta forma, Oke (1978), define o clima urbano como sendo o resultado das modificações causadas pelo processo de urbanização na superfície terrestre e nas características

atmosféricas de um determinado local e Monteiro (2003, p.19) diz que “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

As atividades geradas no espaço urbano, como fábricas, indústrias, tráfego de veículos, uso de aerossóis, lançam na atmosfera poluentes que interferem no balanço energético e hídrico, favorecendo a formação de nebulosidade. Tal efeito bloqueia a chegada de radiação solar direta na cidade, reduzindo em até 20% a radiação recebida em relação às áreas rurais (Tabela 4). Porém o balanço energético depende de outras variáveis além da radiação solar, tais como o albedo, a rugosidade (geometria) dos edifícios e a emissividade dos materiais empregados. Em uma área urbana, a reflexão da radiação recebida é menor do que na área rural devido ao albedo e a rugosidade das edificações, isto porque a radiação que seria devolvida para a atmosfera acaba incidindo em uma outra superfície, sendo refletida novamente em outra superfície e assim sucessivamente. O albedo médio das cidades é de 0,15; enquanto que o de uma área rural varia de 0,18 a 0,25 (Tabela 3), o que mostra a maior absorção da superfície urbana (DANNI-OLIVEIRA, 1995). A emissividade dos materiais urbanos é menor que a emissividade dos materiais das áreas rurais. “Deve-se salientar que o balanço de energia apresenta valores diferenciados de acordo com os vários padrões de uso do solo que caracterizam a cidade. (...) áreas mais edificadas,..., tendem a ter maior participação na emissão de ondas longas, induzindo a uma elevação das temperaturas do ar nestes locais.” (DANNI-OLIVEIRA, 1995, p. 14).

O balanço de energia apresenta variações entre as cidades, devido às características de cada sítio, tanto em relação às características naturais quanto às de uso e ocupação do solo. Isto ocorre devido ao fluxo de calor recebido e emitido pelas cidades. Quanto mais afastado dos centros urbanos, menos aquecido será o ar. Os fatores que propiciam um maior aquecimento do ar nas cidades são: (1) os materiais utilizados nas construções: que absorvem uma quantidade maior de radiação visível (ondas curtas) armazenando-a durante o dia; (2) a capacidade de resfriamento: durante a noite as superfícies perdem calor, esta perda ocorrendo de maneira diferente entre o campo e a cidade; (3) a impermeabilização do solo: a energia que seria gasta para evaporar a água não é utilizada e em consequência retorna ao ambiente; (4) o adensamento populacional: as atividades antrópicas

derivadas da densidade populacional contribuem para o aumento de calor sensível nas cidades; (5) a rugosidade da superfície urbana, que reduz a velocidade do vento, resultando numa menor perda de calor sensível (DANNI-OLIVEIRA, 1995).

TABELA 4 – VARIAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS CAUSADOS PELA URBANIZAÇÃO

Elemento	Comparação com a zona rural	
Radiação	Global	15 a 20% menos
	Ultravioleta (inverno)	30% menos
	Ultravioleta (verão)	5%
Temperatura	Média anual	0,5 a 1,0°C mais
	Média das mínimas	1,0 a 2,0° C mais
Velocidad do vento	Média anual	20 a 30% menos
	Ventos extremos	10 a 20 % menos
	Calmarias	5 a 20% mais
Contaminantes	Núcleos de condensação e partículas	10 vezes mais
	Misturas gasosas	5 a 25 vezes mais
Precipitação	Total	5 a 10% mais
	Dias com menos de 5mm	10% mais
	Neve	5% menos
Nebulosidade	Céu encoberto	5 a 10% mais
	Neblina (inverno)	100% mais
	Neblina (verão)	30% mais
Umidade relativa	Inverno	2% menos
	Verão	8% menos

FONTE: BRYSON, R.; ROSS, J. **The climate of the city**. Urbanization and environment. Duxbury Press, p.52, 1972.

NOTA: Extraído de DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos conceituais do sistema clima urbano: uma breve revisão bibliográfica sobre ilhas de calor. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n.15, p.13-26, jul./set. 1995, p.17.

2.3.1 Estudos sobre Clima Urbano

As alterações climáticas produzidas pelas atividades humanas são conhecidas desde as civilizações grega e romana. Sendo que os primeiros registros atmosféricos foram feitos na Grécia, aproximadamente no séc. V a.C. (MENDONÇA, 2001). A primeira alteração a ser percebida foi na composição do ar, provocada pelo sistema de combustão empregado nos processos de manufaturas. A partir do séc. XVII foram estabelecidas observações meteorológicas e termométricas que possibilitaram o conhecimento das alterações climáticas em função do crescimento das cidades. O primeiro estudo de Climatologia Urbana foi feito por Luke Howard, em 1818, para a cidade de Londres. Howard analisou o período de 1797-1831 e

apontou as principais características do clima urbano e as alterações que este pode sofrer, da mesma forma descreveu o fenômeno da neblina urbana (*city fog*) e mostrou que o centro de Londres apresentou temperaturas mais elevadas que o campo, 2,1°C a noite e -0,2°C de dia, sendo a causa o uso de carvão como combustível para a geração de calor. Emilien Renou, em 1862, estudou o incremento da temperatura na cidade de Paris e concluiu que a diferença de temperatura entre a cidade e o campo é de 1°C para a mesma altitude. Esse estudo também mostrou que a diferença entre as temperaturas durante a noite entre cidade/campo foi maior quando se têm condições meteorológicas que propiciam o resfriamento por radiação. No final do século XIX, Hann define a diferença de temperatura entre o centro da cidade e seu entorno como *Stadttemperatur* (GARCIA, 1992).

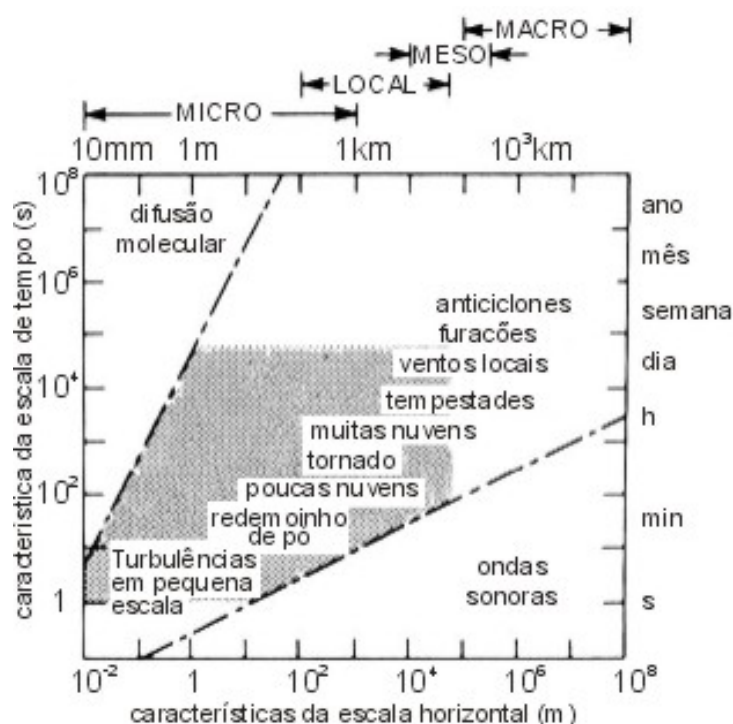
Após a 2ª Guerra Mundial, com o crescimento das cidades e a industrialização, houve um aumento no estudo do clima urbano, sobretudo na Europa, Estados Unidos e Japão. Devido, principalmente, aos problemas causados pela poluição atmosférica. Desta época data a obra de Chandler¹³ citado por Danni (1987), um estudo sobre o clima de Londres, no qual o autor aponta quatro causas primárias para formação da ilha de calor: (1) o uso de aerossóis; (2) a rugosidade da superfície; (3) as propriedades térmicas e hidrodinâmicas das superfícies urbana e (4) os processos de combustão.

Avanços tecnológicos impulsionaram os estudos de climatologia no séc. XX (MENDONÇA, 2001), ocorrendo avanços metodológicos, como a introdução do método dos transetos móveis, como o estudo do clima da cidade de Viena por Wilhelm Schmidt, em 1927 (GARCIA, 1992). A segunda metade do século XX é marcada pela preocupação com as questões ambientais, sendo a Conferência de Estocolmo, em 1972, o marco inicial destas discussões (MONTEIRO, 2003).

Oke (1978), classifica as escalas atmosféricas em função do tempo e do espaço. Desta forma, ficam definidas as quatro escalas de estudo: (1) Micro escala, que varia de 10^2 a 10^3 metros; (2) escala local, que varia de 10^2 a 5×10^4 metros; (3) Meso escala, que varia de 10^4 a 2×10^5 metros e (4) Macro escala, que varia de 10^5 a 10^8 metros (Figura 10). Segundo o autor, a influência da superfície terrestre se limita a uma distância de 10 km do solo, na troposfera. Desta forma, Oke dividiu a

atmosfera urbana em duas camadas: a *urban canopy*, ou camada intra-urbana, que é limitada pelo *skyline*¹⁴ da cidade e a *urban boundary layer*, ou camada limite urbana, que está acima da *skyline* (Figura 11). As alterações relativas às escala local e meso escala ocorrem na camada limite urbana, e são caracterizadas pela natureza da superfície urbana. Na camada intra-urbana, ocorrem os fenômenos relativos à micro escala.

FIGURA 10 – ESCALAS TEMPORAL E ESPACIAL



FONTE: OKE, T. R. **Boundary layer climate**. London: Methuen, 1978. p.4.

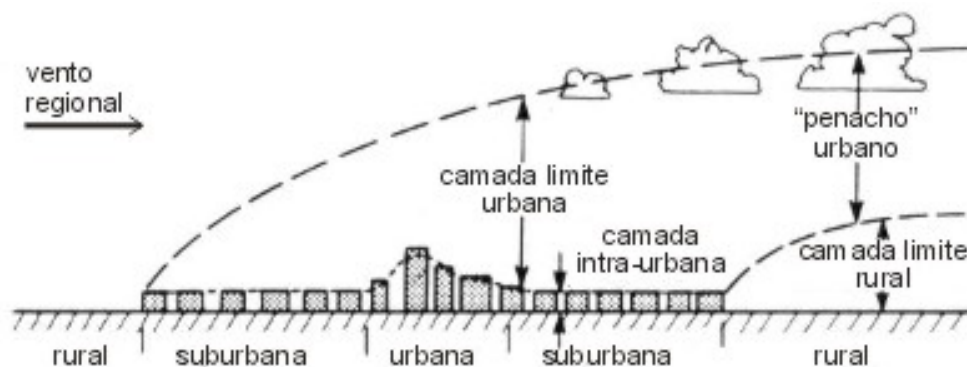
NOTA: A área hachurada representa o domínio das características da camada limite.

Segundo Oke (1978), o processo de urbanização provoca alterações radicais na natureza da superfície e nas propriedades atmosféricas de uma região, sendo as principais alterações notadas nas áreas urbanas. Para o autor, a forma mais fácil de estudar o impacto destas alterações é através do estudo comparativo dos dados climáticos entre as áreas rurais e as urbanizadas.

¹³ CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London: Hutchinson & Co (Publishers) Ltd, 1965.

¹⁴ É o perfil das edificações da cidade, o nível dos telhados.

FIGURA 11 – ATMOSFERA URBANA



FONTE: OKE, T. R. **Boundary layer climate**. London: Methuen, 1978. p.240.

Na década de 80, Landsberg realiza um compêndio dos seus estudos, no qual faz uma revisão sistemática de todos os aspectos do clima urbano, desde as peculiaridades que apresenta a atmosfera urbana, as alterações e modificações que sofrem os elementos climáticos, fazendo algumas sugestões em relação ao planejamento urbano (GARCIA, 1992).

Desta forma, a maneira mais usual de se estudar as alterações climáticas na cidade é através da utilização de dados meteorológicos provenientes de estações meteorológicas oficiais. Uma rede complementar, para a obtenção de dados, usualmente é montada para que se tenham dados climáticos em áreas específicas e num maior número de áreas monitoradas. Esta complementação pode ser feita por meio do monitoramento fixo de dados climáticos ou do monitoramento móvel. São montadas pequenas estações de monitoramento com equipamentos tais como: termômetros, pluviômetros, anemômetros e equipamentos para recolher material particulado, que são utilizados nos transetos móveis. Aparelhos armazenadores de dados são utilizados para o monitoramento fixo. A partir da década de 80, passou-se a utilizar imagens de satélite e fotos aéreas como ferramentas no estudo do clima urbano.

Nesta pesquisa considera-se o clima urbano como um sistema, onde diversas variáveis interagem e geram produtos que voltam a interagir no sistema. O estudo baseia-se no modelo teórico proposto por Monteiro (2003), chamado Sistema Clima Urbano, o qual é composto por três canais de percepção: termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico (Tabela 5). Um dos fatores que deve ser levado em consideração no estudo do clima urbano é o da escala, tanto temporal quanto espacial, que se está estudando. A presente pesquisa investiga as alterações

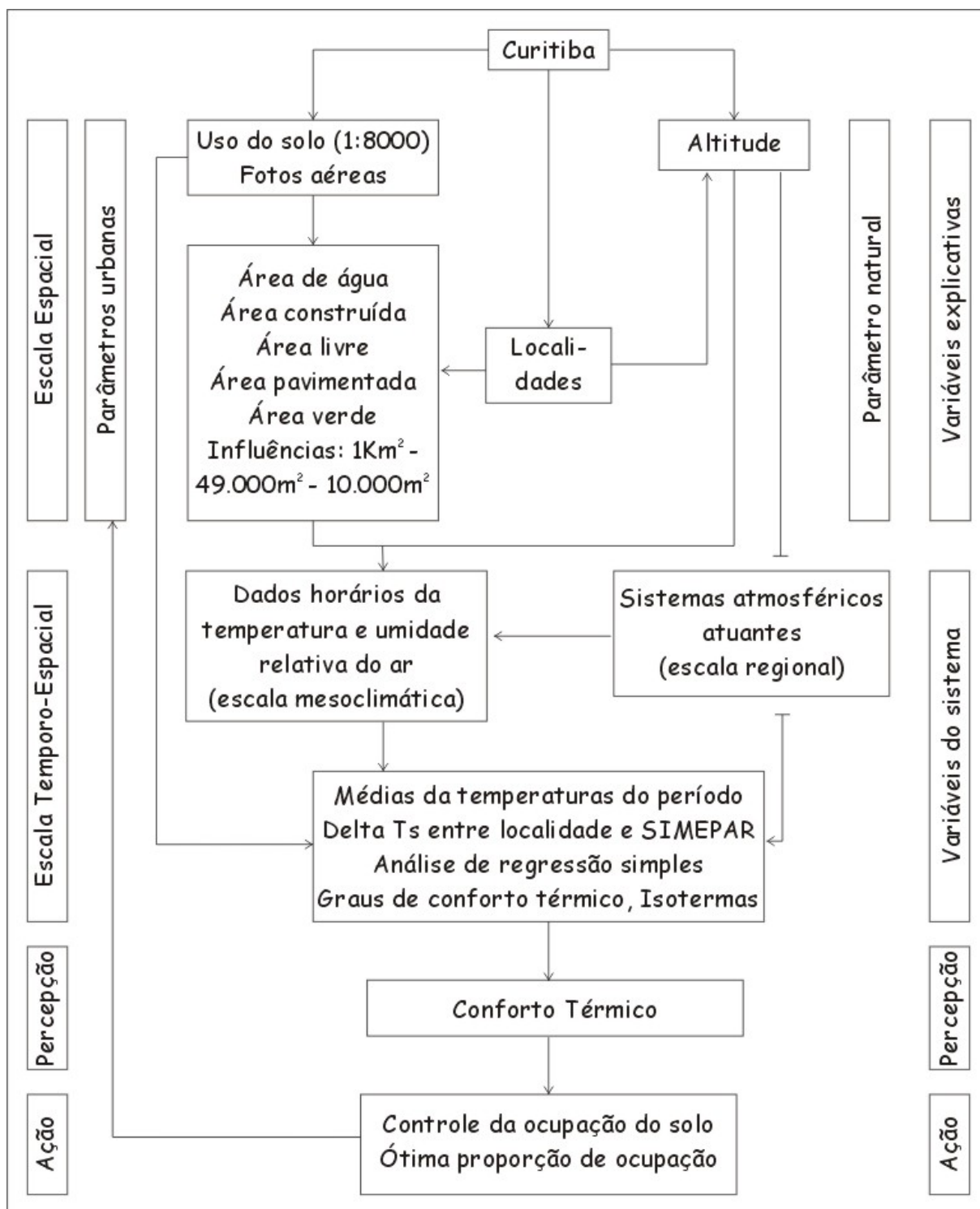
climáticas da cidade de Curitiba, de acordo com a Tabela 6 (MONTEIRO, 2003), sendo a escala a ser investigada a mesoclimática. Esta tabela visa dar um direcionamento no que diz respeito a estratégias de abordagem, escala a ser utilizada, as técnicas de abordagem, dentre outros. A pesquisa investiga o canal termodinâmico, ou seja, o conforto térmico, de acordo com o esquema apresentado na Figura 12.

TABELA 5 – SISTEMA CLIMA URBANO

Subsistema	Termodinâmico	Físico-químico	Hidrometeorológico
Caracterização	Conforto térmico	Qualidade do ar	Impacto meteórico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos Indústrias Obras	Atmosfera estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao oprador	Do oprador ao operando
Mecanismos de ação	Transformação no sistem	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo x Ambiente	Do Núcleo ao Ambiente	Do Ambiente ao Núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica espacial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica espacial	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e infra- estrutura urbana
Produtos	"Ilhas de Calor" Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataque à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana e regularização fluvial Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e homem	Homem	Natureza

FONTE: MONTEIRO, C. A. (org). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

FIGURA 12 – ELEMENTOS CONSIDERADOS NA PESQUISA



NOTA: Baseado no Canal Termodinâmico proposto por MONTEIRO, C. A. (org). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

TABELA 6 – CATEGORIAS TAXONÔMICAS DO CLIMA URBANO

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de Observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(milhões de Km)	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	(milhões de Km)	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	(centenas de Km)	1:1.000.000 1:5.000.000	Sub-regional (fácies)	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
V	(dezenas de Km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Interação geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	(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 bairros/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
-	metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação, Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

FONTE: MONTEIRO, C. A. (org). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

Além da influência do Homem sobre o clima, o clima também influencia o Homem. Há várias maneiras pelas quais o clima exerce influência sobre o ser humano: “o essencial para a vida da humanidade no planeta é especialmente o ar, a água, o alimento, o vestuário e o abrigo, que são todos dependentes das condições meteorológicas ou do tempo que lhe é inerente” (AYOADE, 2003, p. 289). O clima influencia o homem em diversos fatores, como na saúde, no conforto, na fisiologia, nas emoções, no comportamento humano, no desempenho nas atividades diárias, devendo-se enfatizar que a influência climática pode ser tanto positiva como negativa (AYOADE, 2003). Dentre os efeitos diretos da alteração climática está o desconforto térmico e em consequência, a redução do desempenho humano em suas atividades diárias.

É evidente que a urbanização exerce influência direta ou indireta no clima da cidade. “O Homem¹⁵ tem capacidade de “criar” microclimas e alterar

¹⁵ No original homem.

substancialmente os climas locais (como os “urbanos”) projetando sua ação direta até os espaços sub-regionais” (MONTEIRO, 2001, p. 200).

Como efeito indireto desta influência tem-se o aumento do consumo de energia em climatização artificial. Ao se planejar levando em consideração os aspectos climáticos de um dado lugar estes efeitos poderiam ser reduzidos. Desta forma, o clima é um fator determinante para o ser humano e, sendo por este modificado, deveria ser levado em consideração também no que diz respeito ao planejamento urbano.

Diversos estudos sobre clima urbano foram realizados, principalmente em cidades de médias latitudes. No Brasil, ou seja, em regiões tropicais, são recentes os estudos sobre as alterações climáticas urbanas.

2.3.2 Estudos Realizados no Brasil

No Brasil, os primeiros estudos sobre a distribuição da temperatura do ar nas cidades começaram a ser desenvolvidos na década de 70. Em 1973, Monteiro e Tarifa estudaram o clima da cidade de Marabá (Pará) para dar subsídio ao planejamento urbano. Foram selecionados três pontos (um central, um suburbano e um rural) para o monitoramento das variáveis: temperatura e umidade relativa do ar e, foram usados como apoio os dados da estação meteorológica do aeroporto. Desta forma, foram coletados dados durante seis dias de setembro, nas ruas, quintais e no interior das casas. Os resultados mostraram que as temperaturas noturnas na área urbana foram maiores que nas áreas suburbana e rural (DANNI-OLIVEIRA, 1995).

Danni estudou a distribuição espacial de temperatura em Porto Alegre-RS, em um período de quinze dias de inverno. As medições foram fixas para os horários das 9h, 15h e 21h. Os resultados mostraram a formação de ilhas de calor nas áreas mais urbanizadas (DANNI-OLIVEIRA, 1995). Em outro estudo, para o período de verão, em 1982, Danni (1987) constatou o mesmo fenômeno nas áreas mais industrializadas. Sampaio, ao estudar o clima de Salvador, em 1980, comparando cinco localidades edificadas com seis áreas livres, encontrou uma diferença térmica de 1,3° a 6,0° a mais nas áreas edificadas do que nas livres.

O estudo feito para a cidade de São Paulo, em 1985, utilizou imagens de satélite e dados de campo (monitoramento fixo e móvel). Foram selecionados 18 pontos, através de fotos aéreas na escala 1:8000, com diferentes usos do solo. As

correlações entre temperatura, uso do solo e poluentes mostraram a formação de ilhas de calor com as áreas de pico coincidindo com as áreas mais poluídas e edificadas. A diferença entre as temperaturas rural e urbana foi acima de 10°C. Segundo Lombardo (1985), o maior gradiente térmico ocorreu na presença de situação sinótica favorável à poluição, com inversão térmica e tempo estável. As maiores concentrações de poluentes ocorreram nas localidades com as mais elevadas temperaturas, indicando uma forte relação entre ilha de calor e concentração de poluentes. Da mesma forma, as maiores temperaturas foram registradas em regiões densamente edificadas e com pouco área verde indicando a relação entre ilha de calor e ocupação do solo.

Na década de 90, houve um aumento na quantidade de pesquisas relacionadas ao clima urbano. Sakamoto (1994) estudou a relação entre a temperatura do ar e a configuração do céu. Os monitoramentos dos dados térmicos foram realizados em dois dias (01/11/86 e 18/07/87) com intervalos de 3 horas entre cada dado durante 24 horas. Para se obter a configuração do céu a autora utilizou fotos com lente “olho de peixe” e o ábaco de Ito, obtendo assim a porcentagem de céu obstruído e céu livre. Foram selecionados 20 locais, levando em consideração a estrutura urbana, a geomorfologia e o plano diretor da cidade. As áreas com características semelhantes foram agrupadas em setores e em cada setor três pontos foram monitorados. Os dados térmicos foram correlacionados com a configuração do céu. Os resultados mostraram que a variação térmica depende de mais de um fator, tais como: topografia dos pontos, vento, orientação das vias de circulação e nebulosidade.

Mendonça (1994) propôs uma metodologia para o estudo climático de cidade de pequeno e médio porte. O estudo foi realizado para a cidade de Londrina, região norte do Paraná, e abordou três técnicas diferentes: o monitoramento fixo em 17 pontos da cidade, dois transetos com 12 pontos nos sentidos Norte-Sul e Leste-Oeste e imagens de satélite. Observou-se a formação de ilhas de calor noturnas de forte intensidade (10°C e 13°C) tanto no verão quanto no inverno, a ocorrência de ilhas frias nos períodos vespertino e matutino e o desconforto térmico urbano, que ocorre devido às elevadas diferenças de temperatura e umidade relativa do ar intra-urbana e entre as áreas rural e urbana.

No estudo feito para a cidade do Rio de Janeiro, Brandão (1996) trabalhou com as quatro escalas de abordagem: local, meso, topo e microclimática. O objetivo foi identificar as unidades climáticas da cidade. Para cada escala de abordagem, foi utilizada a metodologia mais apropriada. A análise da cidade como um todo apresentou a formação de ilha de calor de moderada intensidade, entre 4° e 5°C. A máxima intensidade se verificou em situação anticiclônica sob influência do Anticiclone Tropical Atlântico. O estudo mostrou também a formação de ilha fria no Jardim Botânico, enquanto que as áreas mais adensadas e verticalizadas conservaram o calor no período noturno.

Alguns estudos realizados para as cidades de Salvador, Belo Horizonte e João Pessoa utilizaram a metodologia proposta por Katzschner (ARAÚJO *et al.*, 1999; KATZSCHNER, 1997; NERY *et al.*, 1997; CARLO & ASSIS, 1999). Estas tem por objetivo produzir dados climáticos que possam ser utilizados por planejadores, de maneira fácil e direta, assim como produzir uma ferramenta para o planejamento urbano. A metodologia está em avaliar, qualitativa e quantitativamente, o clima urbano e definir um sistema de classificação, com base nos padrões térmicos e dinâmicos do clima da cidade. São três as etapas da metodologia: (1) a investigação dos parâmetros urbanos da cidade, através dos mapas de uso e ocupação do solo, da topografia local, da análise da densidade e altura das edificações e da estrutura da vegetação; (2) o processo de avaliação dos mapas do clima urbano que mostra as áreas favoráveis e desfavoráveis climaticamente em função das características climáticas, tais como sistema de circulação, ilhas de calor e a influência dos ventos regionais e (3) o monitoramento dos dados climáticos.

Krüger & Rossi (2002) estudaram cinco localidades em Curitiba. O monitoramento ocorreu em diferentes períodos compreendidos entre julho de 2000 e março de 2002. Utilizou-se dados das duas estações do SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná. Apesar do monitoramento ter sido realizado em diferentes períodos, o estudo mostrou um mesmo padrão em termos de variação térmica entre as localidades e os dois pontos de referência, e apontou como regiões mais quentes aquelas mais próximas à área central da cidade.

Gouveia, Hajat & Armstrong (2003) estudaram o impacto da temperatura na mortalidade em São Paulo no período de 1991 à 1994. A análise da relação entre mortalidade e temperatura foi realizada com base na posição sócio-econômica, na

faixa etária e nas causas dos óbitos. Os autores concluíram que a taxa de mortalidade de São Paulo está associada tanto aos dias quentes quanto aos frios, com relação à temperatura base de 20°C. A pesquisa mostrou que para cada 1°C acima dos 20°C a taxa de mortalidade aumenta em 1,5% nos adultos e 2,6% nas crianças. O risco é maior para cada grau abaixo dos 20°C. As crianças e os idosos são as faixas etárias mais afetadas.

2.4 O CLIMA DA REGIÃO SUL E DE CURITIBA

A compreensão do clima de uma região é feita através da análise dos sistemas de circulação atmosférica, que são compostos pelos centros de ação, as massas de ar e as frentes. Os principais elementos destes sistemas são os centros de ação, ou seja, os ciclones e os anticiclones, que representam a distribuição da pressão atmosférica. Ciclone é o termo utilizado quando ocorre baixa pressão central e anticiclone quando ocorre alta pressão. Segundo Hare¹⁶ citado por Ayoade (2003, p.99), “uma massa de ar pode ser definida como um grande corpo de ar horizontal e homogêneo...”. Duas massas de ar com características diferentes podem gerar as depressões frontais, sendo estas zonas limites entre as duas massas de ar, que tornam o tempo instável e chuvoso (AYOADE, 2003).

A região Sul está sob constante ação dos anticiclones oceânicos: o Anticiclone Migratório Polar e o Anticiclone Subtropical do Atlântico que constituem a principal fonte das massas de ar tropicais marítimas. O principal centro de ação negativo é a Depressão do Chaco. Estes centros de ação são responsáveis pela formação das massas de ar. As principais massas de ar que atuam na região Sul, de acordo com Monteiro (1968), são (Figura 13):

- Massa Tropical Atlântica (Ta): tem origem no anticiclone do atlântico Sul e é uma massa quente e úmida com tendência à estabilidade. Sua atividade é constante durante todo o ano;

- Massa Polar Atlântica (Pa): tem origem sobre o oceano Atlântico, na latitude da Patagônia, é uma massa fria e úmida com atividade constante durante o ano todo, com seu deslocamento em direção ao continente é gerada a frente polar atlântica (FPA) que regula as chuvas da região;

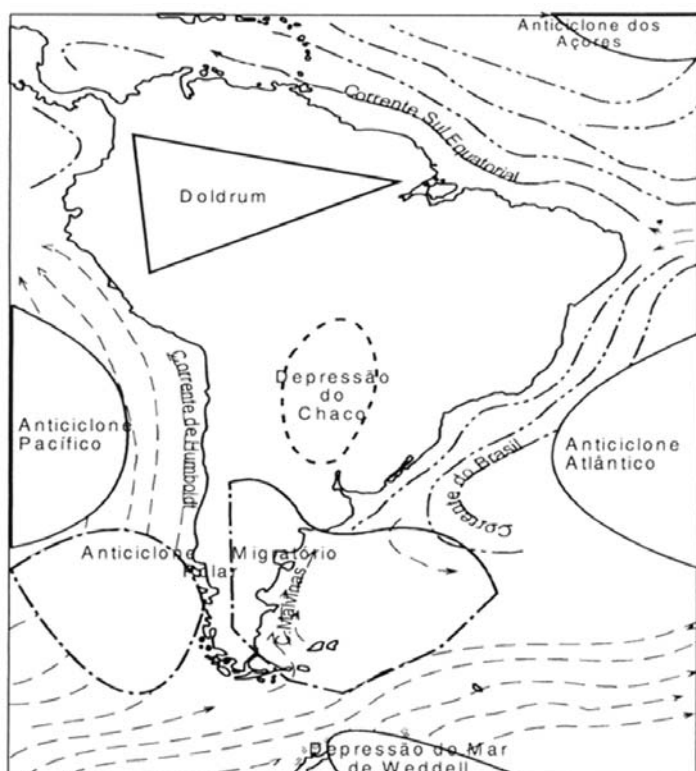
¹⁶ HARE, F. K. **The restless atmosphere**. 8. ed., London: Hutchinson, 1953.

- Massa Equatorial Continental (Ec): tem origem na Planície Amazônica é uma massa quente e úmida e atua no verão;

- Massa Tropical Equatorial (Tc): tem menor atuação e é mais restrita ao verão, sendo uma massa quente e seca.

As duas massas de ar continentais – Ec e Tc – atravessam a região Sul, sendo a Ec responsável pelo aquecimento da região no verão e a Tc, além do calor, responsável pelo aumento de umidade e precipitações.

FIGURA 13 – CENTROS DE AÇÃO ATUANTES NA AMÉRICA LATINA



FONTE: MONTEIRO, C. A. (org), 1973.

NOTA: Extraído de DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos climáticos de Curitiba - PR: uma contribuição para o ensino médio. RA'EGA, Curitiba, n.3, 1999, p.232.

A região Sul do país situa-se na zona extratropical, tendo o clima caráter subtropical. Os invernos apresentam temperaturas baixas, com a ocorrência de geadas e os verões são quentes. Durante todo o ano, as chuvas são abundantes, sendo esta a região mais úmida do país. A massa Tropical Atlântica de baixa pressão atua predominantemente durante os meses de outubro a março, com o deslocamento de frentes quentes para o Sul, o que gera instabilidade e umidade. Entre abril e setembro, a infiltração da massa polar atlântica em direção ao norte,

provoca nebulosidade, madrugadas frias e secas, instabilidade e chuvas de grande intensidade. Durante o verão, podem ocorrer chuvas de origem convectiva devido ao calor (FILL *et al.*, 1999).

A região Sul do Brasil tem característica mesotérmica, ficando a média anual de temperatura entre 16°C e 20°C. A amplitude térmica é acentuada, entre 7°C e 13°C. Nas superfícies com menor altitude tem-se os maiores aquecimentos, enquanto que os maiores resfriamentos apresentam-se nas maiores altitudes, sendo estes também causados pelo avanço das massas polares (MONTEIRO, 1968).

Curitiba é a capital mais fria do Brasil (LAMBERTS *et al.*, 1997) e tem altitude média de 917 metros, latitude 25°31' Sul e longitude 49°11' Oeste. Situa-se abaixo do Trópico de Capricórnio e sobre um planalto, apresentando clima sub-tropical úmido, com verão ameno e inverno moderado, com alguns dias mais rigorosos. Das 8 zonas definidas pelo zoneamento bioclimático brasileiro (Figura 3), conforme a Norma de Desempenho Térmico de Edificações (UFSC, 2003), Curitiba se encontra na Zona Bioclimática 1, correspondente a apenas 0,8% do território nacional. As estratégias de condicionamento térmico passivo sugeridas para esta zona bioclimática são: aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica). Note-se que o condicionamento térmico passivo é insuficiente durante o período mais frio do ano.

De acordo com a classificação de Köppen, Curitiba apresenta um clima predominantemente tropical temperado, do tipo Cfb. Segundo Fill *et al.* (1999), Curitiba apresenta as seguintes características climáticas: (1) clima úmido, temperado e sem estação seca definida; (2) maior incidência pluviométrica, em média, no verão, podendo ocorrer inversão desta sazonalidade; (3) velocidade do vento moderada, com direção predominante N-E; (4) a evapotranspiração real apresenta 71 % da precipitação e 82% quando a superfície é líquida; (5) no inverno, é comum a ocorrência de geadas (temperatura inferior ou igual a 0°), podendo ocorrer entre abril a setembro.

O clima de Curitiba, segundo o IAPAR, apresenta médias entre 18°C e 22°C, nos meses mais frio e mais quente, respectivamente. O período mais quente é entre novembro e março. No inverno, as temperaturas são baixas, sendo os meses de junho e julho os mais frios. Apresenta uma grande amplitude térmica diária e sazonal (MENDONÇA, 2001). Curitiba apresenta um bom regime de chuvas, sendo que as

chuvas mais intensas ocorrem de dezembro a maio e a estação menos chuvosa é o inverno. Entretanto, devido a frente polar atlântica, o inverno pode tornar-se chuvoso. O mês mais seco, com menor quantidade de chuva, é agosto e julho o mês com menos dias chuvosos (DANNI-OLIVEIRA, 1999).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a influência da ocupação do solo na variação da temperatura em diferentes localidades de Curitiba.

O presente estudo deriva de um pré-estudo realizado em 2002, envolvendo cinco localidades em Curitiba. Nesse pré-estudo, os dados utilizados foram obtidos em diferentes períodos compreendidos entre julho de 2000 e março de 2002, por ocasião do desenvolvimento de diferentes avaliações bioclimáticas em edificações. Deste modo, a amostra obtida foi aleatória e não simultânea. Para a avaliação, foram utilizados dois pontos de referências, as estações do SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná. Concluiu-se que, embora os dados tenham sido coletados em períodos distintos, havia uma certa consistência nos resultados. Este fato foi confirmado pelos resultados obtidos a partir das duas referências adotadas que, embora distantes entre si (9 km), mostraram um mesmo padrão em termos de variação média de temperatura para cada localidade. A partir deste resultado, o monitoramento simultâneo em diferentes localidades, a fim de analisar o clima local, com base em uma estação de referência, pareceu ser válido. No caso, utilizou-se como ponto de referência os dados climáticos da estação meteorológica do SIMEPAR/UFPR.

Em geral, as pesquisas realizadas no campo da climatologia urbana utilizam o método do transeito móvel para a coleta de dados climáticos, ou a coleta de dados fixos nas 3 horas de base 9h, 15h e 21horas. Normalmente a coleta de dados é realizada a 1,50 metros do solo, ou seja, na camada intra-urbana. Nesta pesquisa, foi utilizada a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar de maneira simultânea, por 24 horas e durante 29 dias consecutivos, em 14 localidades da cidade, o equipamento de medição foi instalado aproximadamente a 10 metros do solo. Ficando desta forma o equipamento fora da área intra-urbana e como consequência os resultados podem ser diferentes dos resultados expostos na literatura. Os meses escolhidos para a coleta de dados foram o de junho e julho, ou seja, durante o inverno, pois esta é a época com um maior desconforto térmico na cidade. A metodologia consta de quatro etapas principais:

- Atualização do ano climático de referência;
- Monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar;

- Obtenção dos percentuais de ocupação nas localidades monitoradas;
- Análise da variação de temperatura em função da ocupação do solo.

3.1 ATUALIZAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA

A primeira fase desta pesquisa foi estudar o clima da cidade, através da variação térmica de Curitiba para um período de cinco anos. Para tal, foi utilizada a metodologia da ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*, chamada de TRY (*test reference year*) ou ano climático de referência. Segundo Carvalho *et al.* (2002), o TRY “consiste de um ano típico representativo de um determinado lugar geográfico considerando-se um período de no mínimo 10 anos consecutivos de séries de dados climáticos”. O objetivo geral do TRY é satisfazer os seguintes critérios (MÜLLER, 2001, p.135): (1) representação de zonas climáticas; (2) determinar seqüências e variações horárias durante os dias e série de dias típicos existentes para a zona climática e (3) obter uma correlação verdadeira entre diferentes parâmetros, especialmente temperatura e radiação solar.

Segundo a ASHRAE (1993, p. 24.3), “programas de domínio público e de propriedade de energia freqüentemente utilizam 8760 horas de dados climáticos”. Um dos objetivos do ano climático de referência – TRY (*test reference year*) é fornecer informações climáticas para o cálculo de energia. Segundo Müller (2001, p.135), “a simulação de construções é uma promissora ferramenta para a melhoria térmica dos edifícios em países em desenvolvimento (...)”. Em países Europeus e Norte Americanos, o uso dos TRYs é comum, porém em países em desenvolvimento a falta destes dados climáticos torna-se um empecilho para o uso dos programas de simulação (MÜLLER, 2001). Existem diferentes procedimentos para a preparação do TRY. Para este trabalho, adotou-se o procedimento da ASHRAE (1993, p. 24.1), que se baseia na premissa de que “o nível de freqüência de ocorrência de uma temperatura específica sobre um período de tempo conveniente repetir-se-á no futuro”. Evidências meteorológicas mostram que a temperatura pode variar de 1°C a 2°C em um período de 15 anos (ASHRAE, 1993).

Goulart *et al.* (1998), montaram o ano climático de Curitiba para a década de 60, com base nos dados da estação meteorológica do Aeroporto Internacional Afonso Pena, fornecidos pela ABRAVA/IBF e CTA / IAE. O objetivo da atualização

desse ano é o de verificar se houve aquecimento na cidade, face à urbanização acelerada.

A atualização do ano climático de referência quanto a temperaturas e umidades do ar para Curitiba foi feita com base em dados da década de 90. Os dados utilizados foram cedidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR. O SIMEPAR teve sua implantação em meados de 1997 e começou a registrar dados climáticos a partir de junho do referido ano. Para a montagem do TRY, utilizam-se os dados dos anos completos. Sendo assim, trabalhou-se com um período de cinco anos, de 1998 a 2002. Note-se que o ano obtido não representa o verdadeiro TRY, mas uma atualização referente a cinco anos de dados climáticos. Esta limitação se deu devido ao tempo de implantação e coleta de dados da estação meteorológica adotada. O procedimento para a atualização do TRY está descrito no capítulo 4, seção 4.1. A metodologia será melhor compreendida se os resultados forem mostrados juntos.

3.2 PARÂMETROS DE ANÁLISE DA TEMPERATURA LOCAL EM FUNÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO

3.2.1 Definição do Período de Monitoramento da Temperatura e Umidade

Curitiba é conhecida por seu inverno rigoroso, com temperaturas médias de 13°C e pouca chuva, sendo este o período de maior desconforto térmico. Segundo Goulart *et al.* (1998), considerando o dia típico de projeto para inverno e verão, o período de inverno apresenta menor nebulosidade. Desta forma, optou-se pelo monitoramento nos meses de junho e julho, sendo o mesmo realizado em duas etapas, uma no período de 20 de junho a 18 de julho 2002 e outra no período de 27 de junho a 25 de julho de 2003¹⁷, perfazendo um total de 29 dias consecutivos para cada ano. Este procedimento foi realizado em duas etapas devido ao número limitado de aparelhos disponíveis para o monitoramento. Assim, para se ter um maior número possível de localidades, optou-se por fazê-lo em dois anos.

¹⁷ Ou seja, períodos consecutivos ao solstício de inverno (21 de junho).

3.2.2 Escolha dos Locais para Monitoramento

A escolha de uma construção para a implantação do equipamento de medição ocorreu partindo-se de alguns princípios: a) padronização da construção, ou seja, edificações com características construtivas semelhantes; b) que fosse de fácil acesso, possibilitando maior controle dos equipamentos e c) que fosse segura. Assim, escolheu-se o Farol do Saber (Figura 14), construção localizada em diversos bairros, predominantemente residenciais, da cidade de Curitiba e que apresenta as mesmas características construtivas e a mesma planta baixa. Os Faróis estão localizados sempre ao lado de uma escola municipal ou de uma praça e neles funcionam bibliotecas e postos de internet.

A edificação é uma construção modular em estrutura metálica, tem 17 metros, do térreo ao alto da torre-guarita e 98m² de área construída. Toda a edificação é protegida por isolamento térmico à base de lã de vidro. A divisão interna é composta pelo andar térreo – a biblioteca propriamente dita, um mezanino e uma escada em caracol, que conduz ao topo da torre, onde fica a guarita, coberta por abóbada metálica.

Após a definição da construção, foram selecionadas 15 localidades (Figura 15). Sendo sete pontos monitorados no período de junho/julho de 2002 e os outros oito no mesmo período (junho/julho) de 2003 (Tabela 7). Optou-se pela instalação do equipamento na torre do farol, a uma altura de aproximadamente 10 metros do solo (Figura 17). Adicionalmente, revestiu-se o equipamento com uma folha de alumínio, de forma que se reduzisse o ganho de radiação de onda longa (calor)¹⁸. Após definidos os faróis, foram obtidas as orientações relativas ao Norte Magnético de cada construção. Considerando que a fachada Sul seria a melhor fachada para a colocação dos aparelhos, pela característica de contar com insolação reduzida, foi obtido o Norte Verdadeiro segundo a declinação correspondente para a localização geográfica da cidade de Curitiba. Com esses dados, foi possível posicionar com exatidão os aparelhos de medição, em fachada oposta ao Norte Verdadeiro (Figura

¹⁸ Uma comparação neste sentido foi realizada, por um período de seis dias consecutivos (Apêndice F – Figuras 111 e 112). O aparelho revestido com papel alumínio registrou temperaturas mais baixas que o aparelho sem o papel alumínio. Observou-se que as diferenças ocorreram nos períodos de maior insolação. Isto se deu possivelmente pelo calor emitido pela superfície metálica do farol. Nota-se que o uso do papel alumínio pode auxiliar na redução do ganho de radiação proveniente de diferenças de configuração de céu (nebulosidade X insolação).

16). A fixação dos aparelhos foi feita com velcro, assim, os aparelhos ficaram afastados da parede alguns milímetros. O velcro, por sua natureza plástica, também funcionou como um isolante.

Para o monitoramento, foram utilizados *dataloggers* do tipo HOBO H8 RH/Temp (Figura 18), que atendem uma faixa de temperatura de -20 a 70°C e de umidade relativa de 25 a 95%, previamente calibrados. Os aparelhos foram programados para medir a temperatura e umidade relativa a cada 15min, sendo os dados coletados integrados para uma hora. Os resultados foram então trabalhados em planilhas Excel.

Com os dados horários foram obtidas, para cada localidade, as temperaturas médias, mínimas e máximas diárias e suas respectivas médias do período. O mesmo procedimento foi utilizado para os dados do ponto de referência, a Estação Meteorológica do SIMEPAR.

Para a análise dos dados, foram utilizados os valores médios das temperaturas médias, mínimas e máximas do período assim como o Delta T, ou seja, a diferença entre o ponto de referência e cada localidade. Além dos dados climáticos, também foram obtidas as altitudes e as coordenadas geográficas, em UTM – Projeção Universal Transversa de Mercator, de cada local de medição. Para tal, foi utilizado um aparelho GPS Garmin 72 e o software GPS TrackMaker versão 11.8.

TABELA 7 – LOCALIDADE MONITORADAS EM CADA ANO

	Farol do Saber	Localização	Bairro	Período
2002	João Guimarães Rosa	R. Jorn. Alceu Chichorro Jr, 18	Bairro Alto	20/06/02 - 18/07/02
	Samuel Chamecki	Rua Luiz França, s/nº	Cajuru	
	Castro Alves	R. Daniel Mikovski, 191	Fazendinha	
	Rocha Pombo	Rua Itacolomi, 700	Portão	
	Jd. Pinheiro	Rua Alcides Darcanchi, s/nº	Santa Felicidade	
	Gonçalves Dias	R. Alexandre Markoski, 82	São Bras	
	Farol das Cidades	Rua João Gava, s/nº	São Lourenço	
2003	Mario Quintana	R. O Brasil para Cristo, 588	Alto Boqueirão	27/06/03 - 25/07/03
	Antônio Machado	R. João Machado de Camargo	Barreirinha	
	Fernando A. de Miranda	R. Robert Redzinski, 150	Campo Comprido	
	Frei Miguel Bottacin	R. Orlando Luiz Lamarca, s/nº	Cidade Industrial	
	Machado de Assis	R. Arthur Leining, 635	Mercês	
	José de Alencar	R. Orestes Codega, 489	Pinheirinho	
	Tom Jobim	R. Curupaitis, s/nº	Santa Quitéria	
	Aristides Vinholes	R. Primeiro de Maio, s/nº	Xaxim	

FIGURA 14 – FAROL DO SABER



FIGURA 15 – MAPA DAS LOCALIDADES

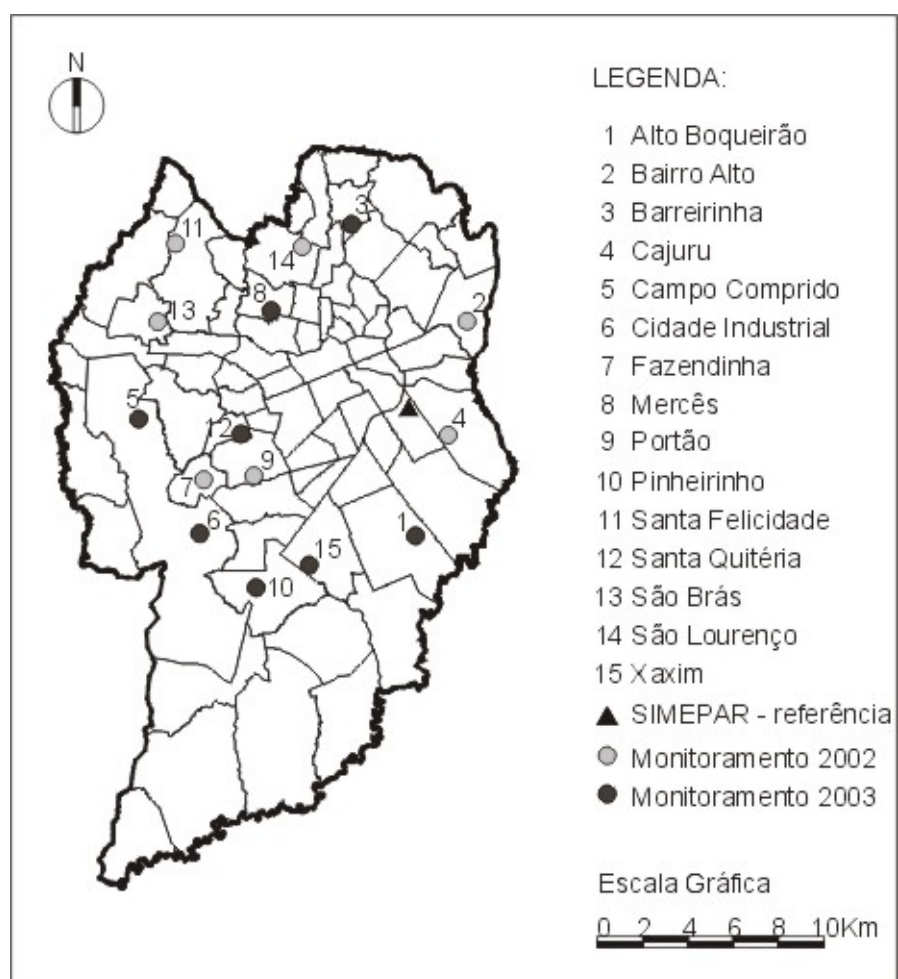


FIGURA 16 – LOCALIZAÇÃO HOBO NA FACHADA SUL

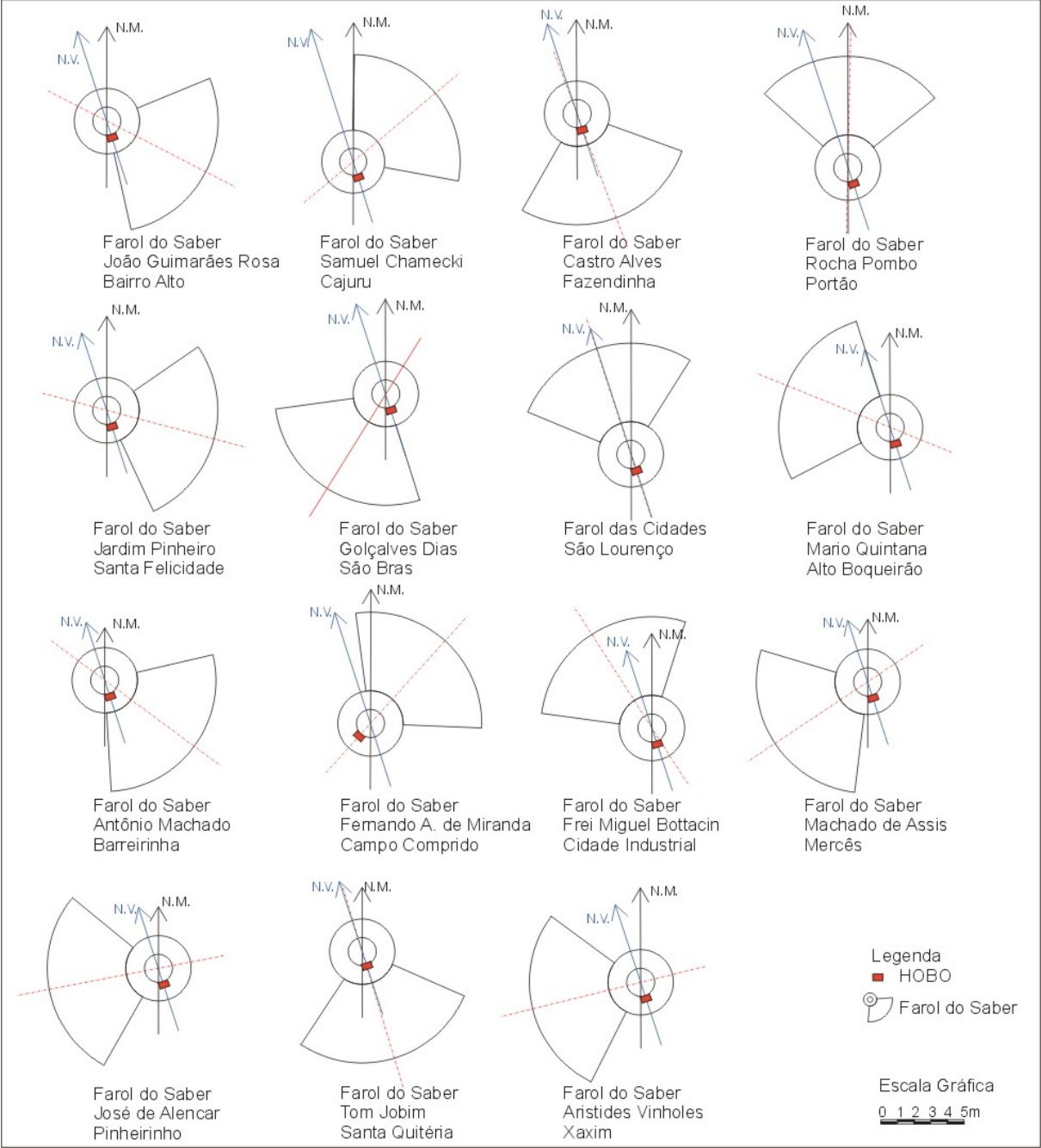


FIGURA 17 – LOCALIZAÇÃO DO SENSOR NA TORRE DO FAROL



FIGURA 18 – FOTO DO HOBO



3.2.3 Parâmetros de Análise da Ocupação do Solo

A análise da ocupação do solo para cada localidade foi realizada de duas formas:

1- Método qualitativo

A primeira etapa ocorreu juntamente com a instalação dos aparelhos nos faróis. Foi feita uma análise da ocupação do entorno imediato de cada farol, levando em consideração o tipo de pavimentação das vias, a densidade de edificações, a tipologia das construções, a existência ou não de vias arborizadas, a intensidade do tráfego. Esta análise foi feita com base na percepção do que ocorria no momento da instalação dos equipamentos. Deve-se ressaltar que a instalação ocorreu em horário comercial, começando às 8:30 e terminado às 18:00.

2- Método quantitativo

O objetivo da análise quantitativa foi obter porcentagens de ocupação de cada ponto monitorado, para posteriormente compará-las com a variação de temperatura.

A metodologia adotada foi a análise de fotos aéreas, na escala 1:8000. As fotos aéreas foram cedidas pela empresa Esteio, em meio digital, e correspondem aos vãos de 1999 e 2000. Quando necessário, foi montado o mosaico com as fotos para se obter a área necessária para a quantificação. Após a montagem das fotos, as mesmas foram georeferenciadas através do software ArcGis, versão 8.1, 2001, para que ficassem com orientação e escala corretas.

O procedimento de vetorização das fotos foi executado em AutoCad, versão 14, 1996. Foram estabelecidas cinco classificações de ocupação: área de água (piscinas, rios, córregos e lagos), área construída, área livre (gramados, plantações e terra), área pavimentada (área impermeabilizada) e área verde (matas e bosques). Inicialmente a análise da ocupação urbana foi realizada para a área circulas de 1km², tendo como centro o farol do saber e um raio de 565m. Após a vetorização, os arquivos foram trabalhados no software ArcView, versão 3.2a, 2000, onde foram quantificadas as áreas em metros quadrados e em porcentagens. Este procedimento foi realizado para três áreas de influência de aproximadamente, 1km², 49.000m² e 10.000m², o que corresponde aos respectivos raios de 565m, 125m e 56m.

As porcentagens obtidas foram então utilizadas para explicar a variação da temperatura entre as localidades e o ponto de referência.

3.2.4 Parâmetros de Análise da Temperatura em Função da Ocupação do Solo

A análise realizada foi a de regressão linear simples¹⁹, sendo os dados trabalhados em planilhas e gráficos do Excel. Foram montadas tabelas com os dados médios das temperaturas médias, mínimas e máximas, porcentagens de ocupação e altitude de cada localidade. Em seguida, foram montados gráficos de dispersão – regressão linear, obtendo-se assim a equação da reta²⁰ e o R-quadrado²¹ para cada categoria de ocupação e para a altitude. A análise do R-quadrado mostra quais categorias apresentam maior influência na variação das temperaturas.

¹⁹ A regressão “descreve as relações entre duas variáveis com o auxílio da equação e do gráfico de uma linha reta, chamada reta de regressão” (TRIOLA, 1999, p.234).

²⁰ Esta equação descreve a relação entre duas variáveis (TRIOLA, 1999).

²¹ O valor de R-quadrado, também conhecido como coeficiente de determinação, “é o valor da variação de y que é explicado pela reta de regressão” (TRIOLA, 1999, p.251).

A mesma análise de regressão linear foi feita para os Delta Ts, obtendo as equações das retas e os R-quadrados. O Delta T de cada localidade foi obtido através da diferença entre as médias das temperaturas de cada localidade e as médias das temperaturas do ponto de referência (SIMEPAR).

Outra análise realizada foi a análise comparativa dos dados, ou seja, foram comparados os dados médios de temperatura e as cinco categorias de ocupação consideradas. Esta análise foi realizada para cada ano separadamente e comparativamente.

3.2.5 Parâmetros de Análise do Traçado das Isotermas

Utilizando o software ArcView, foram confeccionados mapas, para cada ano, com as isotermas referentes às médias do período das temperaturas médias, máximas e mínimas. As isotermas dos Delta Ts médio, mínimos e máximos foram traçadas para os dois anos juntos.

Esses mapas ajudam a compreender, de maneira visual, a interferência dos parâmetros de ocupação na variação da temperatura local.

Os mapas foram confeccionados através da interpolação de dados. O método de interpolação utilizado foi o *Spline*, que ajusta a superfície entre os dados de entrada com uma curvatura mínima, minimizando a curvatura total da superfície. É ajustada através de uma função matemática, que especifica o número de pontos próximos ao dado de entrada. O tipo *Tension* ajusta a rigidez da superfície de acordo com o caráter do fenômeno a ser modelado. Ou seja, o número de parâmetro identifica o número de pontos por região usada para a aproximação local. O peso do parâmetro define o peso das tensões, quanto maior o peso, mais dura será a curva. O número de pontos próximos ao dado de entrada será utilizado para ajustar a curva. Para esta pesquisa, foi utilizado o peso 0,1 e o número de pontos igual a 12.

3.2.6 Parâmetros de Análise do Conforto Térmico

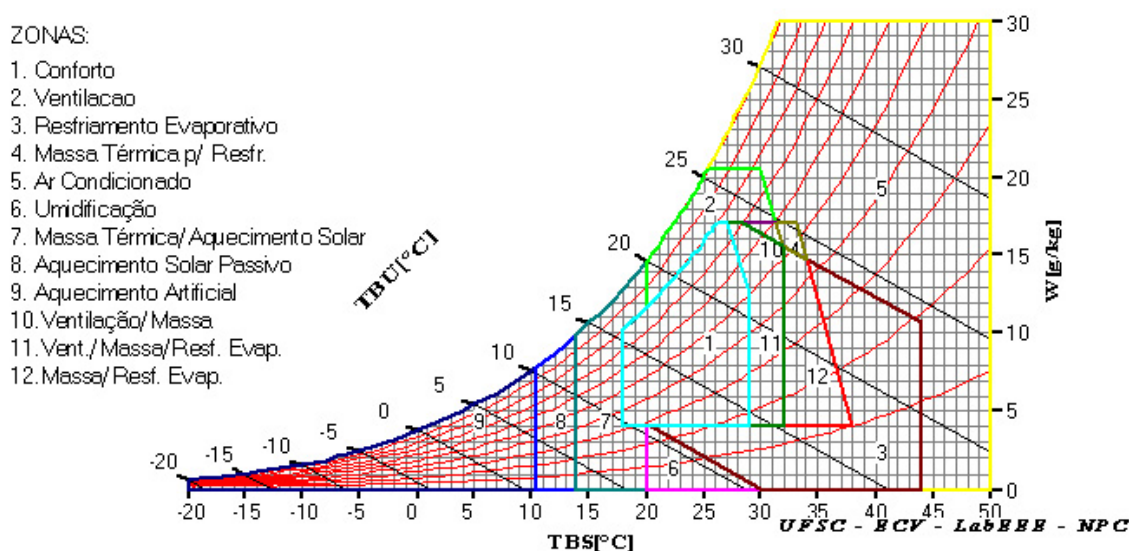
A análise do conforto térmico foi realizada através do software *AnalysisBio*, versão 2.1. Para esta análise, foram utilizados os dados de temperatura e umidade relativa de cada ponto monitorado. Cada ano foi analisado separadamente, sendo que para 2002 foram utilizadas 696 horas de dados, o que corresponde a 29 dias monitorados e, para 2003 foram utilizadas 216 horas, o que corresponde a nove dias

de monitoramento. Esta diferença de horas analisadas se deve ao fato de que no dia 06 de julho de 2003 uma frente fria causou queda de granizo em Curitiba, o que possivelmente danificou o sensor de umidade relativa do aparelho implantado no bairro do Alto Boqueirão. Sendo assim, para a análise do conforto considerou-se apenas o período de 27 de junho a 5 de julho de 2003.

Os dados climáticos foram trabalhados em planilhas Excel e no software *AnalysisBio*, onde foram gerados arquivos TRY. Estes arquivos foram plotados na carta psicrométrica (Figura 19). Os dados obtidos são porcentagens de conforto e desconforto térmico, além de estratégias bioclimáticas para aumentar o conforto térmico de cada localidade.

A carta bioclimática de Givoni foi utilizada por ser a carta adotada na Proposta de norma de desempenho térmico para caracterização das zonas bioclimáticas (UFSC, 2003).

FIGURA 19 – CARTA PSICROMÉTRICA



FONTE: UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, LMPT / EMC e NPC / ECV. Analysis. versão 1.5: Avaliação bioclimática e de conforto térmico. Florianópolis: UFSC. Programa. 3 disquetes 3 ½ pol, 1994.

3.3 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SINÓTICAS

A análise sinótica foi realizada com o objetivo de verificar quais os sistemas atuantes estavam presentes em cada ano, além de tentar verificar qual a influência destes sistemas na variação da temperatura.

As condições sinóticas foram analisadas com base nas imagens de satélite GOES, obtidas no CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (www.cptec.inpe.br). Foram obtidas duas imagens de cada dia monitorado, com um intervalo de 12 horas entre as imagens, ou seja, para cada dia foram obtidas imagens das 8:00 e das 20:00. Também foram utilizados os boletins Climanálise que analisam as frentes e as massas de ar que atuaram no Brasil durante os dias monitorados.

Foram identificados os sistemas atuantes na região Sul durante os meses de junho e julho de 2002 e 2003, e analisadas as interferências destes no clima da cidade, no que diz respeito à temperatura e às chuvas.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 ATUALIZAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA

A análise do clima local foi realizada com base na atualização do ano climático de referência. Para tanto, foram utilizados a metodologia da ASHRAE e os dados do ano climático de referência obtido por Goulart *et al.*(1998).

A atualização do ano climático de referência, quanto a temperaturas e umidades do ar, para Curitiba foi feita com base nos dados de 1998 a 2002. As temperaturas médias mensais para cada ano estão na tabela 8. Na tabela 9 estão apresentados os meses que apresentaram as maiores e as menores médias mensais.

O procedimento para atualização do TRY deu-se da seguinte forma (Carvalho *et al.*, 2002):

1- Calculou-se as temperaturas médias mensais para cada ano disponível (Tabela 8).

2- Selecionou-se o mês mais quente (que apresentava temperatura média mais alta) e o mês mais frio (que apresentava temperatura média mais baixa). No caso o mês mais quente foi março de 2002 e o mais frio julho de 2000. Os meses escolhidos foram eliminados, restando 10, ou seja, para a próxima seleção os meses de maio e julho não foram considerados. Destes 10, selecionou-se novamente o mês mais quente e o mês mais frio. Da mesma forma os meses selecionados não foram considerados para a próxima seleção. Todos os 12 meses foram selecionados de acordo com a condição mais quente ou mais frio. Desta forma, obteve-se uma tabela com os doze meses listados na ordem de seleção, na primeira coluna os meses estão colocados de acordo com as condições (mais quente ou mais frio) e na segunda de acordo com o ano em que iam aparecendo (Tabela 9).

3- Com os doze meses selecionados, repetiu-se a primeira coluna, porém com as condições invertidas. Onde constava mais quente passou a constar mais frio. Por exemplo, março que constava como o mês mais quente (primeira coluna) passou a ser mais frio (terceira coluna). Em seguida viu-se em qual ano março apresentava a temperatura mais fria e anotou-se o ano na quarta coluna.

4- Com a sequência de doze pares de meses selecionados, verificou-se os anos de ocorrências das temperaturas mais quente e mais fria, à medida que o ano ia aparecendo, ele ia sendo eliminado, isto é, o ano de 2002 teve março como mês mais quente, assim este ano foi eliminado, a seguir o ano de 2000 teve o mês de julho como o mais frio, da mesma forma este ano foi eliminado, e assim por diante até restar apenas um ano. O último ano que apareceu é o ano climático de referência (TRY).

Verifica-se que os anos se repetem na medida em que vão sendo selecionadas as condições mais frio ou mais quente, porém isto não altera o resultado, já que os anos vão sendo eliminados na medida em que vão aparecendo.

TABELA 8 – TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS

TEMPERATURA MÉDIA MENSAL				
1998	1999	2000	2001	2002
22,1	20,7	20,9	22,1	21,2
21,6	21,2	20,5	22,1	20,4
20,3	21,1	19,3	21,9	22,6
18,2	17,5	18,5	19,9	20,6
15,1	14,5	14,9	14,8	17,1
12,8	12,9	15,7	14,3	16,5
13,8	13,7	11,2	14,4	13,6
15,6	14,5	14,1	16,1	16,9
15,2	15,9	14,7	15,9	15
16,3	15,2	19,3	17,6	20
18,1	16,7	18,8	19,5	19,7
20,4	20	20,8	20	20,9

TABELA 9 – SEQUÊNCIA DOS MESES PARA A DETERMINAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA

CONDIÇÃO	ANO	CONDIÇÃO	ANO
março mais quente	2002	março mais frio	2000
julho mais frio	2000	julho mais quente	1998
janeiro mais quente	1998	janeiro mais frio	1999
junho mais frio	1998	junho mais quente	2002
fevereiro mais quente	2001	fevereiro mais frio	2002
agosto mais frio	2000	agosto mais quente	2002
dezembro mais quente	2002	dezembro mais frio	1999
maio mais frio	1999	maio mais quente	2002
abril mais quente	2002	abril mais frio	1999
setembro mais frio	2000	setembro mais quente	1999
outubro mais quente	2002	outubro mais frio	1999
novembro mais frio	1999	novembro mais quente	2002

O ano climático de referência para o período analisado foi o ano de 1999 (Tabela 9). A análise do clima local será feita comparativamente entre o ano de 1999 e o ano obtido por Goulart *et al.* (1998), o ano de 1969. Ao se comparar as temperaturas médias mínimas e máximas de cada ano (Figura 20), nota-se que houve aumento das temperaturas médias, porém este aumento foi mais significativo para a média das mínimas com variação média de 1,3°C enquanto que, para a média das máximas, a variação média foi de 0,9°C.

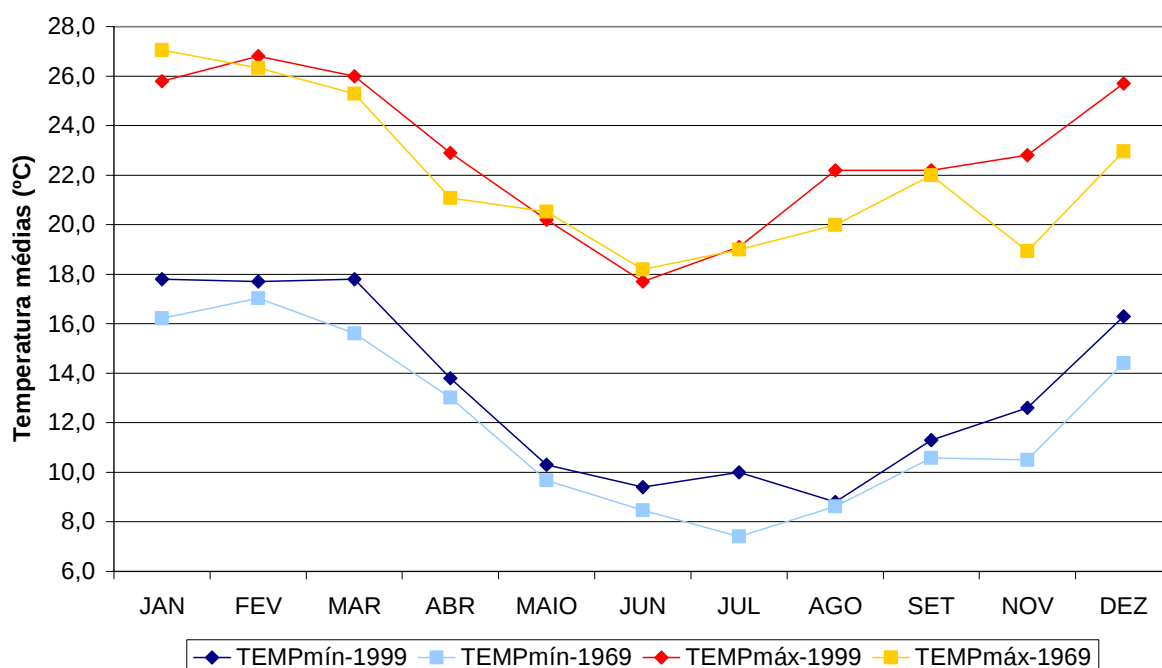
A análise através da carta psicrométrica (Tabela 10) mostra que, com o aumento de temperatura no ano de 1999, também houve um aumento em relação ao grau de conforto para o referido ano. Em termos de desconforto para o frio, houve um melhora significativa, aproximadamente 15% a mais de dias em situação de conforto, em comparação com o ano de 1969. Apesar do acréscimo de dias em situação de calor não ter sido significativo, o incremento da temperatura média de uma forma geral foi o principal responsável pela maior quantidade de dias em situação de conforto, o que se fez acompanhar da redução de dias em situação de desconforto por frio.

Deste modo, a análise das temperaturas médias dos dois anos climáticos de referência (TRY), mostra que houve um aumento da temperatura de aproximadamente 0,6°C no período de 30 anos em Curitiba.

TABELA 10 – COMPARAÇÃO ENTRE GRAUS DE CONFORTO E DESCONFORTO E ESTRATÉGIAS ENTRE OS ANOS DE 1969 E 1999

	1999	1969
Conforto	26,80%	12,90%
Desconforto	73,20%	87,10%
Frio	62,70%	77,80%
Massa Termica/Aquec. Solar	39,20%	54,00%
Aquec. Solar Passivo	17,00%	17,30%
Aquec. Artificial	6,58%	6,58%
Calor	10,40%	9,32%
Ventilação	10,40%	9,32%

FIGURA 20 – COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS DOS ANOS DE 1969 E 1999



4.2 ANÁLISE DA TEMPERATURA EM FUNÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO

As análises foram realizadas para cada ano separadamente, no que diz respeito às temperaturas, às isotermas e ao conforto. Somente os dados relativos aos Delta Ts foram analisados em conjunto, para os dois anos.

Deve-se lembrar, que os equipamentos foram revestidos com papel alumínio a fim de reduzir o ganho de radiação de onda longa. Desta forma, o papel alumínio serviu como refletor.

4.2.1 Análise dos Dados de Temperatura de 2002

O período de monitoramento, em 2002, ocorreu de 20 de junho a 18 de julho. Os dados de temperatura e umidade foram coletados em um intervalo de 15 em 15 minutos e trabalhados para compor 1 hora. Desta forma, obteve-se um total de 696 horas de dados climáticos. Os dados horários foram trabalhados por dia, até se obter os dados médios diários das temperaturas médias, máximas e mínimas, para cada localidade, por período. E, em seguida, obtidas as médias do período (Tabela 11 e Figura 21).

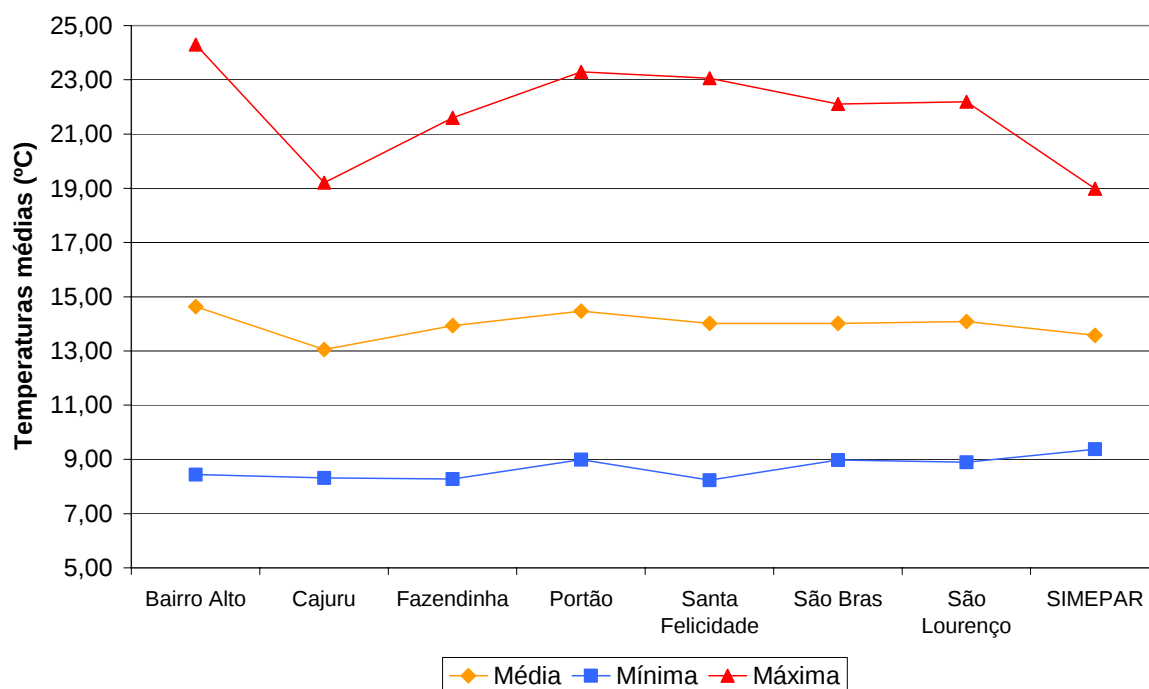
Nota-se, ao analisar a figura 21, que as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas tiveram o mesmo padrão de comportamento. Somente três exceções foram verificadas. O bairro da Fazendinha, para a temperatura mínima; Santa felicidade, para a temperatura máxima e o SIMEPAR, para a temperatura mínima.

As tabelas com os dados das temperaturas médias diárias de cada localidade estão apresentadas no Apêndice A (Tabelas 28 a 35).

TABELA 11 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2002

	Temperaturas Médias		
	Média	Mínima	Máxima
Bairro Alto	14,63	8,44	24,30
Cajuru	13,06	8,31	19,20
Fazendinha	13,93	8,28	21,59
Portão	14,47	8,99	23,30
Santa Felicidade	14,01	8,23	23,06
São Bras	14,01	8,98	22,11
São Lourenço	14,09	8,89	22,19
SIMEPAR	13,57	9,38	18,99

FIGURA 21 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2002



4.2.2 Análise dos Dados de Temperatura de 2003

O período de monitoramento, em 2003, ocorreu de 27 de junho a 25 de julho. Obtendo-se um total de 696 horas de dados climáticos. Os dados horários foram trabalhados por dia, até se obter os dados médios diários das temperaturas médias, máximas e mínimas, para cada localidade (Tabela 12 e Figura 22).

Foram monitoradas oito localidades em 2003, porém só estão sendo consideradas sete localidades. A localidade do Alto Boqueirão, para efeito de análise de temperatura, não está sendo considerada devido a um problema de armazenamento dos dados. Em razão da forte chuva de granizo que ocorreu no dia 06 de julho de 2003, os sensores pararam de registrar os dados às 16:15 horas deste dia. Desta forma, foram considerados os dados de temperatura e umidade até o dia 05 de julho. Portanto, os dados relativos a este período somente foram utilizados para a análise de conforto das localidades.

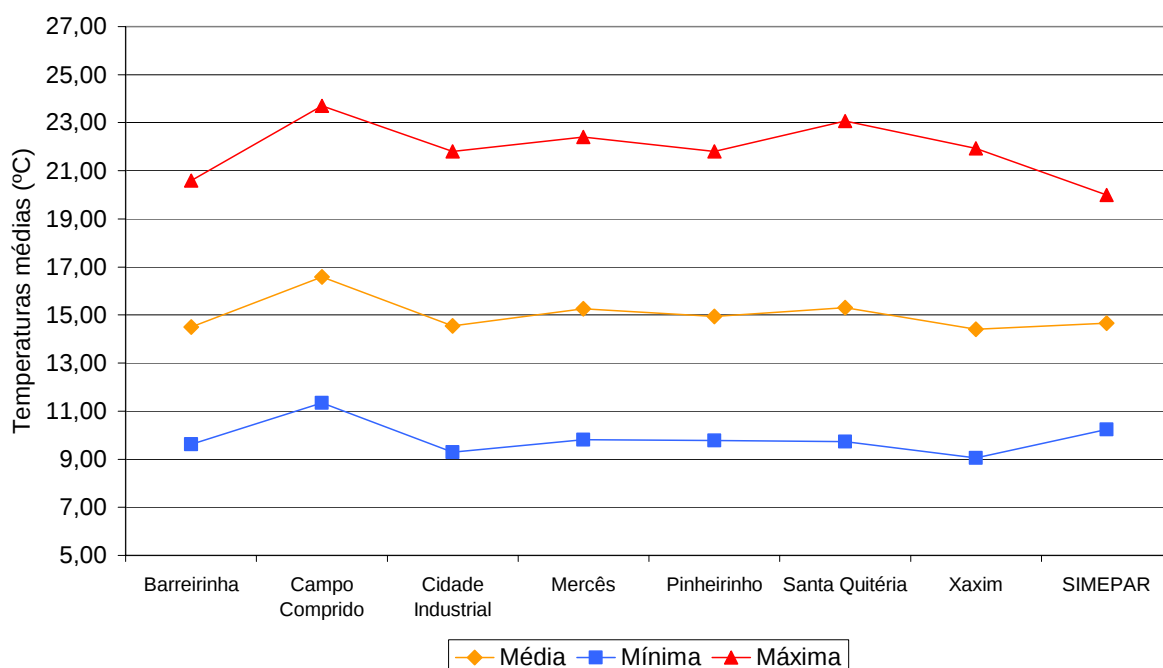
Mais uma vez, nota-se o padrão de comportamento das temperaturas para o ano de 2003 (Figura 22). As únicas exceções foram: A Santa Quitéria, para a temperatura mínima e o SIMEPAR para a temperatura máxima.

As tabelas com os dados das temperaturas médias diárias de cada localidade estão apresentadas no Apêndice B (Tabelas 36 a 44).

TABELA 12 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2003

	Temperaturas Médias		
	Média	Mínima	Máxima
Barreirinha	14,50	9,63	20,60
Campo Comprido	16,58	11,35	23,70
Cidade Industrial	14,55	9,29	21,81
Mercês	15,26	9,81	22,40
Pinheirinho	14,95	9,79	21,80
Santa Quitéria	15,30	9,73	23,07
Xaxim	14,40	9,05	21,94
SIMEPAR	14,66	10,24	20,00

FIGURA 22 – MÉDIAS DIÁRIAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS, MÍNIMAS E MÁXIMAS DE 2003



4.2.3 Análise dos Delta Ts

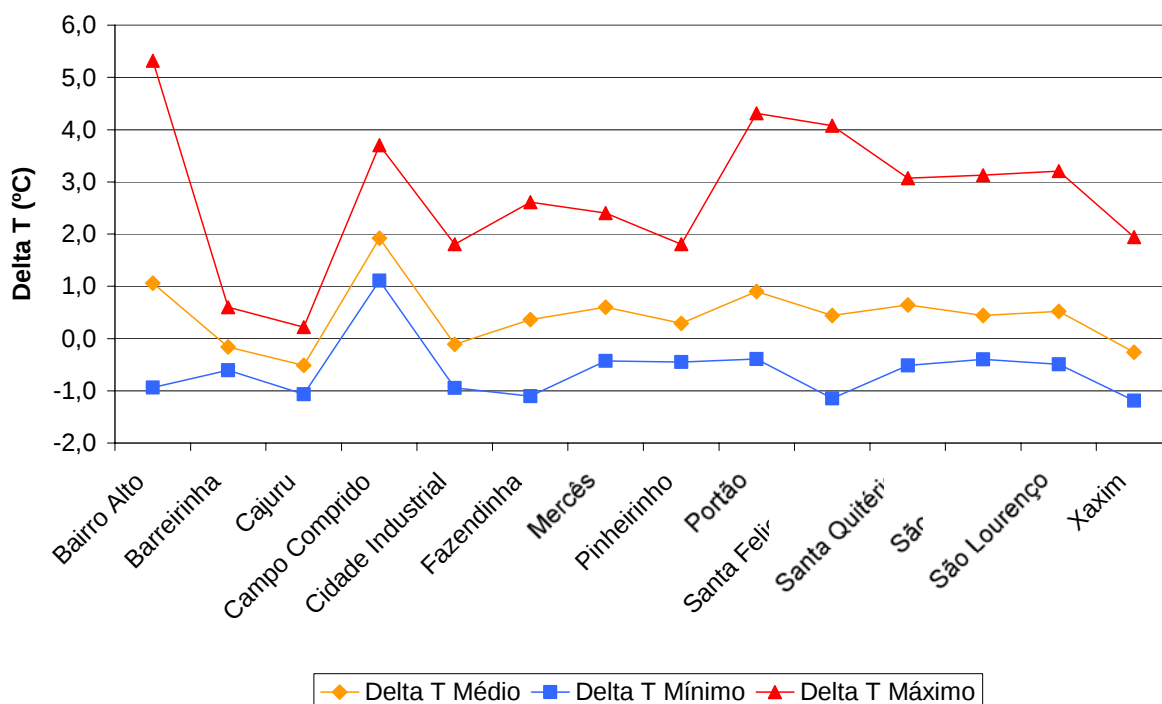
Obtiveram-se também, as diferenças entre as médias de cada localidade e a média do ponto de referência, ou seja, os Delta Ts (Tabela 13 e Figura 23). Optou-se por trabalhar com os Delta Ts em função de um estudo realizado anteriormente (KRÜGER & ROSSI, 2002), no qual foram trabalhados dados coletados em diferentes períodos e comparados com duas bases de referência. Esse estudo mostrou que, apesar dos dados não serem simultâneos, o Delta T seguiu o mesmo padrão de variação em relação às duas bases de referência. Desta forma, o Delta T foi trabalhado para os dois anos conjuntamente.

Novamente, para o Delta T, ocorre o mesmo padrão, embora as diferenças entre as localidades sejam maiores para a temperatura máxima (Figura 23).

TABELA 13 – DELTA T DAS LOCALIDADES EM RELAÇÃO AO PONTO DE REFERÊNCIA

	Delta T		
	Médio	Mínimo	Máximo
Bairro Alto	1,1	-0,93	5,32
Barreirinha	-0,2	-0,6	0,60
Cajuru	-0,5	-1,07	0,22
Campo Comprido	1,9	1,1	3,70
Cidade Industrial	-0,1	-0,9	1,81
Fazendinha	0,4	-1,10	2,61
Mercês	0,6	-0,4	2,40
Pinheirinho	0,3	-0,4	1,80
Portão	0,9	-0,39	4,31
Santa Felicidade	0,4	-1,15	4,08
Santa Quitéria	0,6	-0,5	3,07
São Bras	0,4	-0,40	3,13
São Lourenço	0,5	-0,49	3,20
Xaxim	-0,3	-1,2	1,94

FIGURA 23 – DELTA TS MÉDIOS, MÍNIMOS E MÁXIMOS



4.2.4 Análise da Ocupação do Solo

A análise da ocupação do solo se deu de duas formas, uma qualitativa, com uma análise da percepção do entorno imediato ao farol em relação ao tipo de pavimentação das vias, a densidade de edificações, a tipologia das construções, a existência ou não de vias arborizadas, a intensidade do tráfego; e outra quantitativa,

que se baseou em fotos aéreas das localidades e obteve porcentagens de ocupação de cinco categorias de ocupação: área de água (piscinas, rios, córregos e lagos), área construída, área livre (gramados, plantações e terra), área pavimentada (área impermeabilizada) e área verde (matas e bosques). Este procedimento foi realizado para três raios de influência: 565m, 125m e 56m, o que corresponde às respectivas áreas de aproximadamente 1km², 49.000m² e 10.000m².

4.2.4.1 Dados de 2002

Método qualitativo

Bairro Alto: O bairro está localizado em uma das partes mais elevadas da cidade, o que explica seu nome. Seus limites são o Tarumã, na parte Sul, e o Atuba, na parte Norte. Situa-se a Nordeste da cidade e faz parte da ZR2 (Zona Residencial 2). As vias são pavimentadas (asfalto) e apresentam pouca arborização. O trânsito é intenso e a ocupação do entorno é de média densidade. A região apresenta pouca área verde.

Cajuru: Localizado a Leste de Curitiba, o Cajuru situa-se em uma região baixa com pouca área verde, mas com vias arborizadas, fazendo parte da ZR3 (Zona Residencial 3). As vias em sua maioria são asfaltadas, mas existe uma grande área sem pavimentação, sendo o trânsito leve. A ocupação é basicamente unifamiliar com baixa densidade e grande índice populacional.

Fazendinha: É um dos bairros que apresenta grande densidade populacional e taxa de ocupação média, sendo caracterizado por muitos conjuntos habitacionais e muitos estabelecimentos comerciais devido ao zoneamento (ZR3 – Zona Residencial 3). Situa-se a Oeste de Curitiba e apresenta grande percentual de área verde. As vias são pavimentadas e o trânsito é intenso.

Portão: O bairro situa-se próximo da região central da cidade e é bastante movimentado. É um dos bairros mais populosos de Curitiba, sendo a ocupação de alta densidade. Apresenta muitos edifícios e situa-se na ZR-Conectora. Apresenta pouca quantidade de áreas verdes. As vias são pavimentadas e com pouca arborização e o trânsito é intenso.

Santa Felicidade: Bairro situado a Noroeste de Curitiba. O local da medição pertence à ZR2 (Zona Residencial 2), caracterizado por vias pavimentadas,

arborizadas e ocupação de baixa densidade, onde predominam habitações unifamiliares. O bairro apresenta grandes espaços verdes, sendo o trânsito leve.

São Brás: Situado a Noroeste da cidade, São Brás é um bairro com baixo índice populacional e com taxa de ocupação média, pertencente à ZR2 (Zona Residencial 2). As vias são pavimentadas e arborizadas. Apresenta grande percentual de área verde e o trânsito é intenso.

São Lourenço: É um dos bairros com menor índice populacional e baixa densidade, predominando habitações unifamiliares. Apresenta grande percentual de área verde, vias pavimentadas, arborizadas e trânsito médio. Está situado em ZR1 (Zona Residencial 1) e ao Norte de Curitiba.

Método quantitativo

Área de abrangência de 1km²

A primeira quantificação realizada foi para a área de 1km², segundo procedimento descrito na seção 3.2.3 (item 2), o que corresponde à um raio de abrangência de 565 metros (Tabela 14). Esta área de influência foi adotada em função das pesquisas realizadas por Lombardo (1985) e Brandão (1996). As autoras utilizaram áreas de 1km² para determinar os padrões de uso do solo.

TABELA 14 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 1KM²

	Localidades monitoradas em 2002						
	Bairro Alto	Cajuru	Fazendinha	Portão	Santa Felicidade	São Brás	São Lourenço
Água	0,01	0,00	0,58	0,01	0,10	0,01	1,03
Construída	22,45	32,95	20,60	24,54	13,84	20,83	13,95
Livre	46,68	42,70	45,31	35,81	60,34	48,78	38,53
Pavimentada	25,80	22,91	26,02	30,96	13,82	15,74	15,33
Verde	5,07	1,44	7,49	8,69	11,90	14,64	31,16
Altitude (m)	930	923	923	932	992	990	993

Área de abrangência de 49.000 m²

A segunda quantificação realizada foi para a área de 49.000m², o que corresponde à um raio de abrangência de 125 metros. Esta área de influência foi adotada em função das dimensões padrão das quadras e vias. Em Curitiba as quadras têm aproximadamente 100 metros de comprimento e as vias de bairros aproximadamente 14 metros de caixa, incluindo o passeio. Desta forma, o raio de

125 metros tem uma abrangência de aproximadamente uma quadra e duas vias (Tabela 15).

TABELA 15 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 49.000M²

	Localidades monitoradas em 2002						
	Bairro Alto	Cajuru	Fazendinha	Portão	Santa Felicidade	São Brás	São Lourenço
Água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Construída	23,69	24,51	25,76	22,23	12,74	24,56	13,20
Livre	43,00	51,32	24,42	35,47	63,25	52,26	42,43
Pavimentada	30,62	24,17	43,33	31,20	24,01	12,98	26,88
Verde	2,70	0,00	6,49	11,10	0,00	10,20	17,49
Altitude (m)	930	923	923	932	992	990	993

Área de abrangência de 10.000 m²

A terceira quantificação realizada foi para a área de 10.000m², o que corresponde à um raio de abrangência de 56 metros. Esta área de influência foi adotada em função da área de uma quadra de 100m x 100m (Tabela 16).

TABELA 16 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 10.000M²

	Localidades monitoradas em 2002						
	Bairro Alto	Cajuru	Fazendinha	Portão	Santa Felicidade	São Brás	São Lourenço
Água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Construída	19,14	22,51	28,18	36,00	13,24	34,01	9,17
Livre	30,70	60,45	13,98	21,97	39,61	38,53	32,14
Pavimentada	40,58	17,03	41,83	36,00	47,15	22,46	34,64
Verde	9,58	0,00	16,01	6,03	0,00	4,99	24,06
Altitude (m)	930	923	923	932	992	990	993

Nota-se que à medida que a área de influência vai diminuindo, o mesmo não ocorre necessariamente com as porcentagens de ocupação. Ou seja, as proporções nem sempre são mantidas. Tomemos como exemplo o Bairro Alto, se analisarmos a porcentagem de área pavimentada e de área verde, para as três áreas de influência, nota-se que as mesmas aumentam à medida que a área diminui. O mesmo ocorre com o Portão, para as porcentagens de área construída e pavimentada.

4.2.4.2 Dados de 2003

Método qualitativo

Barreirinha: Este bairro está localizado na região Norte da cidade e é caracterizado pela ocupação residencial, fazendo parte da ZR-2 (Zona Residencial 2). Sendo que o entorno do ponto de medição apresenta habitações unifamiliares e edifícios de até 4 andares, as vias são estreitas, pavimentadas e sem arborização.

Apresenta grande fluxo de veículos devido à proximidade do terminal de ônibus urbano.

Campo Comprido: Situa-se na região Oeste da cidade e apresenta poucas ruas pavimentadas, sem arborização. Possui pequenas porções de bosques remanescentes. A ocupação é predominantemente residencial, com muitos edifícios de até 4 pavimentos, fazendo parte da ZR-2. O tráfego é intenso por estar a região situada em um eixo de ligação entre as regiões Oeste e Leste da cidade.

Cidade Industrial: Localizada á Sudoeste da cidade, a Cidade Industrial apresenta grande tráfego de veículos. No entorno imediato do ponto monitorado há pequenas praças, bem arborizadas, as vias são estreitas, pavimentadas e sem arborização. A área faz parte da SEHIS (Setor Especial de Habitação de Interesse Social) sendo a principal ocupação de habitações unifamiliares.

Mercês: Localiza-se na região Norte, em ZR-2. A predominância de habitações unifamiliares, vias largas e pavimentadas. As quadras são grandes e apresenta uma pequena quantidade de bosques remanescentes. O tráfego é intenso.

Pinheirinho: Está situado na região Sudoeste de Curitiba. O ponto de monitoramento está no limite do ZS-2 (Zona Serviço 2) com as ZR-3 (zona Residencial 3), ZR-4 (zona Residencial 4) e o SE (Setor Especial). Apresenta em seu entorno muito comércio, habitações unifamiliares e barracões comerciais. Devido a proximidade com a BR-116, o tráfego de veículos é intenso e as vias são pavimentadas. Apresenta poucas áreas verdes.

Santa Quitéria: Este bairro está localizado na região Centro-Oeste e faz parte da ZR-3. Possui ocupação residencial e comercial, principalmente habitações unifamiliares. As vias são pavimentadas, largas e bem arborizadas. O tráfego é moderado e apresenta uma média quantidade de áreas livres e parques.

Xaxim: Faz parte da ZR-2 localiza-se na região Centro-Sul da cidade. A ocupação é comercial e residencial com habitações unifamiliares. As vias são pavimentadas com pouca arborização. Apresenta pouca área verde e o tráfego é intenso. É uma área que ainda não apresenta ocupação consolidada, tendo muitas áreas livres e algumas vias sem pavimentação.

Método quantitativo

Área de abrangência de 1km²

A tabela 17 mostra as porcentagens de ocupação para cada localidade e área de influência de 1km².

TABELA 17 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 1KM²

	Localidades monitoradas em 2003						
	Barreirinha	Campo Comprido	Cidade Industrial	Mercês	Pinheirinho	Santa Quitéria	Xaxim
Água	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00	0,01	0,52
Construída	22,24	22,07	38,17	19,84	26,69	27,88	26,29
Livre	38,24	37,21	24,19	44,57	6,73	39,13	38,24
Pavimentada	26,54	18,25	32,94	20,79	62,75	25,69	32,48
Verde	12,97	22,39	4,70	14,72	3,84	7,29	2,47
Altitude (m)	972	963	924	976	947	935	925

Área de abrangência de 49.000m²

A tabela 18 mostra as porcentagens de ocupação para cada localidade e área de influência de 49.000m².

TABELA 18 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 49.000M²

	Localidades monitoradas em 2003						
	Barreirinha	Campo Comprido	Cidade Industrial	Mercês	Pinheirinho	Santa Quitéria	Xaxim
Água	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,10	0,00
Construída	37,27	25,74	34,99	20,23	25,22	19,89	26,67
Livre	13,64	18,27	34,11	45,05	37,23	31,80	29,17
Pavimentada	45,37	24,04	26,33	28,28	35,82	30,29	41,25
Verde	3,73	31,94	4,57	5,49	1,73	17,91	2,92
Altitude (m)	972	963	924	976	947	935	925

Área de abrangência de 10.000m²

A tabela 19 mostra as porcentagens de ocupação para cada localidade e área de influência de 10.000m².

TABELA 19 – PORCENTAGENS DE OCUPAÇÃO DE 10.000M²

	Localidades monitoradas em 2003						
	Barreirinha	Campo Comprido	Cidade Industrial	Mercês	Pinheirinho	Santa Quitéria	Xaxim
Água	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00
Construída	25,71	22,66	20,59	5,02	33,29	12,23	14,68
Livre	13,46	35,80	49,71	57,45	28,63	38,87	33,22
Pavimentada	55,06	27,71	23,38	37,25	31,24	35,12	44,94
Verde	5,77	13,83	6,31	0,00	6,83	13,79	7,16
Altitude (m)	972	963	924	976	947	935	925

Da mesma forma, para as localidades monitoradas em 2003, ao analisarmos as localidades da Barreirinha e do Xaxim, nota-se que a porcentagem de área pavimentada aumenta conforme a área de influência diminui. Para Xaxim o mesmo ocorre com a área verde.

As figuras com as cinco categorias vetorizadas, para cada área de influência e para cada ano, estão apresentadas no Apêndice C (Figuras 58 a 102).

4.2.5 Análise da Variação de Temperatura em Função da Ocupação do Solo

Para a análise da variação da temperatura em função do uso do solo, foram utilizadas as médias das temperaturas médias, mínimas e máximas e também os Delta Ts. A análise foi feita por cada ano e para cada área de abrangência.

Na análise de regressão simples, foram obtidas, para cada categoria, as equações das retas e os R-quadrados. Além da análise de regressão foi realizada a análise comparativa entre os dados de temperatura e as categorias de ocupação do solo.

4.2.5.1 Análise de regressão

Desta forma, tem-se seis variáveis explicativas, ou seja, as cinco categorias de ocupação do solo e a altitude e uma variável a ser explicada, as médias das temperaturas e os Delta Ts. Assim, foram obtidas as equações individuais das variáveis para cada área de abrangência em relação às temperaturas médias (Tabela 20 e 21).

Os R-quadrados indicam quanto a variável influencia, no caso, a variação de temperatura. Quanto mais próxima do valor 1 mais forte a correlação. Nota-se que as correlações individuais, para a variação da temperatura, são baixas. A variável área verde é a que apresenta uma correlação mais alta.

Ao analisar as tabelas 20 e 21, nota-se que correlação para o ano de 2002 é praticamente nula em relação a todas as variáveis. Para 2003, as correlações são maiores de um modo geral, mas mesmo assim são muito baixas, com exceção das áreas verde que apresentaram boas correlações, principalmente para a área de influência de 49.000m².

A tabela 22 apresenta as equações das retas e os R-quadrados em função dos Delta Ts, para as três áreas de influência.

Da mesma forma (Tabela 22), as correlações para os Delta Ts também são baixas. Isto mostra que a análise individual dos parâmetros de ocupação não nos dá uma relação direta com a variação de temperatura e dos Delta Ts.

TABELA 20 – R-QUADRADO E EQUAÇÕES DAS RETAS PARA 2002, EM FUNÇÃO DAS MÉDIAS DAS TEMPERATURAS

		1km2		49.000m2		10.000m2	
		Eq. da reta	R2	Eq. da reta	R2	Eq. da reta	R2
T _{média}	Água	$y=0,0066x+0,1547$	0,000	$y = 0^*$	0,000	$y = 0^*$	0,000
	Construida	$y=-6,2306x+108,71$	0,227	$y=1,3785x+40,295$	0,016	$y=1,6979x-0,6412$	0,007
	Livre	$y=-1,0476x+60,147$	0,004	$y=-6,747x+139,24$	0,072	$y=-20,751x+325,01$	0,496
	Pavimentada	$y=3,2058x-23,46$	0,060	$y=3,647x-23,566$	0,040	$y=13,609x-156,67$	0,398
	Verde	$y=4,0659x-45,556$	0,044	$y=4,4785x-55,972$	0,119	$y=5,4437x-67,702$	0,097
	Altitude	$y=6,5457x+862,89$	0,009	$y=6,5457x+862,89$	0,009	$y=6,5457x+862,89$	0,009
T _{mínima}	Água	$y=0,1364x-0,9242$	0,014	$y = 0^*$	0,000	$y = 0^*$	0,000
	Construida	$y=-2,22x+40,373$	0,014	$y=-0,5042x+25,287$	0,001	$y=10,835x-69,88$	0,138
	Livre	$y=-12,852x+155,83$	0,313	$y=-4,4937x+83,187$	0,015	$y=-8,4467x+106,46$	0,039
	Pavimentada	$y=-0,0444x+21,893$	0,000	$y=-10,535x+118,08$	0,158	$y=-9,584x+116,55$	0,095
	Verde	$y=14,98x-117,17$	0,289	$y=15,533x-126,55$	0,689	$y=7,1955x-53,133$	0,081
	Altitude	$y=34,803x+655,81$	0,121	$y=34,803x+655,81$	0,121	$y=34,803x+655,81$	0,121
T _{máxima}	Água	$y=-0,0223x+0,7439$	0,008	$y = 0^*$	0,000	$y = 0^*$	0,000
	Construida	$y=-2,2185x+70,672$	0,300	$y=-0,874x+40,404$	0,065	$y=-0,3084x+30,04$	0,002
	Livre	$y=0,8256x+27,079$	0,028	$y=-0,3734x+52,901$	0,002	$y=-5,2714x+151,21$	0,333
	Pavimentada	$y=0,4083x+12,427$	0,010	$y=0,5879x+14,516$	0,011	$y=4,7371x-71,166$	0,502
	Verde	$y=1,007x-10,923$	0,028	$y=0,6596x-7,8215$	0,027	$y=0,8427x-10,086$	0,024
	Altitude	$y=4,2006x+861,25$	0,038	$y=4,2006x+861,25$	0,038	$y=4,2006x+861,25$	0,038

* Observa-se que para raios menores de 49.000m² e 10.000m², a área de água era inexistente para as localidades monitoradas em 2002 (Tabelas 15 e 16).

TABELA 21 – R-QUADRADO E EQUAÇÕES DAS RETAS PARA 2003, EM FUNÇÃO DAS MÉDIAS DAS TEMPERATURAS

		1km2		49.000m2		10.000m2	
		Eq. da reta	R2	Eq. da reta	R2	Eq. da reta	R2
T _{média}	Água	$y=-0,06x+1,0051$	0,057	$y=0,0585x-0,7313$	0,015	$y=0,0156x-0,1946$	0,012
	Construida	$y=-3,2477x+75,134$	0,164	$y=-4,2217x+90,796$	0,225	$y=-0,6343x+28,732$	0,003
	Livre	$y=3,2415x-16,259$	0,036	$y=-2,1584x+62,439$	0,023	$y=3,8102x-20,715$	0,041
	Pavimentada	$y=-7,476x+144,07$	0,144	$y=-7,1815x+141,33$	0,460	$y=-6,5365x+134,94$	0,210
	Verde	$y=7,5421x-103,95$	0,618	$y=13,503x-193,84$	0,828	$y=3,345x-42,764$	0,272
	Altitude	$y=11,465x+776$	0,157	$y=11,465x+776$	0,157	$y=11,465x+776$	0,157
T _{mínima}	Água	$y=-0,0804x+0,8891$	0,098	$y=-0,0018x+0,1683$	0,000	$y=0,0002x+0,039$	0,000
	Construida	$y=-3,7107x+62,555$	0,204	$y=-2,1637x+48,36$	0,056	$y=2,2094x-2,4981$	0,030
	Livre	$y=1,8817x+14,162$	0,011	$y=-5,203x+80,917$	0,125	$y=-0,4243x+40,894$	0,001
	Pavimentada	$y=-6,4938x+95,028$	0,103	$y=-5,7258x+89,203$	0,278	$y=-4,9899x+85,319$	0,117
	Verde	$y=8,4032x-72,635$	0,731	$y=13,094x-118,65$	0,742	$y=3,2046x-23,754$	0,238
	Altitude	$y=15,319x+798,64$	0,267	$y=15,319x+798,64$	0,267	$y=15,319x+798,64$	0,267
T _{máxima}	Água	$y=0,0048x-0,0059$	0,001	$y=0,0464x-0,878$	0,017	$y=0,0095x-0,1702$	0,008
	Construida	$y=-0,7654x+43,152$	0,016	$y=-4,6235x+129,75$	0,484	$y=-3,0937x+87,822$	0,112
	Livre	$y=2,957x-33,005$	0,053	$y=1,3937x-1,0315$	0,017	$y=6,6797x-111,5$	0,224
	Pavimentada	$y=-5,3437x+149,93$	0,132	$y=-6,1328x+169,15$	0,601	$y=-6,4288x+179,05$	0,364
	Verde	$y=3,1473x-60,074$	0,193	$y=9,3162x-196,98$	0,707	$y=2,8333x-55,204$	0,350
	Altitude	$y=-0,91x+969,05$	0,002	$y=-0,91x+969,05$	0,002	$y=-0,91x+969,05$	0,002

TABELA 22 – R-QUADRADO E EQUAÇÕES DAS RETAS, EM FUNÇÃO DOS DELTAS TS

		1km2		49.000m2		10.000m2	
		Eq. da reta	R2	Eq. da reta	R2	Eq. da reta	R2
Delta Tmédia	Água	$y=-0,0347x+0,189$	0,005	$y=0,0355x+0,06$	0,095	$y=0,0094x+0,0164$	0,006
	Construída	$y=-4,151x+25,552$	0,153	$y=-3,3586x+25,518$	0,095	$y=0,2373x+21,069$	0,000
	Livre	$y=2,1815x+38,079$	0,012	$y=-3,5094x+38,778$	0,025	$y=-3,9881x+37,067$	0,031
	Pavimentada	$y=-4,271x+28,297$	0,047	$y=-3,6877x+31,938$	0,068	$y=-0,3378x+35,462$	0,000
	Verde	$y=6,2751x+7,8828$	0,221	$y=10,52x+3,7061$	0,532	$y=4,0792x+6,3851$	0,136
	Altitude	$y=8,813x+947,93$	0,038	$y=8,813x+947,93$	0,038	$y=8,813x+947,93$	0,038
Delta Tmínima	Água	$y=-0,0781x+0,1262$	0,021	$y=0,0477x+0,1027$	0,014	$y=0,0477x+0,1027$	0,014
	Construída	$y=-1,7081x+22,694$	0,023	$y=0,0802x+24,099$	0,000	$y=2,2483x+22,547$	0,019
	Livre	$y=-3,5169x+36,608$	0,033	$y=-3,5169x+36,608$	0,033	$y=-3,5169x+36,608$	0,033
	Pavimentada	$y=-1,9886x+25,215$	0,009	$y=-4,3797x+27,65$	0,086	$y=-4,6237x+32,489$	0,067
	Verde	$y=8,1272x+15,592$	0,330	$y=10,409x+15,511$	0,551	$y=10,409x+15,511$	0,551
	Altitude	$y=15,262x+961,11$	0,101	$y=15,262x+961,11$	0,101	$y=15,262x+961,11$	0,101
Delta Tmáxima	Água	$y=0,0089x+0,1496$	0,002	$y=-0,0107x+0,1048$	0,004	$y=-0,0037x+0,0305$	0,005
	Construída	$y=-2,2436x+29,856$	0,231	$y=-2,5344x+30,961$	0,281	$y=-0,3425x+22,107$	0,003
	Livre	$y=3,0844x+30,622$	0,124	$y=2,2689x+31,057$	0,055	$y=-2,0408x+40,888$	0,042
	Pavimentada	$y=-2,4484x+33,107$	0,080	$y=-1,8835x+35,462$	0,092	$y=1,0644x+32,412$	0,021
	Verde	$y=-2,2436x+29,856$	0,231	$y=2,1598x+2,4154$	0,116	$y=1,3225x+4,5619$	0,074
	Altitude	$y=3,1978x+943,07$	0,026	$y=3,1978x+943,07$	0,026	$y=3,1978x+943,07$	0,026

Sendo assim, a análise de regressão linear não apresentou bons resultados. Algumas limitações podem ter influenciado estes resultados, uma delas é a altura em que foram realizadas as medições. A altura padrão para a realização de monitoramento é de 1,50 metros do solo, nesta pesquisa o equipamento estava posicionado a 10 metros do solo, ou seja, fora da área intra-urbana e em consequência fora da área de maior influência urbana. Outra possível explicação é a falta de dados relativos à velocidade e direção do vento, já que a 10 metros de altura, o vento teria um papel relevante.

Inicialmente, pensou-se em realizar a análise de regressão linear múltipla. Porém, para esta análise as variáveis explicativas não devem ser interdependentes. O que não ocorre na presente pesquisa, visto que, as 5 variáveis de ocupação do solo são dependentes entre si. Desta forma, foi realizada somente a análise de regressão linear simples.

4.2.5.2 Análise comparativa das localidades monitoradas em 2002

A seguir estão apresentadas as análises referentes às localidades monitoradas em 2002. A primeira análise realizada foi para a área de influência de 1km², para as médias das temperaturas mínima, média e máxima. Em seguida,

serão analisadas as áreas de influência de 49.000m² e 10.000m², para as três médias das temperaturas. Para estas análises, além de comparar as categorias de ocupação individualmente, também serão comparadas as porcentagens de áreas impermeabilizadas (A.I.=soma das áreas construídas e pavimentadas) e permeáveis (A.P.=soma das áreas de água, livre e verde) (Tabela 23).

Deve-se ressaltar que para esta análise as altitudes não foram consideradas, visto que a correlação entre elas e a variação de temperatura foi insignificante.

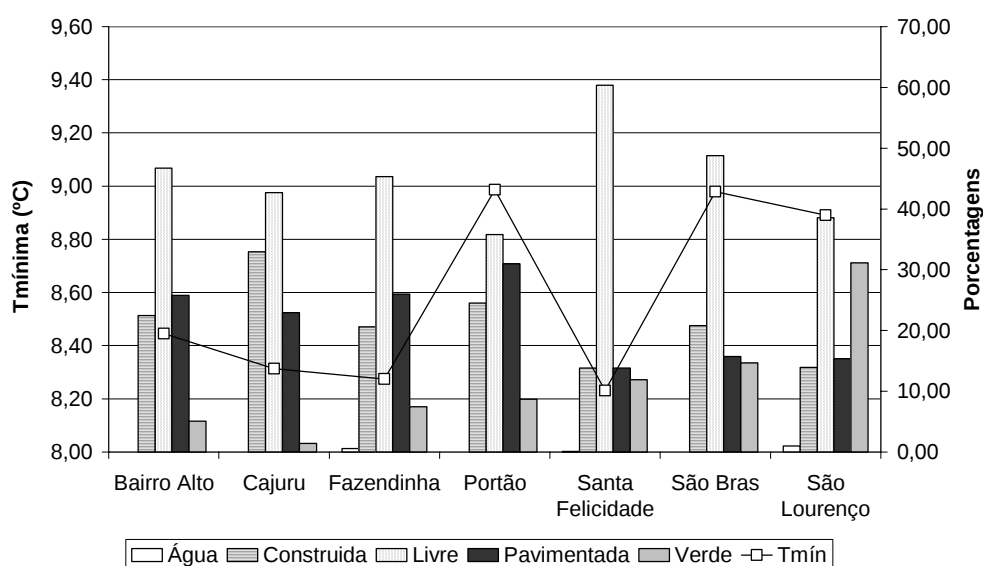
TABELA 23 – PORCENTAGENS DE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS

		Localidades monitoradas em 2002						
		Bairro Alto	Cajuru	Fazendinha	Portão	Santa Felicidade	São Brás	São Lourenço
1km ²	Área Permeável (A.P.)	51,76	44,14	53,38	44,50	72,33	63,44	70,72
	Área Impermeabilizada (A.I.)	48,24	55,86	46,62	55,50	27,67	36,56	29,28
49.000m ²	Área Permeável (A.P.)	45,70	51,32	30,92	46,57	63,25	62,46	59,92
	Área Impermeabilizada (A.I.)	54,30	48,68	69,08	53,43	36,75	37,54	40,08
10.000m ²	Área Permeável (A.P.)	40,28	60,45	29,99	28,00	39,61	43,53	56,20
	Área Impermeabilizada (A.I.)	59,72	39,55	70,01	72,00	60,39	56,47	43,80

As figuras 24, 25 e 26 apresentam as correlações entre as médias das temperaturas e as diferentes características de ocupação do solo para área de influência de 1km² (Apêndice C – Figuras 67 73, 82, 91, 94, 100 e 103), das localidades monitoradas em 2002.

Na análise da figura 24, nota-se uma certa relação entre a variação de temperatura e as porcentagens de ocupação. Por exemplo, a localidade do Portão (Figura 91) uma das maiores porcentagens de área pavimentada (30,96%) e construída (24,54%) apresentou a mais alta temperatura mínima. O mesmo ocorre com Santa Felicidade (Figura 94) e Fazendinha (Figura 82), que apresentam as menores temperaturas mínimas e altas porcentagens de área livre (60,34% e 45,31%, respectivamente). Para as outras localidades a relação é difícil de visualizar ou ocorre o inverso do esperado, como por exemplo, o bairro São Lourenço (Figura 103), que apresenta a terceira maior temperatura mínima e a maior porcentagem de área verde (31,16%).

FIGURA 24 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM², MONITORAMENTO EM 2002



Ao analisar a figura 25, novamente nota-se que em algumas localidades a correlação não foi como a esperada. Santa Felicidade (Figura 94) apresenta grande porcentagem de área permeável (72,33%) pouca porcentagem de área impermeabilizada (27,67%), em relação ao Cajuru (Figura 73) que tem 44,14% de A.P. e 55,86% de A.I. Apesar disto o Cajuru registrou temperatura média mais baixa que Santa Felicidade. Da mesma forma, o São Lourenço (Figura 103) apresenta maior porcentagem de área livre e verde (70,72%) em relação às áreas construída e pavimentada (29,28%), porém, registrou temperatura média mais elevada que o Cajuru.

Quanto às temperaturas máximas (Figura 26), a relação é semelhante à obtida para as temperaturas médias. Apesar do Cajuru (Figura 73) ser a localidade que apresenta a maior porcentagem de área impermeabilizada, registra a menor média das temperaturas máximas. Já as localidades do São Lourenço (Figura 103) e Santa Felicidade (Figura 94), que apresentam as maiores porcentagens de área permeável (acima dos 70%), registraram altas temperaturas máximas. O Bairro Alto (Figura 67) é a localidade que apresenta maior equilíbrio entre A.P. e A.I., e registrou a maior temperatura máxima.

FIGURA 25 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM², MONITORAMENTO EM 2002

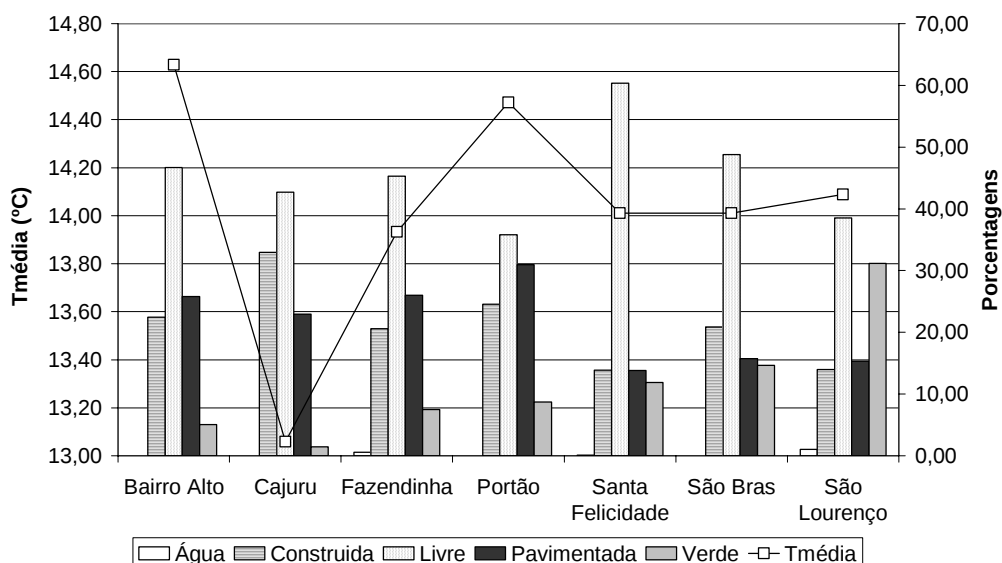
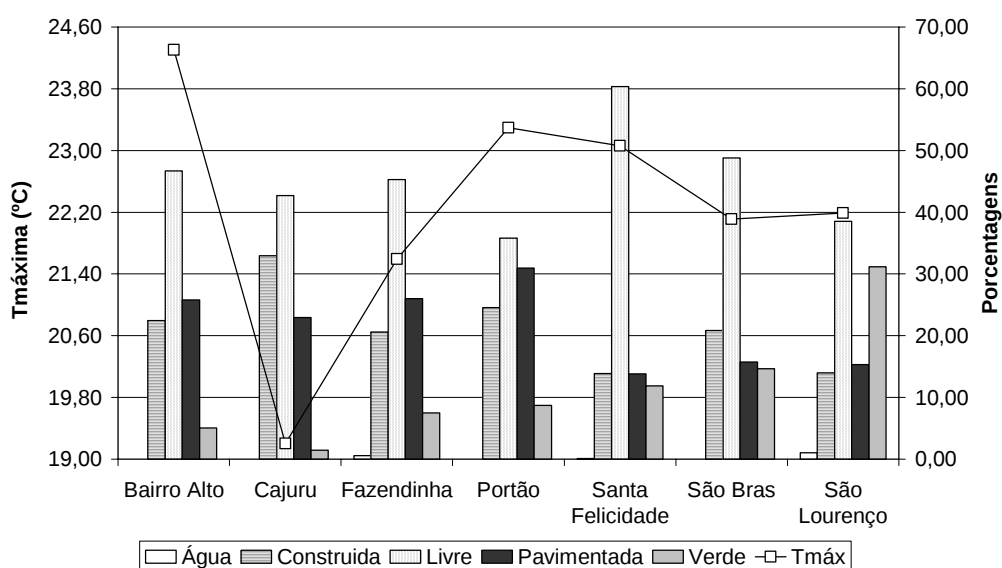


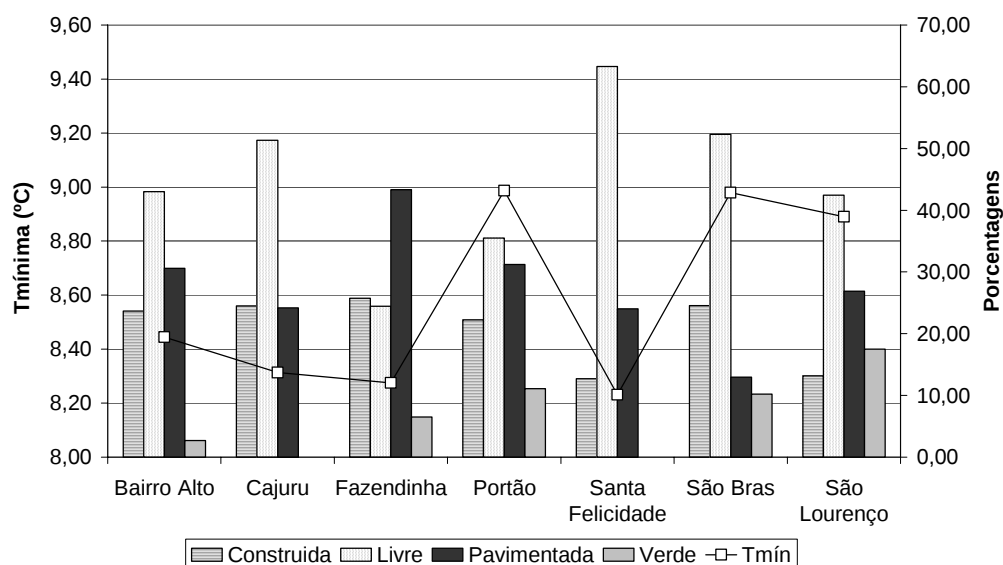
FIGURA 26 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM², MONITORAMENTO EM 2002



As figuras 27, 28 e 29 apresentam as correlações entre as médias das temperaturas e as diferentes características de ocupação do solo para área de influência de 49.000m² (Apêndice C – Figuras 68, 74, 83, 92, 95, 101, 104), das localidades monitoradas em 2002. Nota-se que para a área de influência de 49.000m², todas as localidades não apresentaram área de água. O Cajuru e a Santa Felicidade não apresentaram área verde.

Para a análise entre média das temperaturas mínimas e características de ocupação para a área de influência de 49.000m² (Figura 27), as correlações estiveram dentro do esperado em alguns casos. A menor média da temperatura mínima registrada foi em Santa Felicidade (Figura 95), que apresentou alta porcentagem de área livre (63,25%). Da mesma forma, o Portão (Figura 92), com maior porcentagem de áreas impermeabilizadas (53,43%), apresentou a maior temperatura mínima. Em algumas localidades como a Fazendinha (Figura 83) e o São Brás (Figura 101), a relação se apresenta de maneira inversa ao esperado. A Fazendinha apresenta a segunda menor temperatura e a maior porcentagem de área impermeabilizada (69,08%). Já o São Brás apresenta a segunda maior temperatura e grande porcentagem de área impermeabilizada (62,46%).

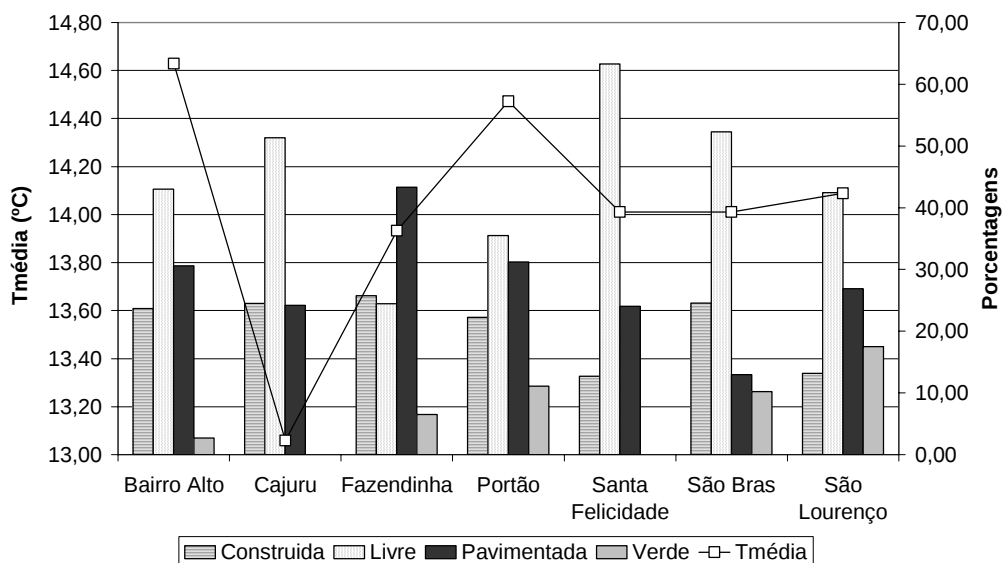
FIGURA 27 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M², MONITORAMENTO EM 2002



O Cajuru (Figura 74) apresenta porcentagens de área permeável e impermeabilizada próximas (51,32% e 48,68%) e registrou a menor temperatura média. O Bairro Alto (Figura 68) tem a maior temperatura e a segunda maior porcentagem de A.I. (54,30%), porém a proporção entre A.I. e A.P. não é muito grande, ou seja, a diferença entre elas é de aproximadamente 8%. A localidade que apresentou uma maior diferença entre essas áreas foi o Fazendinha (Figura 83) (A.P.=30,92% e A.I.= 69,08%), apresentando uma maior porcentagem de áreas

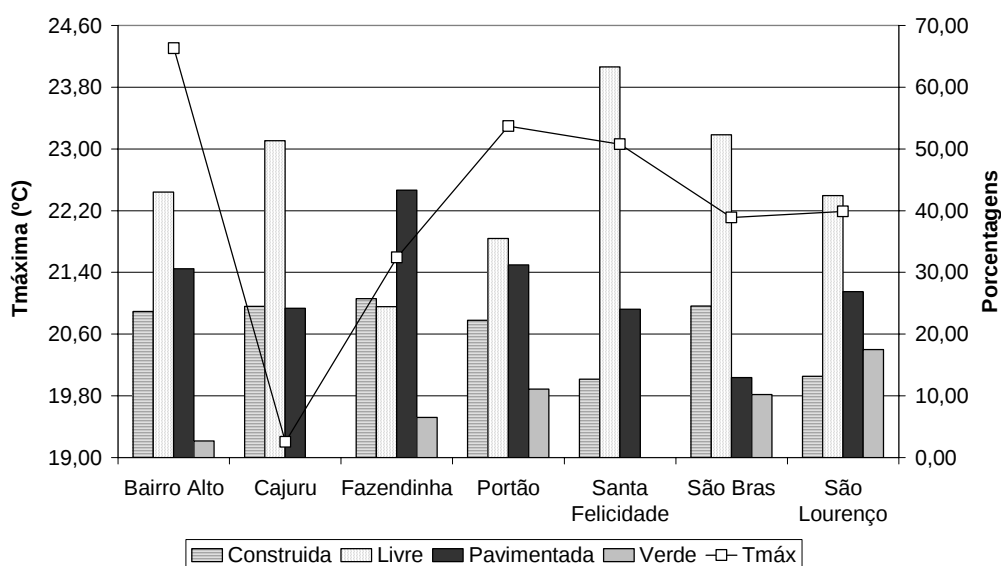
construídas e pavimentadas, porém foi registrada nesta localidade a segunda menor temperatura. A localidade com a segunda maior temperatura é o Portão (Figura 92), que tem 53,43% de área impermeabilizada e 46,57% de área permeável, novamente nesta localidade a diferença entre as duas áreas é de 6,87% (Figura 28).

FIGURA 28 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M², MONITORAMENTO EM 2002



A análise para as temperaturas máximas (Figura 29) mostra que o Bairro Alto (Figura 68) novamente apresentou a maior temperatura e isto condiz com a porcentagem de ocupação de áreas construídas e pavimentadas. O mesmo ocorre com o Portão (Figura 92) em relação às temperaturas médias e máximas, ou seja, foi registrada a segunda maior temperatura apesar deste ser o bairro que apresenta o segundo melhor equilíbrio entre as áreas permeável e impermeabilizada. Em Santa Felicidade (Figura 95) a relação entre a temperatura máxima e a ocupação do solo não foi a esperada, pois esta é a localidade que tem a maior porcentagem de área permeável (63,25%).

FIGURA 29 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M², MONITORAMENTO EM 2002



As figuras 30, 31 e 32 apresentam as correlações entre as médias das temperaturas e as diferentes características de ocupação do solo para área de influência de 10.000m² (Apêndice C – Figuras 69, 75, 84, 93, 96, 102 e 105), das localidades monitoradas em 2002. Nota-se que para a área de influência de 10.000m², novamente as localidades não apresentaram área de água e as localidades do Cajuru e Santa Felicidade não apresentaram área verde.

A figura 30 mostra que as localidades que apresentaram as menores porcentagens de área permeável foram o Portão (Figura 93), a Fazendinha (Figura 84) e Santa Felicidade (Figura 96) respectivamente, porém as temperaturas mínimas não seguem este padrão. O Portão apresenta a maior temperatura, ficando dentro do esperado, mas a Fazendinha e Santa Felicidade tiveram as menores temperaturas. As duas localidades que apresentaram maiores porcentagens de área permeável, em relação à impermeabilizada, são o Cajuru (Figura 75) e o São Lourenço (Figura 104). Apesar disto, o São Lourenço registrou a terceira maior temperatura mínima.

A diferença entre a área permeável do Cajuru e do São Lourenço é de aproximadamente 4%, mas a diferença entre as temperaturas médias nestas localidades foi de 1,03°C. Comparando-se os bairros Santa Felicidade (Figura 96) e São Brás (Figura 102), que também apresentam uma diferença de aproximadamente

4% em relação às áreas permeáveis, tem-se a mesma média de temperatura de 14,01°C. No Bairro Alto (Figura 69) foi registrada a maior temperatura e grande porcentagem de área construída e pavimentada (Figura 31).

FIGURA 30 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M², MONITORAMENTO EM 2002

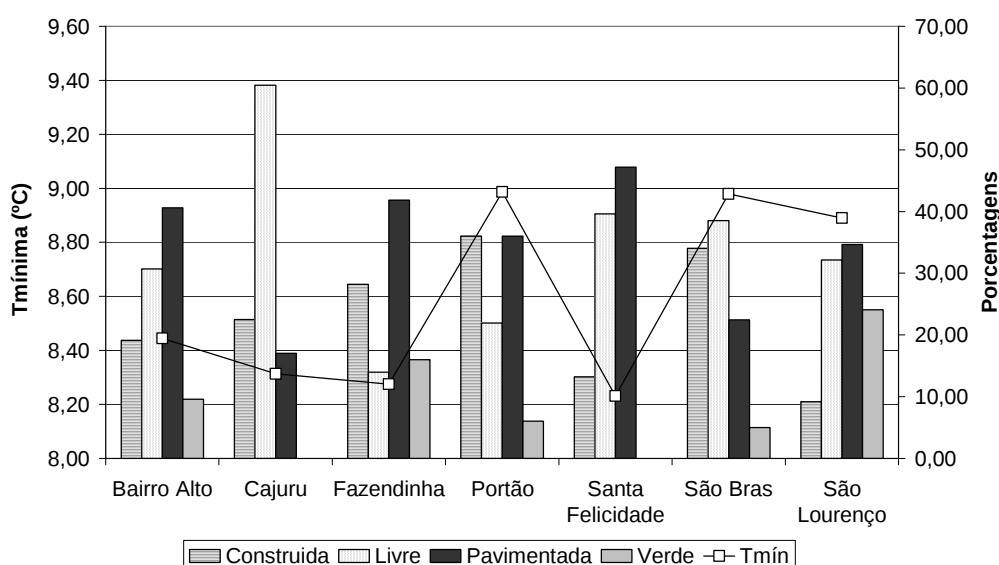
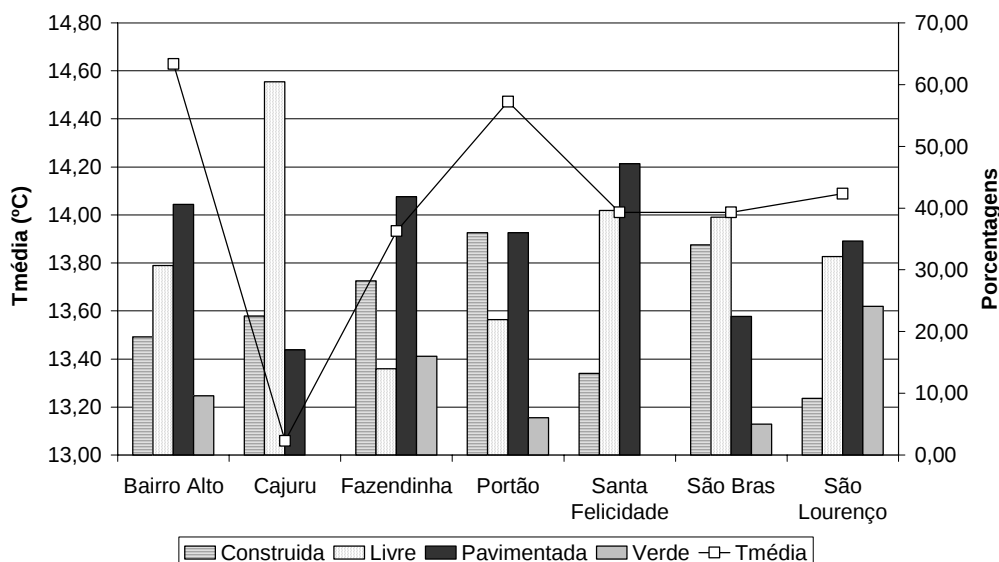


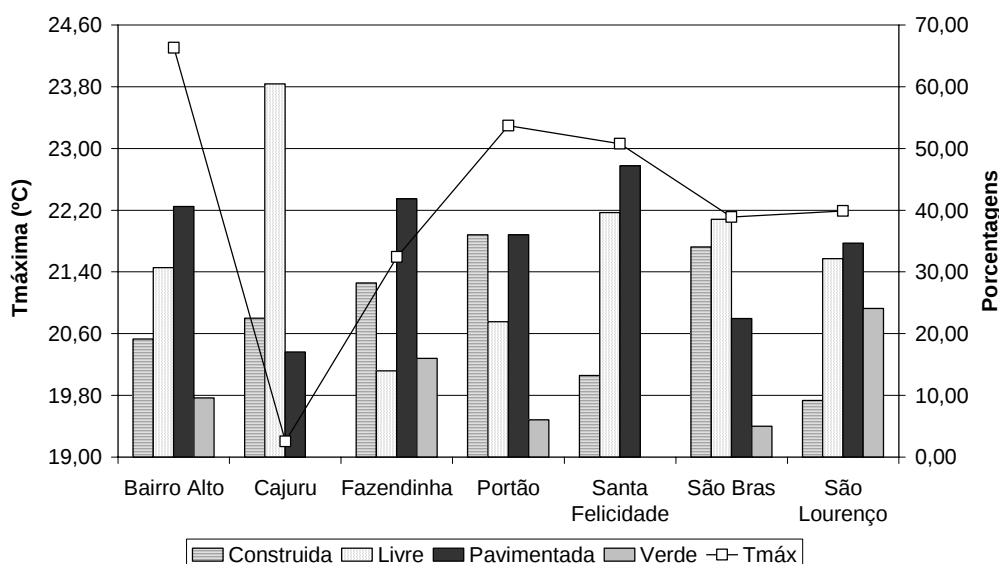
FIGURA 31 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M², MONITORAMENTO EM 2002



O Bairro Alto (Figura 69) registrou a maior temperatura máxima e tem a porcentagem de área construída e pavimentada de 59,72%. A maior porcentagem de área impermeabilizada foi verificada no Portão (Figura 93), localidade que

registrou a segunda maior temperatura máxima. O Cajuru (Figura 75) é a localidade que apresenta a maior porcentagem de área permeável, o que talvez tenha influenciado temperatura, pois esta é a localidade com menor temperatura máxima. Santa Felicidade (Figura 96) apresenta a terceira maior porcentagem de área impermeabilizada e a terceira maior temperatura. O mesmo não ocorre com a Fazendinha (Figura 84) que possui a segunda maior área impermeabilizada e a segunda menor temperatura (Figura 32).

FIGURA 32 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M², MONITORAMENTO EM 2002



Ao se analisar comparativamente cada média da temperatura em função das diferentes características de ocupação para as três áreas de influência, quanto às localidades monitoradas em 2002, tem-se a seguinte análise:

- Para as médias das temperaturas mínimas, algumas localidades se mantêm dentro do mesmo padrão de comportamento. O Portão registrou as maiores médias das temperaturas mínimas e altas porcentagens de áreas construídas e pavimentadas. A localidade de Santa Felicidade apresentou grande porcentagem de áreas permeáveis o que condiz com as mais baixas temperaturas mínimas registradas. O bairro do São Lourenço, apesar de ter apresentado uma grande porcentagem de área permeável, registrou temperaturas mínimas maiores do que as esperadas.

- Em relação às médias das temperaturas médias, as localidades não apresentam relação forte entre as porcentagens de ocupação e a variação da temperatura média. Ou seja, a localidade que apresenta a maior porcentagem de área impermeabilizada, não apresentou a maior temperatura, como era de se esperar. Como exemplo disto tem-se o Cajuru que apesar de ter grande porcentagem de área impermeabilizada, para 1km², apresentou temperatura média menor que as localidades de Santa Felicidade e São Lourenço, que tem grande porcentagem de área permeável.

- A análise das médias das temperaturas máximas mostra que apenas em algumas localidades a relação entre a ocupação do solo e a variação de temperatura ficou dentro do esperado. O Bairro Alto, para as três áreas de influência apresentou grande porcentagem de áreas construídas e pavimentadas e registrou a maior temperatura máxima. Já Santa Felicidade, apesar de ter grande porcentagem de área permeável, para as três áreas de influência, registrou temperaturas altas.

4.2.5.3 Análise comparativa das localidades monitoradas em 2003

A seguir estão apresentadas as análises referentes às localidades monitoradas em 2003. A primeira análise realizada foi para a área de influência de 1km², para as médias das temperaturas mínima, média e máxima. Em seguida, serão analisadas as áreas de influência de 49.000m² e 10.000m², para as três médias das temperaturas. Os valores de áreas impermeabilizadas e permeáveis estão apresentados na tabela 24.

TABELA 24 – PORCENTAGENS DE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS

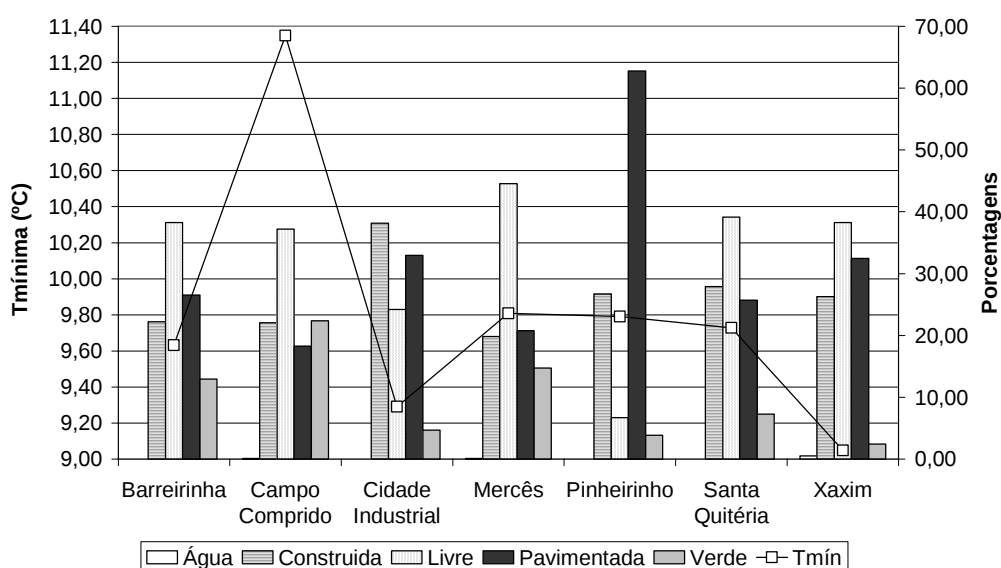
		Localidades monitoradas em 2003						
		Barreirinha	Campo Comprido	Cidade Industrial	Mercês	Pinheirinho	Santa Quitéria	Xaxim
1km ²	Área Permeável (A.P.)	51,21	59,68	28,89	59,37	10,57	46,43	41,23
	Área Impermeabilizada (A.I.)	48,79	40,32	71,11	40,63	89,43	53,57	58,77
49.000m ²	Área Permeável (A.P.)	17,37	50,22	38,68	51,49	38,96	49,81	32,08
	Área Impermeabilizada (A.I.)	82,63	49,78	61,32	48,51	61,04	50,19	67,92
10.000m ²	Área Permeável (A.P.)	19,23	49,62	56,02	57,73	35,47	52,66	40,38
	Área Impermeabilizada (A.I.)	80,77	50,38	43,98	42,27	64,53	47,34	59,62

As figuras 33, 34 e 35 apresentam as correlações entre as médias das temperaturas e diferentes características de ocupação do solo para a área de influência de 1km² (Apêndice C - Figura 70, 76, 79, 85, 88, 97 e 106), das localidades monitoradas em 2003.

A análise da figura 33 mostra que as localidades que registraram a menor e a maior temperatura mínima foram o Xaxim (Figura 106) e o Campo Comprido (Figura 76), respectivamente. As porcentagens de área permeável e impermeabilizada destas localidades, mais uma vez, mostram que a relação entre a ocupação do solo e a variação de temperatura não foi direta. O Xaxim em comparação com o Campo Comprido apresentou maior porcentagem de áreas construídas e pavimentadas (58,75%) enquanto que o Campo Comprido tem 40,32%. Apesar disto, o Xaxim apresentou a menor temperatura. As localidades do Pinheirinho (Figura 88) e Mercês (Figura 85) apresentaram praticamente a mesma média das temperaturas mínimas, porém a diferença entre as porcentagens de ocupação é muito grande. Enquanto o Pinheirinho apresenta somente 10,57% de área permeável, Mercês tem 59,37%. A análise da temperatura da Cidade Industrial (Figura 79) também não mostrou relação direta com o uso do solo, visto que a porcentagem de área livre e verde é pequena (28,89%) e a localidade registrou a segunda menor temperatura. A localidade do Pinheirinho apresenta grande porcentagem de área pavimentada e construída e em relação ao Campo Comprido, que apresenta maior porcentagem de área livre e verde. Porém, a temperatura mínima no Pinheirinho é menor que no Campo Comprido.

Mais uma vez, a menor e a maior temperaturas médias registradas foram no Xaxim (Figura 106) e no Campo Comprido (Figura 76), respectivamente. E novamente a relação entre as variáveis e a temperatura não foi a esperada. O Xaxim apresenta menor porcentagem de áreas permeáveis que o Campo Comprido. As localidades da Barreirinha (Figura 70) e Cidade Industrial (Figura 79) apresentaram temperaturas médias próximas, entretanto a Barreirinha possui maior porcentagem de áreas permeáveis (51,21%) que a Cidade Industrial (28,89%). Os bairros da Santa Quitéria (Figura 97) e das Mercês (Figura 85) tiveram praticamente a mesma temperatura média, sendo a diferença entre as porcentagens de área permeáveis de 12,95% (Figura 34).

FIGURA 33 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM², MONITORAMENTO EM 2003



Para as médias das temperaturas máximas, a localidade com a menor temperatura foi a Barreirinha (Figura 70). A relação entre as áreas permeáveis e impermeabilizadas da Barreirinha é a mais equilibrada entre todas as localidades, sendo a diferença entre estas áreas de 2,43%. O Campo Comprido (Figura 76) continua apresentando a maior temperatura, apesar de ser o bairro com a maior porcentagem de área permeável (59,68%). As localidades do Pinheirinho (Figura 88) e Cidade Industrial (Figura 79) apresentaram diferença de 0,01°C de temperatura, mas o Pinheirinho tem 18,32% a mais de áreas construídas e pavimentadas que a Cidade Industrial. A diferença de temperatura entre as localidades do Campo Comprido e Mercês (Figura 85) é de 1,3°C enquanto que entre o Campo Comprido e a Santa Quitéria (Figura 97) é de 0,63°C. Entretanto, a diferença entre as áreas permeabilizadas, no primeiro caso foi menor - 0,31% - que no segundo - 13,25% (Figura 35).

FIGURA 34 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM², MONITORAMENTO EM 2003

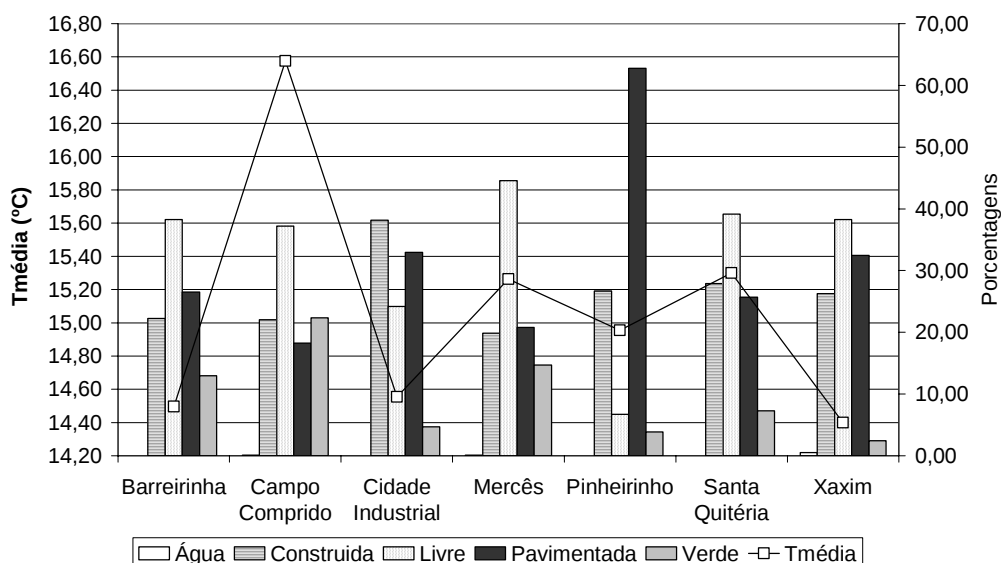
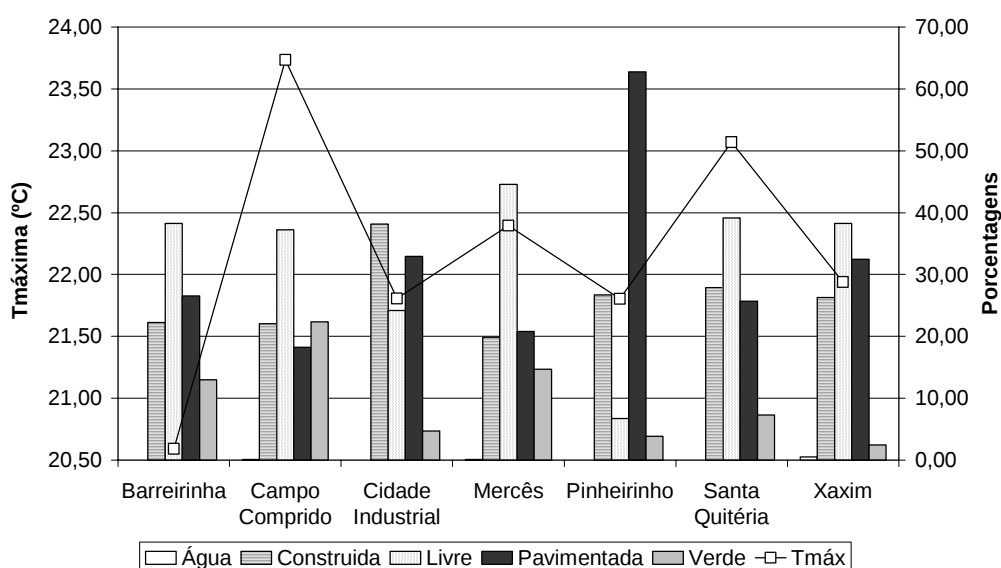


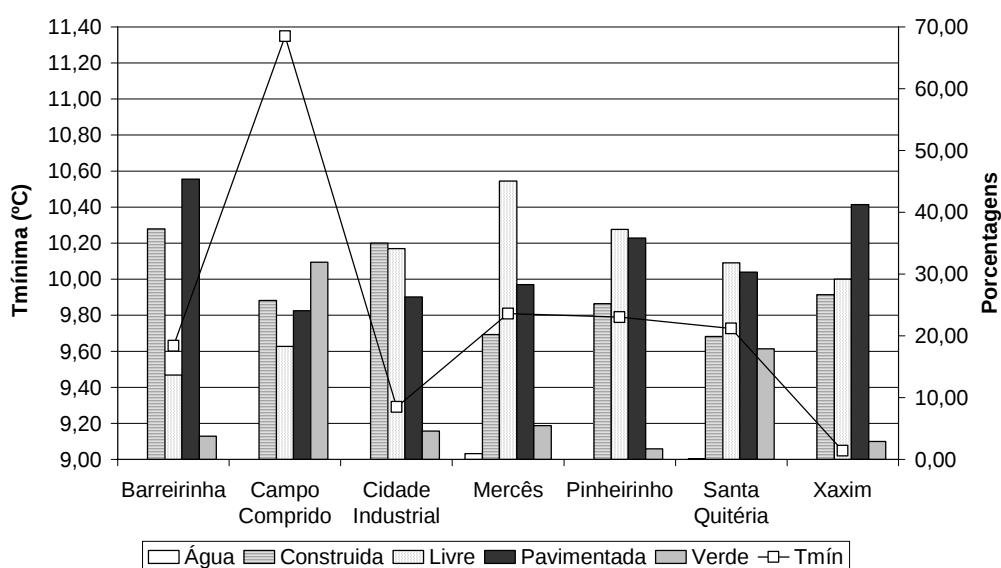
FIGURA 35 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 1KM², MONITORAMENTO EM 2003



As figuras 36, 37 e 38 apresentam as correlações entre as médias das temperaturas e as diferentes características de ocupação do solo para a área de influência de 49.000m² (Apêndice C – Figuras 71, 77, 80, 86, 89, 98 e 107), das localidades monitoradas em 2003. Verifica-se que somente as localidades Mercês e Santa Quitéria apresentaram área de água para esta área de influência.

Para a área de influência de 49.000m² e temperaturas mínimas (figura 36), novamente aparece a contradição entre a ocupação do solo e a variação de temperatura. O Xaxim (Figura 107), apesar de ter a segunda menor porcentagem de áreas livre e verde (32,08%), apresentou temperatura mínima menor que Mercês (Figura 86) que tem a maior porcentagem de áreas permeáveis (51,49%). Da mesma forma, o Campo Comprido (Figura 77) apresentou temperatura mínima maior que a Barreirinha (Figura 71), apesar desta ter a maior porcentagem de áreas impermeabilizadas (82,63%) contra 49,78% do Campo Comprido. A diferença entre as áreas permeáveis do Campo Comprido e da Cidade Industrial (Figura 80) é praticamente a mesma que a diferença entre as Mercês e o Pinheirinho (Figura 89), entretanto, a diferença de temperatura no primeiro caso é de 2,06°C enquanto que no segundo caso a diferença é de 0,02°C.

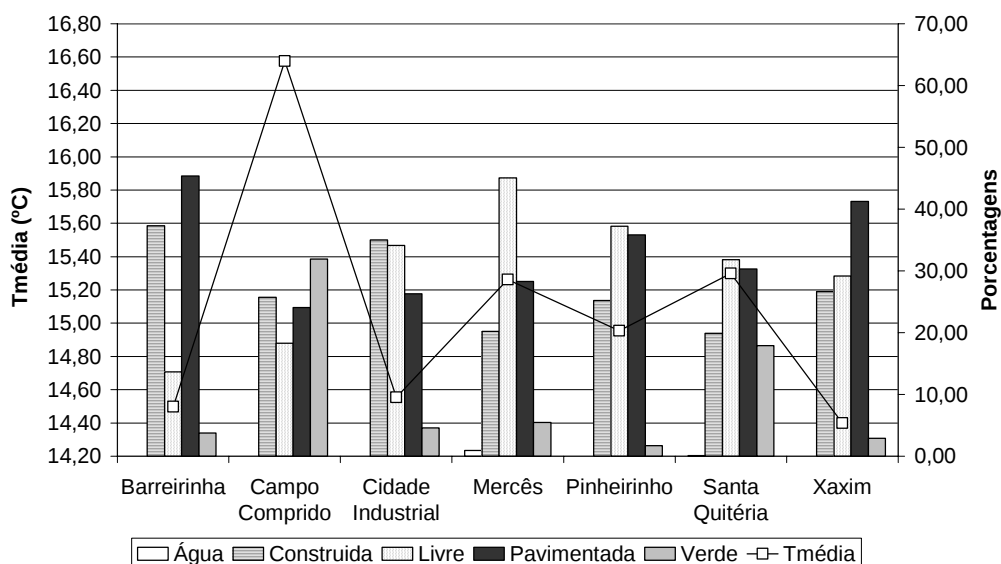
FIGURA 36 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M², MONITORAMENTO EM 2003



Para a média das temperaturas médias (Figura 37), novamente o Xaxim (Figura 107) apresentou a menor média e o Campo Comprido (Figura 77) a maior. A relação entre as duas localidades é igual à ocorrida para as temperaturas mínimas. Ao se comparar os bairros Cidade Industrial (Figura 80) e Pinheirinho (Figura 89) e Cidade Industrial e Barreirinha (Figura 71), nota-se que apesar da diferença das porcentagens de áreas permeáveis serem menores no primeiro caso (0,10%) e em

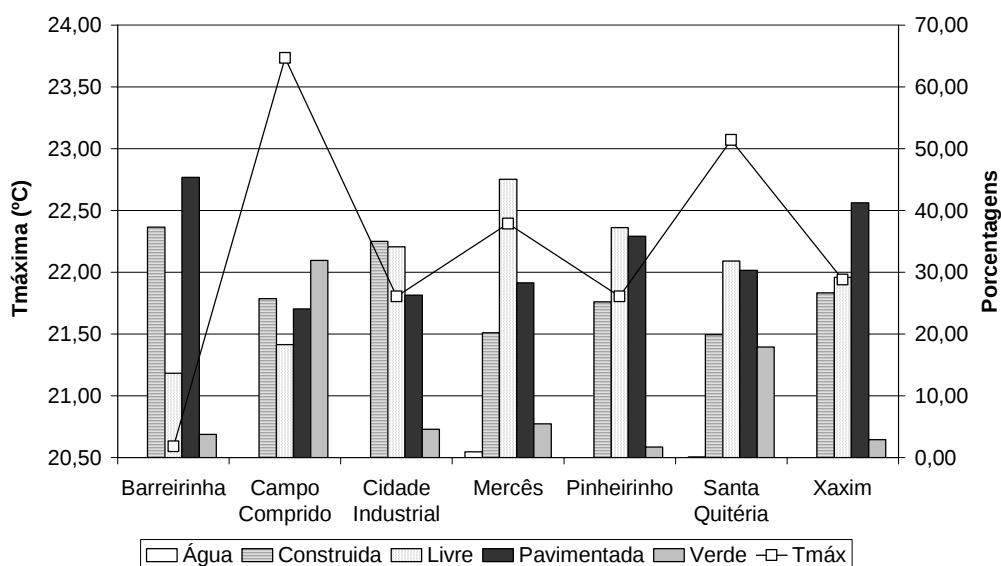
relação ao segundo (21,32%), as diferenças de temperatura, na primeira comparação foi de 0,40°C e na segunda de 0,05°C.

FIGURA 37 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M², MONITORAMENTO EM 2003



A análise das temperaturas máximas em função das diferentes características de ocupação do solo para a área de influência de 49.000m² (Figura 38), apresenta a Barreirinha (Figura 71) como tendo a menor temperatura máxima apesar de apresentar a maior porcentagem de área impermeabilizada (82,93%). O Campo Comprido (Figura 77) registrou a maior temperatura apesar de apresentar um grande equilíbrio entre as áreas impermeabilizada e permeável. O mesmo ocorreu com a localidade Santa Quitéria (Figura 98) que tem a segunda maior temperatura e diferença entre as áreas permeáveis e impermeabilizadas de 0,37%. A Cidade Industrial (Figura 80) e o Pinheirinho (Figura 89) registraram temperaturas com 0,01° de diferença e porcentagens de ocupação muito próximas.

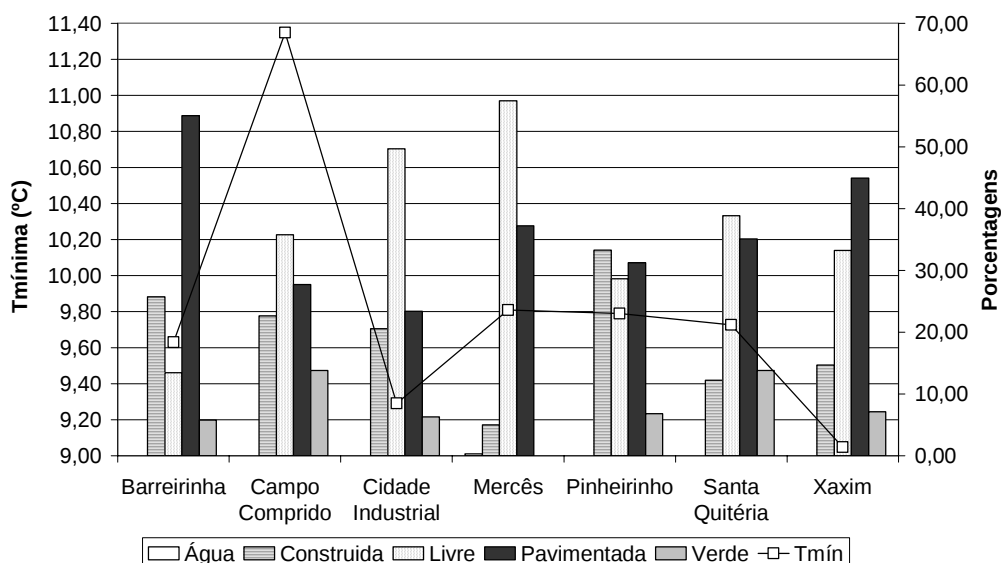
FIGURA 38 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 49.000M², MONITORAMENTO EM 2003



As figuras 39, 40 e 41 apresentam as correlações entre as médias das temperaturas e as diferentes características de ocupação do solo para a área de influência de 10.000m² (Apêndice C – Figuras 72, 78, 81, 87, 90, 99 e 108), das localidades monitoradas em 2003. Vê-se que para a área de influência de 10.000m², somente as Mercês apresentou área de água e não apresentou área verde.

A figura 39 mostra que a maior temperatura mínima registrada foi no Campo Comprido (Figura 78), que tem 50,38% de áreas construídas e pavimentadas. Embora a maior quantidade de área impermeabilizada seja na Barreirinha (Figura 72), esta localidade registrou a terceira menor temperatura mínima. Esta inversão também ocorreu com a maior área permeável, ou seja, o bairro das Mercês (Figura 87) registrou a segunda maior temperatura. A comparação entre as Mercês e o Pinheirinho (Figura 90), em relação às áreas permeáveis, mostra que a diferença entre elas é de 22,27%, apesar disto a temperatura mínima foi praticamente a mesma nas duas localidades. O Xaxim (Figura 108) apresentou a menor temperatura mínima, porém tem mais áreas construídas e pavimentadas que áreas livre e verde. A Cidade Industrial (Figura 81) registrou a segunda menor temperatura e a segunda maior porcentagem de áreas permeáveis (56,02%).

FIGURA 39 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÍNIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M², MONITORAMENTO EM 2003



Em relação às temperaturas médias (Figura 40), a Barreirinha (Figura 72) apresentou a menor temperatura, entretanto a porcentagem de áreas livre e verde é a menor entre todas as localidades. A maior temperatura foi registrada no Campo Comprido (Figura 78), apesar desta localidade ter as porcentagens de áreas permeáveis e impermeabilizadas muito próximas (49,62% e 50,38%, respectivamente). Mercês (Figura 87) tem a maior porcentagem de áreas permeáveis (57,73%), porém registrou a terceira maior temperatura. A diferença entre as áreas livre e verde das localidades da Barreirinha e da Cidade Industrial (Figura 81) é de 36,80%, enquanto que as temperaturas mínimas nestas localidades são praticamente as mesmas.

As localidades que apresentaram as duas menores temperaturas máximas (Figura 41), foram a Barreirinha (Figura 72) e o Pinheirinho (Figura 90), que também apresentam as duas maiores porcentagens de áreas impermeabilizadas. O Pinheirinho e a Cidade Industrial (Figura 81) tiveram diferença de 0,01°C de temperatura, entretanto o Pinheirinho tem 64,53% de áreas pavimentadas e construídas enquanto que a Cidade Industrial tem 43,98%. O bairro das Mercês, (Figura 87) apesar de ter a maior porcentagem de área permeável, registrou a terceira maior temperatura.

FIGURA 40 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÉDIA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M², MONITORAMENTO EM 2003

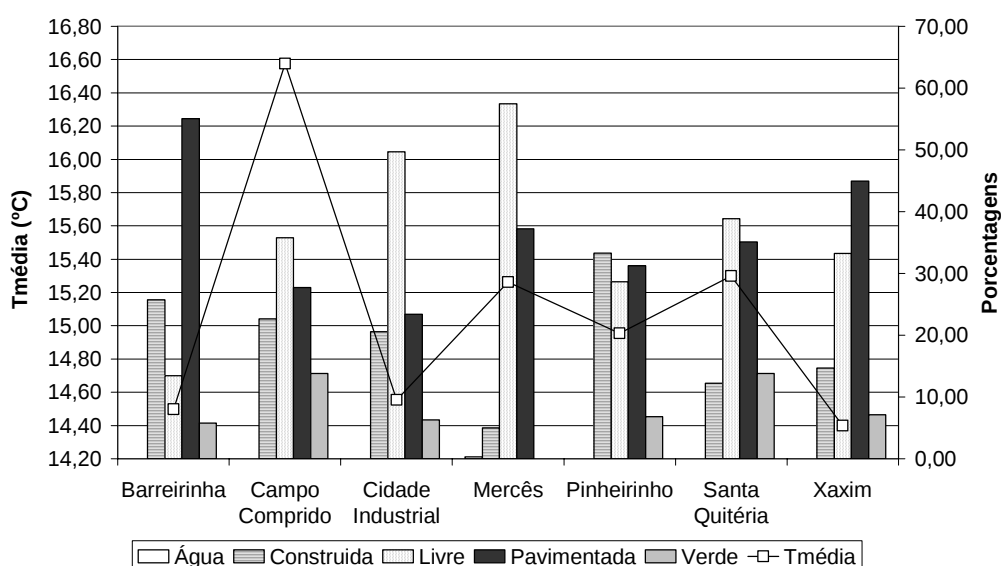
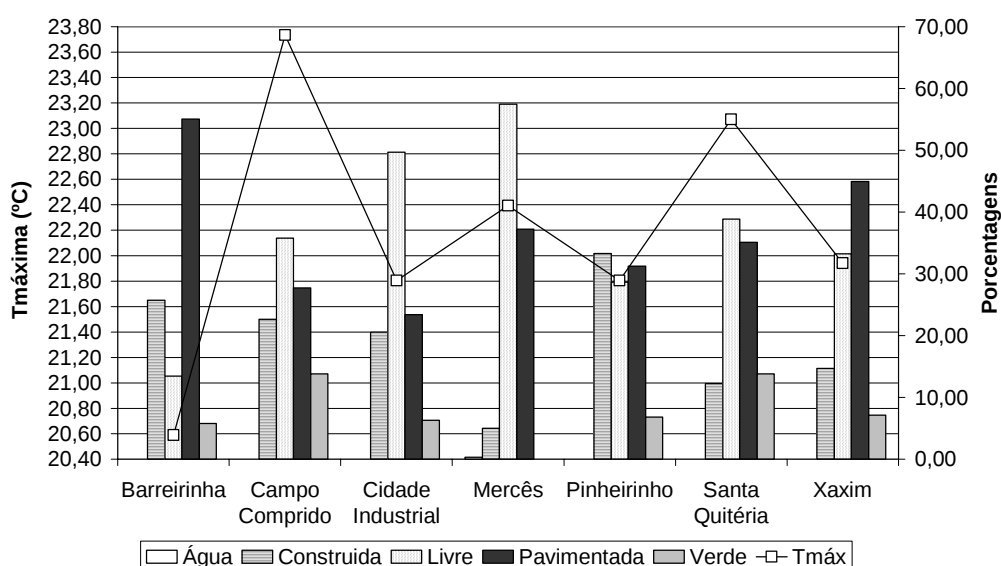


FIGURA 41 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA MÁXIMA E A OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ÁREA DE 10.000M², MONITORAMENTO EM 2003



A análise comparativamente de cada média da temperatura em função das três áreas de influência mostrou que nem sempre a relação entre a ocupação do solo e a variação de temperatura foi direta. Ao analisar as temperaturas para as três áreas de influência, nota-se que algumas localidades apresentam altas porcentagens de áreas construídas e pavimentadas e apesar disto, registraram as

menores temperaturas e vice-versa. Este é o caso do Xaxim e do Campo Comprido. Outro ponto a ser evidenciado é o fato de algumas localidades apresentarem áreas permeáveis e impermeabilizadas muito diferentes apesar dos valores de temperaturas terem sido muito próximos. Ou o contrário, apresentarem diferenças significativas nos valores de temperatura e terem porcentagens de áreas muito próximas. Também se nota que em algumas localidades há um grande equilíbrio entre as áreas permeáveis e impermeabilizadas, e apesar disto, estas localidades podem apresentar os extremos, ou seja, ter as menores ou maiores temperaturas.

4.2.6 Análise das Isotermas

A análise das isotermas é uma análise visual. Também foi realizada, por ano, para as médias das temperaturas e em conjunto para os Delta Ts.

As figuras 42 e 43 mostram a distribuição espacial das médias das temperaturas médias, máximas e mínimas, das localidades monitoradas em 2002. A região Sul, por falta de pontos monitorados, ficou descaracterizada quanto à distribuição das temperaturas.

Ao analisar a figura 42, nota-se que em relação às temperaturas médias e máximas, a zona central da cidade (Portão) registrou as mais altas temperaturas. As localidades da porção Norte (São Brás, São Lourenço e Santa Felicidade) apresentam configuração semelhante. Já as localidades do SIMEPAR e Cajuru, que estão situadas na porção Leste da cidade, apresentaram as mais baixas temperaturas. Sendo que para a temperatura média o Cajuru registrou temperaturas menores que o SIMEPAR.

Em relação à temperatura mínima (Figura 43), a distribuição espacial se dá de uma forma concêntrica. Tendo o SIMEPAR registrado as maiores temperaturas mínimas, sendo que estas vão diminuindo a medida que se aproxima do limite da cidade. Os bairros mais afastados do centro estão situados praticamente dentro da mesma faixa de temperatura.

FIGURA 42 – ISOTERMAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS E MÁXIMAS DE 2002

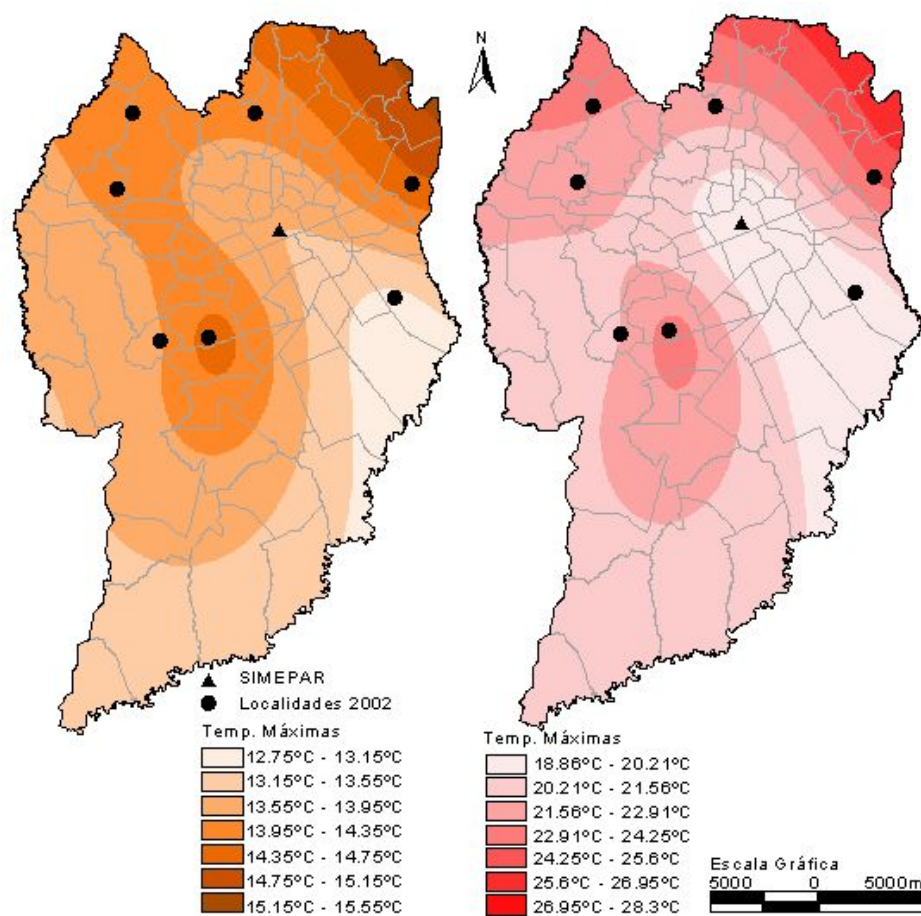
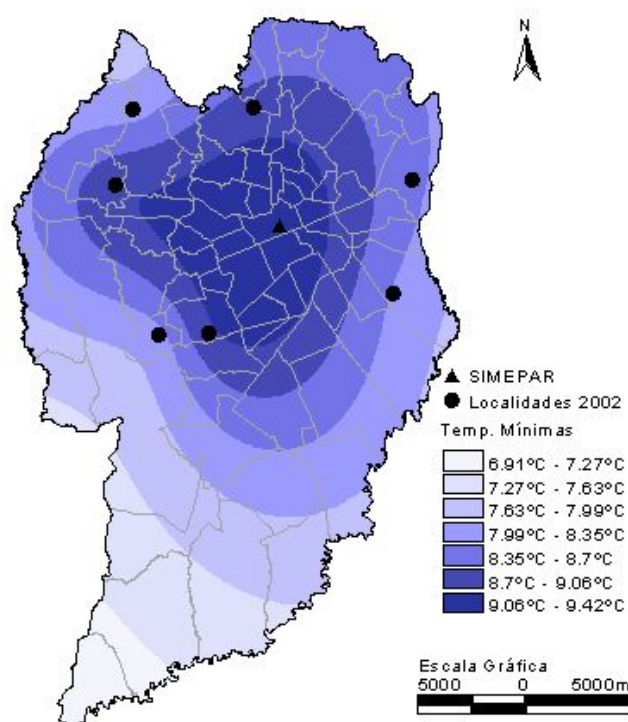


FIGURA 43 – ISOTERMAS DA TEMPERATURA MÍNIMA DE 2002



Nas figuras 44 e 45 estão representadas as médias das temperaturas das localidades monitoradas em 2003.

A figura 44 mostra que a porção Oeste e Nordeste da cidade apresentaram as maiores temperaturas médias e máximas. Por falta de pontos monitorados na porção Leste da cidade, a distribuição das temperaturas ficou descaracterizada. Em relação às médias das temperaturas médias e máximas, o padrão de comportamento da distribuição das temperaturas é semelhante. O mesmo não ocorre com as médias das temperaturas mínimas.

Ao analisar a figura 45, nota-se que o SIMEPAR foi a localidade que apresentou a segunda maior temperatura, só perdendo para o Campo Comprido (região Oeste). As menores temperaturas foram registradas nas regiões Sul e Norte, ou seja, nos bairros do Xaxim, Pinheirinho e Barreirinha.

FIGURA 44 – ISOTERMAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS E MÁXIMAS DE 2003

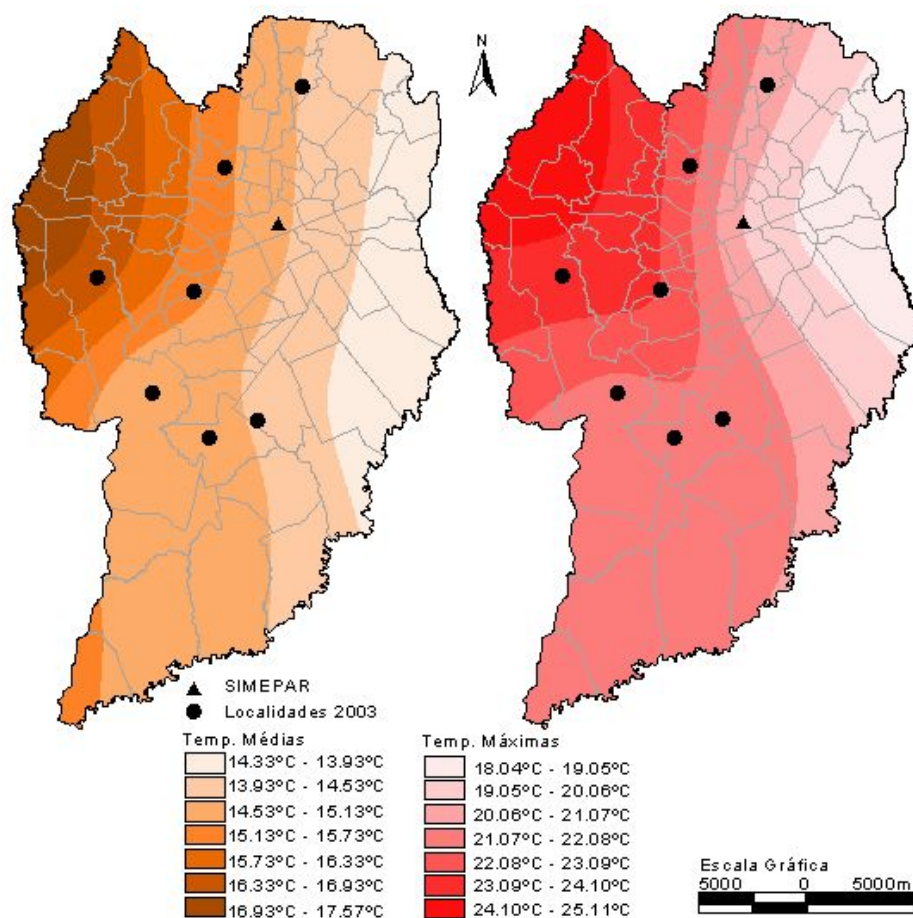
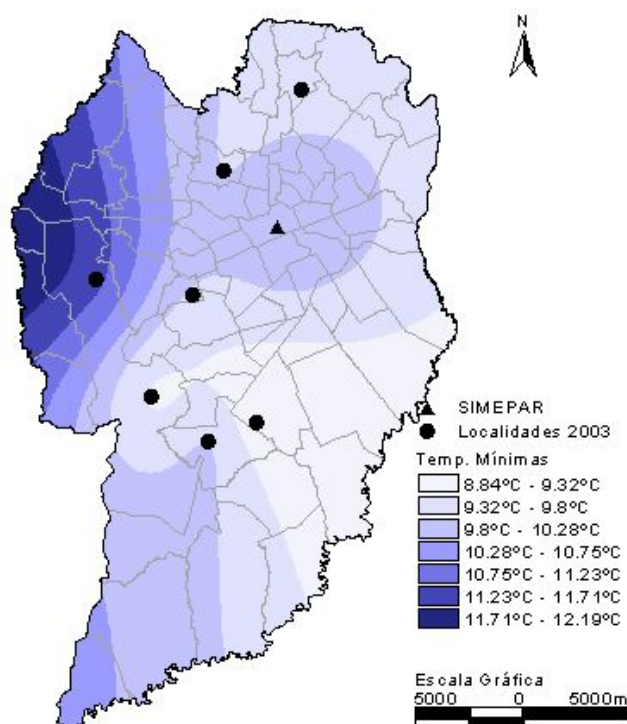


FIGURA 45 – ISOTERMAS DA TEMPERATURA MÍNIMA DE 2003



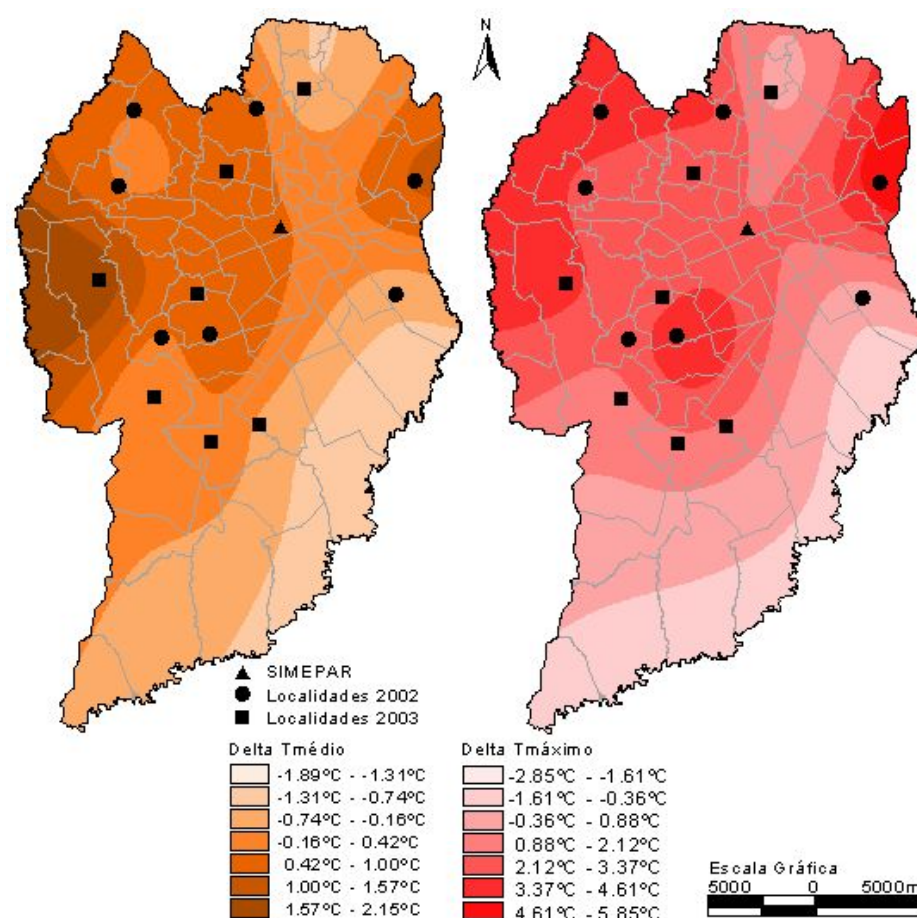
Ao analisar comparativamente a distribuição espacial das temperaturas para os dois anos, nota-se a diferença no padrão de comportamento da distribuição das temperaturas. Isto se deve ao fato das localidades monitoradas em 2002 situarem-se, principalmente, nas zonas Norte e Leste da cidade, enquanto que em 2003 o predomínio das localidades é nas zonas Sul e Oeste. Tanto para 2002 quanto para 2003, a distribuição das médias das temperaturas médias e máximas teve um comportamento parecido. E, no que diz respeito às temperaturas mínimas, não houve a mesma configuração de distribuição.

Assim, traçou-se a distribuição espacial dos Delta Ts, para os dois anos juntos, com a finalidade de ter uma melhor noção do que ocorre na cidade em termos de configuração térmica. Como já dito anteriormente, os Delta Ts foram obtidos através da diferença entre as localidades e o ponto de referência. As figuras 46 e 47 apresentam as isotermas referentes aos Delta Ts, para os dois anos juntos.

A figura 46 mostra que a semelhança existente na distribuição das temperaturas médias e máximas, para os dois anos separadamente, não ocorre para os Delta Ts. Nota-se que as localidades que apresentam temperaturas menores que

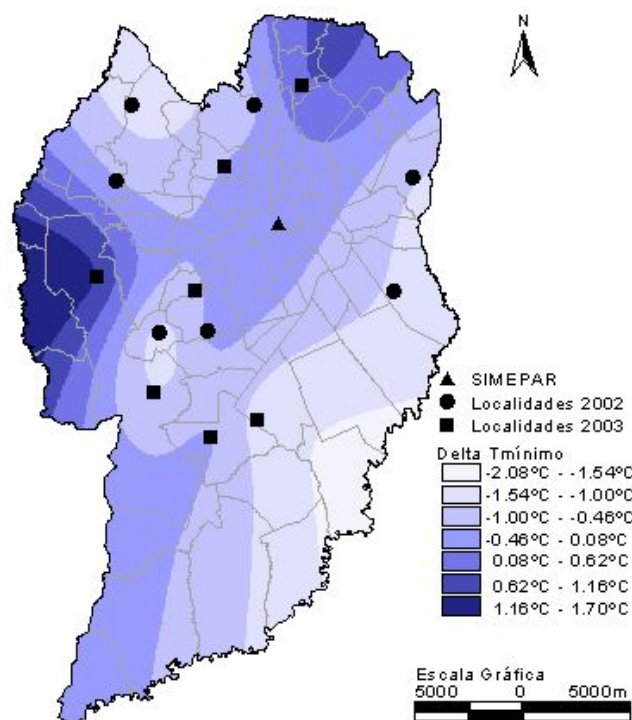
o SIMEPAR estão localizadas predominantemente na região Sul. E este fato ocorre tanto para as temperaturas médias quanto para as máximas. Os bairros que apresentaram temperaturas mais elevadas, em relação ao ponto de referência são o Portão (próximo da zona central), Bairro Alto (região Nordeste) e Campo Comprido (região Oeste). Nota-se que o Portão apresentou esta diferença somente para a temperatura máxima. O restante das localidades apresenta comportamento semelhante ao ponto de referência.

FIGURA 46 – ISOTERMAS DOS DELTA TS MÉDIOS E MÁXIMOS



Para os Delta Ts mínimos (Figura 47), a maior parte das localidades monitoradas registraram temperaturas mínimas inferiores ao SIMEPAR. O Campo Comprido (à Oeste) assim como para as temperaturas médias e máximas, apresentou mínimas mais elevadas que o ponto de referência. Para a Barreirinha também se registrou temperaturas mínimas mais elevadas que o ponto de referência, porém para as temperaturas médias e máximas ocorreu o inverso.

FIGURA 47 – ISOTERMAS DOS DELTA TS MÍNIMOS



4.2.7 Análise do Conforto Térmico

A análise do conforto foi feita para cada ano. Para 2002, foram utilizados os dados de temperatura e umidade relativa de 696 horas de monitoramento e para 2003 foram utilizadas 216 horas de dados monitorados.

Os dados foram plotados no diagrama psicrométrico e as porcentagens de conforto e desconforto foram obtidas. Na tabela 29 estão apresentadas as porcentagens das localidades monitoradas em 2002 e na tabela 30 estão as porcentagens das localidades monitoradas em 2003.

Nota-se que em 2002, a localidade do Cajuru apresenta o maior grau de desconforto, o que condiz com os dados de temperatura mínima, já que a mesma registrou a segunda menor mínima do período (Figura 48 e Tabela 29). Nota-se, que a nuvem de pontos está concentrada numa região de baixa umidade, caracterizando desconforto para o frio em 82,60% das horas analisadas. A principal estratégia bioclimática indicada, no caso, seria o aquecimento artificial. Em 2003, o Xaxim, é a localidade que apresenta o maior grau de desconforto e a análise dos Delta Ts aponta o Xaxim como sendo o bairro com menor Delta T mínimo.

A localidade que apresentou maior grau de conforto foi o Alto Boqueirão (Figura 49). O diagrama bioclimático mostra mais pontos na zona de conforto, por apresentar menor grau de umidade do ar, sendo sua principal estratégia o aquecimento solar.

As estratégias bioclimáticas das 15 localidades estão apresentadas no Apêndice E (Tabelas 45 e 46).

FIGURA 48 – DIAGRAMA PSICROMÉTRICO DO CAJURU

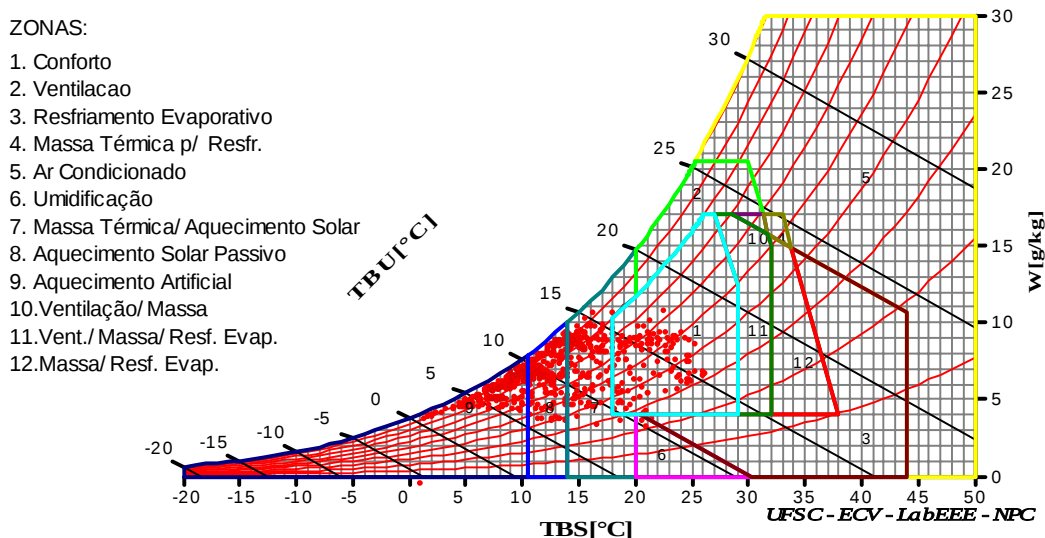


FIGURA 49 – DIAGRAMA PSICROMÉTRICO DO ALTO BOQUEIRÃO

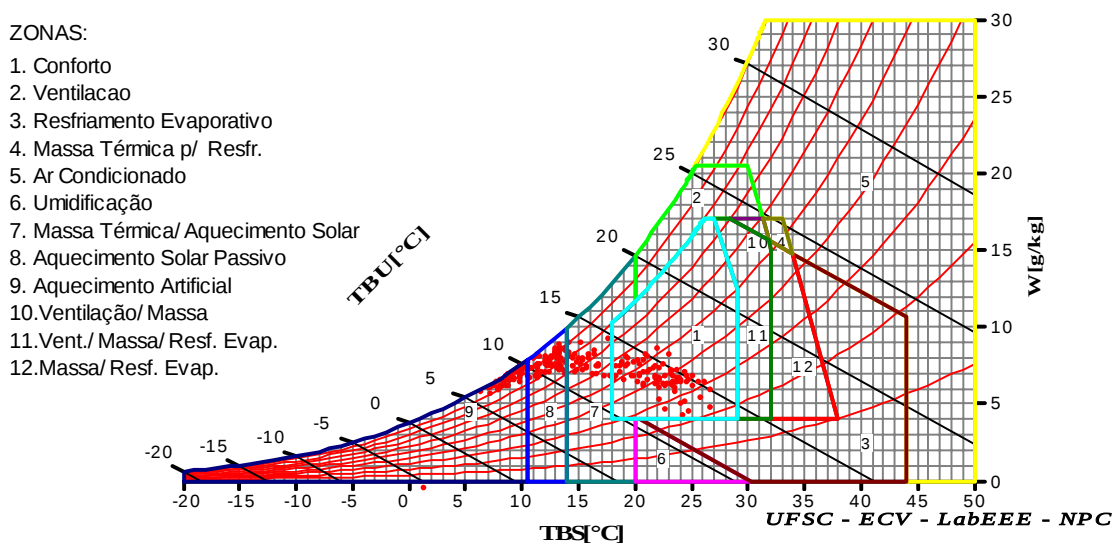


TABELA 25 – PORCENTAGENS DE CONFORTO E DESCONFORTO EM 2002

	conforto	desconforto	por frio	por calor
Bairro Alto	19,40%	80,60%	75,60%	5,03%
Cajuru	16,80%	83,20%	82,60%	0,58%
Fazendinha	22,10%	77,90%	77,40%	0,43%
Portão	22,30%	77,70%	76,60%	1,15%
Santa Felicidade	22,60%	77,40%	76,90%	0,58%
São Brás	21,80%	78,20%	77,90%	0,29%
São Lourenço	20,50%	79,50%	78,40%	1,01%
SIMEPAR	17,50%	82,50%	82,00%	0,43%

TABELA 26 – PORCENTAGENS DE CONFORTO E DESCONFORTO EM 2003

	conforto	desconforto	por frio	por calor
Alto Boqueirão	37,00%	63,00%	63,00%	0,00%
Barreirinha	28,70%	71,30%	69,90%	1,39%
Campo Comprido	31,50%	68,50%	67,10%	1,39%
Cidade Industrial	30,10%	69,90%	69,90%	0,00%
Mercês	33,80%	66,20%	65,70%	0,46%
Pinheirinho	32,90%	67,10%	67,10%	0,00%
Santa Quitéria	34,30%	65,70%	65,70%	0,00%
Xaxim	27,30%	72,70%	72,70%	0,00%
SIMEPAR	25,90%	74,10%	73,10%	0,93%

4.3 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SINÓTICAS

A análise das condições sinóticas também foi realizada por ano. O objetivo desta análise foi o de verificar os sistemas atuantes nos dois anos monitorados.

Foram identificadas, para o período de estudo, seis condições sinóticas (Tabela 27):

- Massa Tropical Atlântica gerada (TA) no Anticiclone subtropical do Atlântico Sul: caracterizada por ser quente e úmida e se intensifica com a altitude;
- Massa Polar Atlântica (PA) gerada no Anticiclone Migratório Polar: caracterizada pelo deslocamento marítimo do Anticiclone Migratório Polar, é fria e úmida e sua passagem gera a Frente Polar Atlântica (FPA) que regula as chuvas na região;
- Massa Polar Atlântica Tropicalizada (PA_t): caracteriza-se por ser quente e úmida;
- Frente Polar Atlântica (FPA) no estado do Paraná;
- Pré-frontal (PRÉ): Frente fria Polar Atlântica antes de atingir o estado do Paraná e a;

- Pós-frontal (PÓS): frente fria que passou pelo estado do Paraná.

Nota-se que em 2002 houve mais ocorrências de situações frias (Massa Polar Atlântica, situações pré-frontais e frente frias) e, em 2003, mais incidências da Massa Tropical Atlântica e Massa Polar Atlântica tropicalizada. As temperaturas mínimas ficaram em torno dos 10°C, em ambos os anos.

TABELA 27 – CONDIÇÕES SINÓTICAS PARA CURITIBA POR ANO

2002				2003			
20/6/2002	PA	5/7/2002	PRE	27/6/2003	PA	12/7/2003	PA
21/6/2002	PRE	6/7/2002	PRE	28/6/2003	TA	13/7/2003	PA
22/6/2002	FPA	7/7/2002	FPA	29/6/2003	TA	14/7/2003	TA
23/6/2002	PA	8/7/2002	PA	30/6/2003	PA	15/7/2003	PRE
24/6/2002	PA	9/7/2002	PA	1/7/2003	PA	16/7/2003	FPA
25/6/2002	PA	10/7/2002	PA	2/7/2003	PRE	17/7/2003	PA
26/6/2002	PA	11/7/2002	PA	3/7/2003	PA	18/7/2003	TA
27/6/2002	PA	12/7/2002	FPA	4/7/2003	PA	19/7/2003	TA
28/6/2002	TA	13/7/2002	PA	5/7/2003	PRE	20/7/2003	TA
29/6/2002	PRE	14/7/2002	PA	6/7/2003	FPA	21/7/2003	PRE
30/6/2002	PRE	15/7/2002	PA	7/7/2003	FPA	22/7/2003	FPA
1/7/2002	PRE	16/7/2002	PA	8/7/2003	PRE	23/7/2003	TA
2/7/2002	TA	17/7/2002	PA	9/7/2003	FPA	24/7/2003	TA
3/7/2002	TA	18/7/2002	PA	10/7/2003	POS	25/7/2003	TA
4/7/2002	TA			11/7/2003	PA		

A análise das figuras 50 e 51 mostra que o comportamento das temperaturas médias diárias não foi o mesmo para os dois anos. Nota-se que a partir do dia 26 de junho de 2002 (Figura 50) as temperaturas se elevam, tendo seu pico no dia 31 de junho. Entre os dias 30 de junho e 6 de julho as temperaturas não variam muito, havendo uma grande queda no dia 7 de julho. A partir daí, as temperaturas sofrem pouca variação até o final do período.

Já para 2003 (Figura 51), nos primeiros dias de monitoramento as temperaturas se mantiveram próximas. A partir do dia 4 de julho ocorre uma elevação de temperatura e em seguida uma grande queda (08 de julho). As temperaturas se elevam, novamente ocorre uma queda (15 de julho) e, em seguida, uma nova elevação (17 de julho).

FIGURA 50 – TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS DO SIMEPAR EM 2002

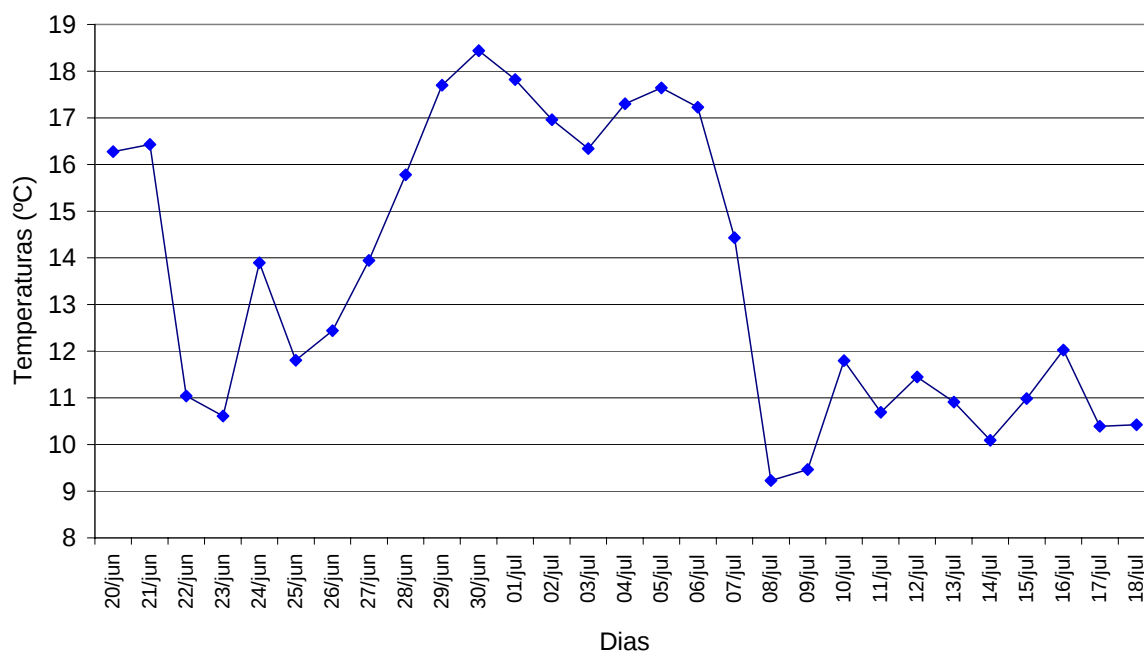
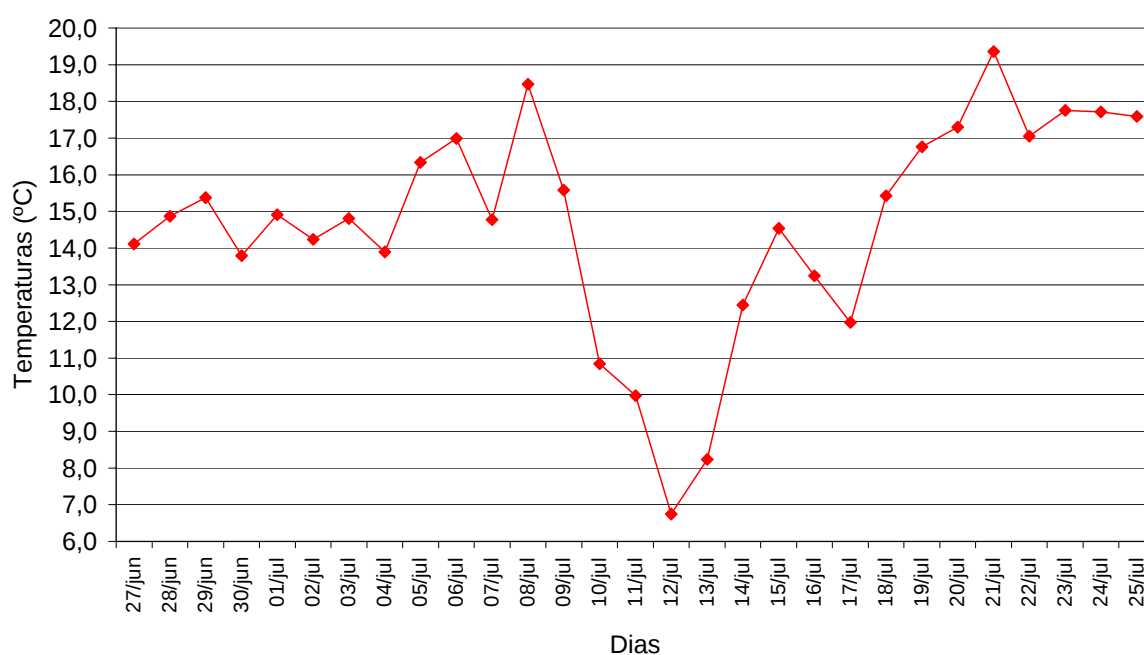


FIGURA 51 – TEMPERATURAS MÉDIAS DIÁRIAS DO SIMEPAR EM 2003



Estas diferenças ocorrem devido aos diferentes sistemas que atuaram neste período. Em virtude disso, nas figuras 52 a 61, onde estão apresentadas as correlações entre as categorias de ocupação e as temperaturas mínimas, para os dados climáticos de 2002 e 2003, em função das condições sinóticas. Na abscissa

estão representados os tipos de tempo, que correspondem a cada dia de monitoramento.

Nota-se que, para 2002, a correlação entre a área de água e a temperatura mínima (Figura 52) é maior quando o sistema Pré-frontal (PRE) está atuando. Para a área construída (Figura 53) a melhor correlação ocorre quando há o domínio da FPA. Para área livre (Figura 54) a maior correlação ocorre quando o sistema atuante é a Massa Polar Atlântica tropicalizada (PA_t). Em relação às áreas pavimentada e verde (Figuras 55 e 56), as maiores correlações ocorreram sob o domínio da Massa Tropical Atlântica (TA).

Para 2003, acontece algo semelhante. A maior correlação entre a área de água (Figura 57) e a temperatura mínima foi maior sob a atuação da Frente Polar Atlântica, para as áreas construída (Figura 58) e verde (Figura 61) a maior correlação foi sob domínio da Massa Polar Atlântica tropicalizada. Já para a área livre (Figura 59) e pavimentada (Figura 60) as maiores correlações ocorreram no domínio da Massa Tropical Atlântica (TA).

FIGURA 52 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA DE ÁGUA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002

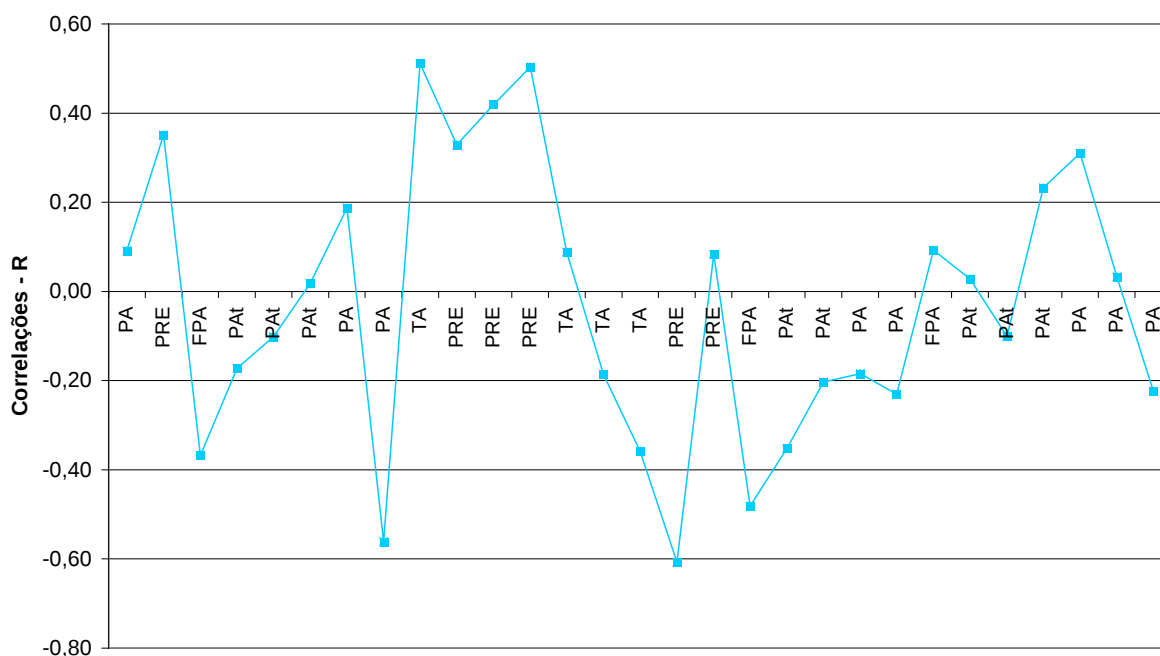


FIGURA 53 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA CONSTRUÍDA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002

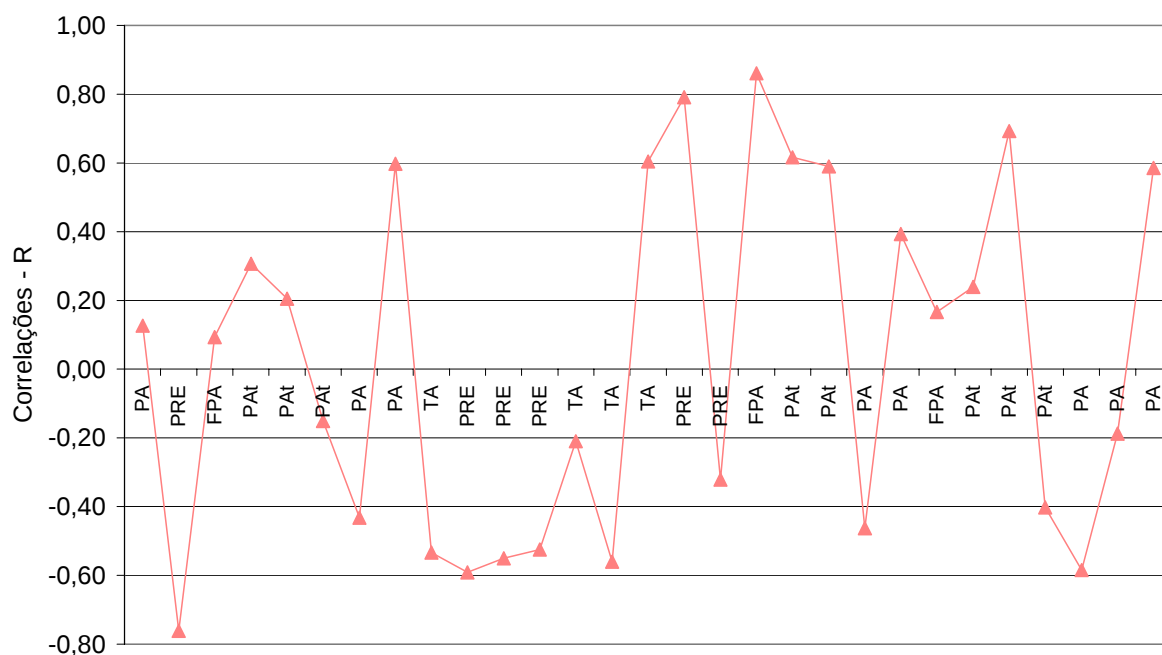


FIGURA 54 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA LIVRE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002

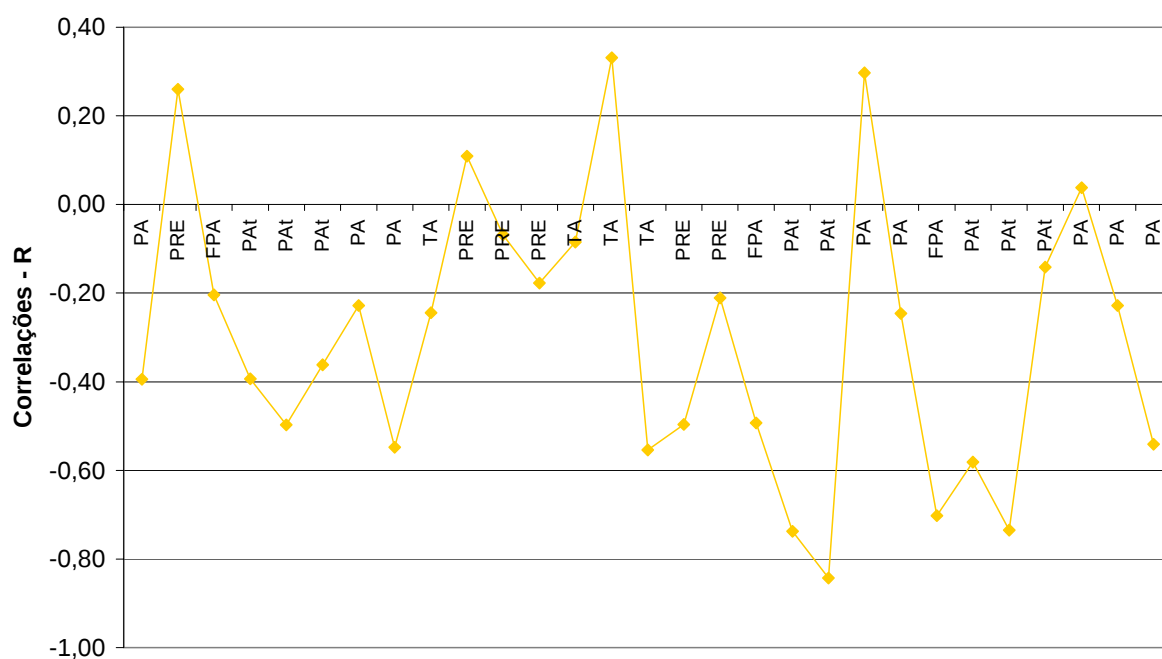


FIGURA 55 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA PAVIMENTADA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002

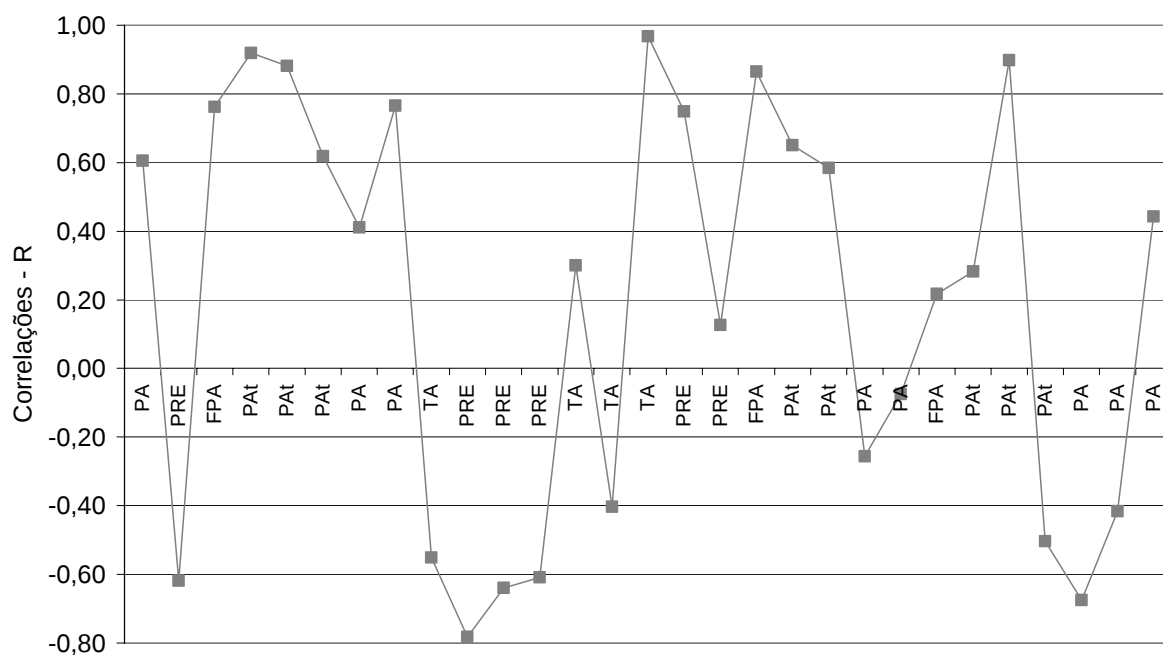


FIGURA 56 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA VERDE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2002

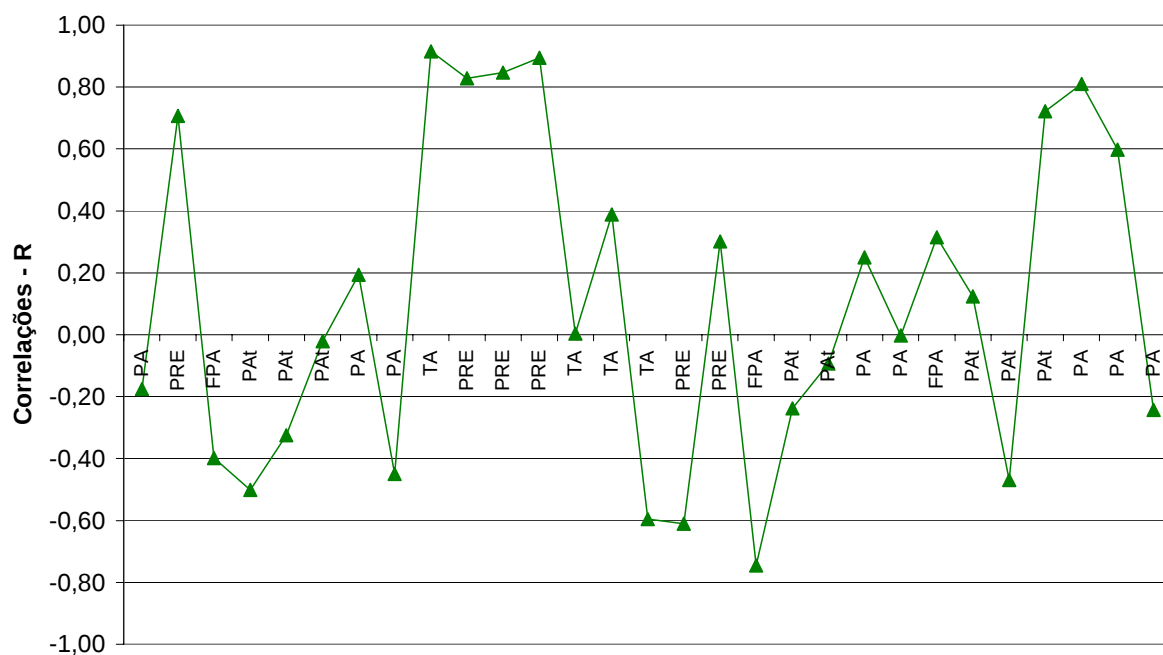


FIGURA 57 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA DE ÁGUA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003

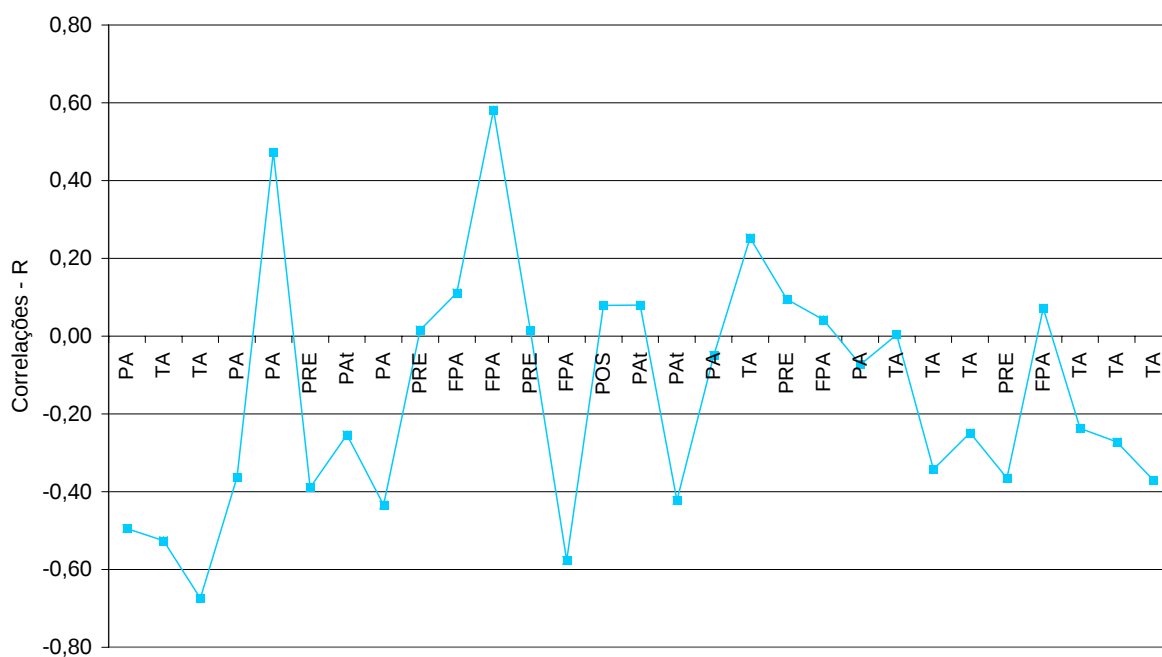


FIGURA 58 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA CONSTRUÍDA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003

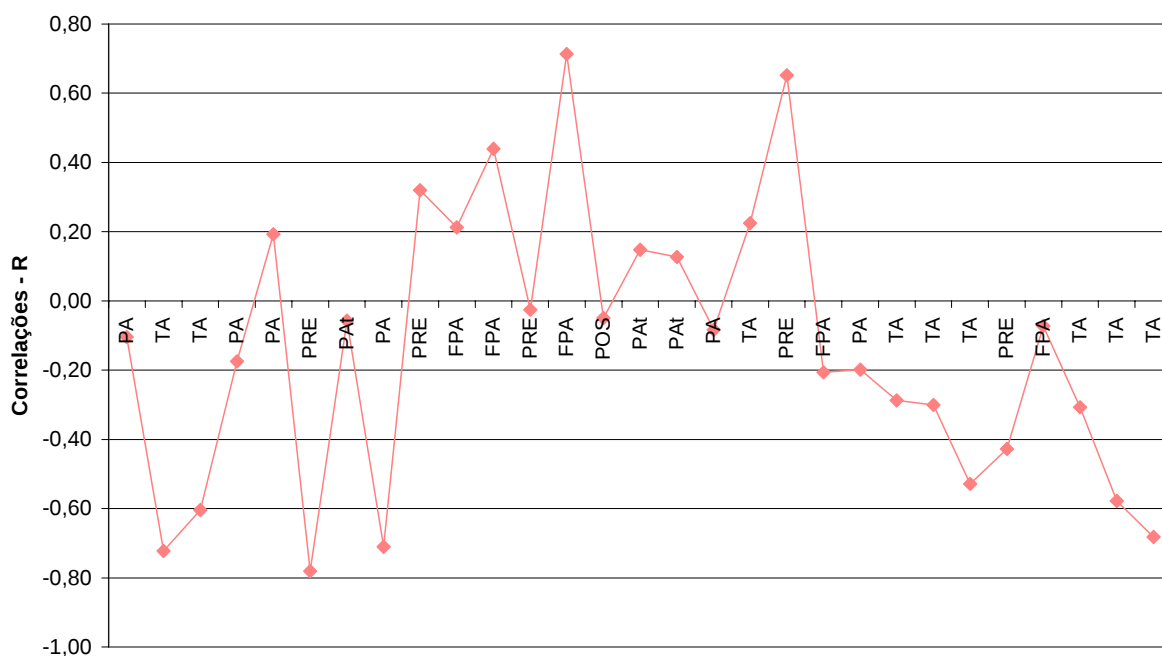


FIGURA 59 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA LIVRE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003

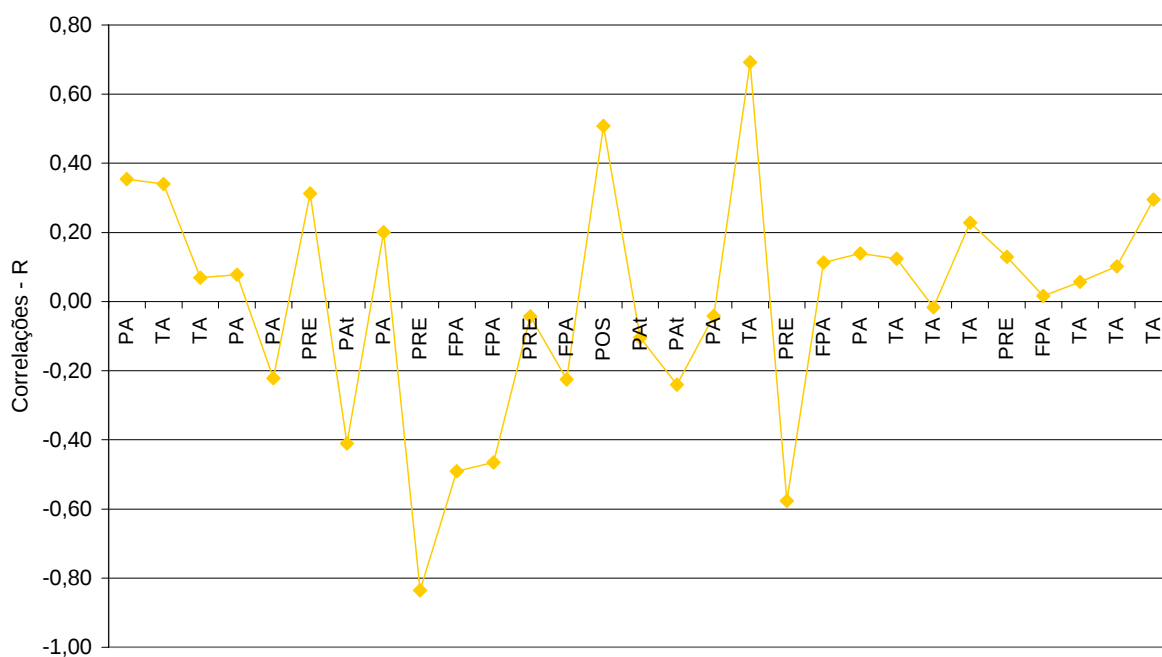


FIGURA 60 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA PAVIMENTADA E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003

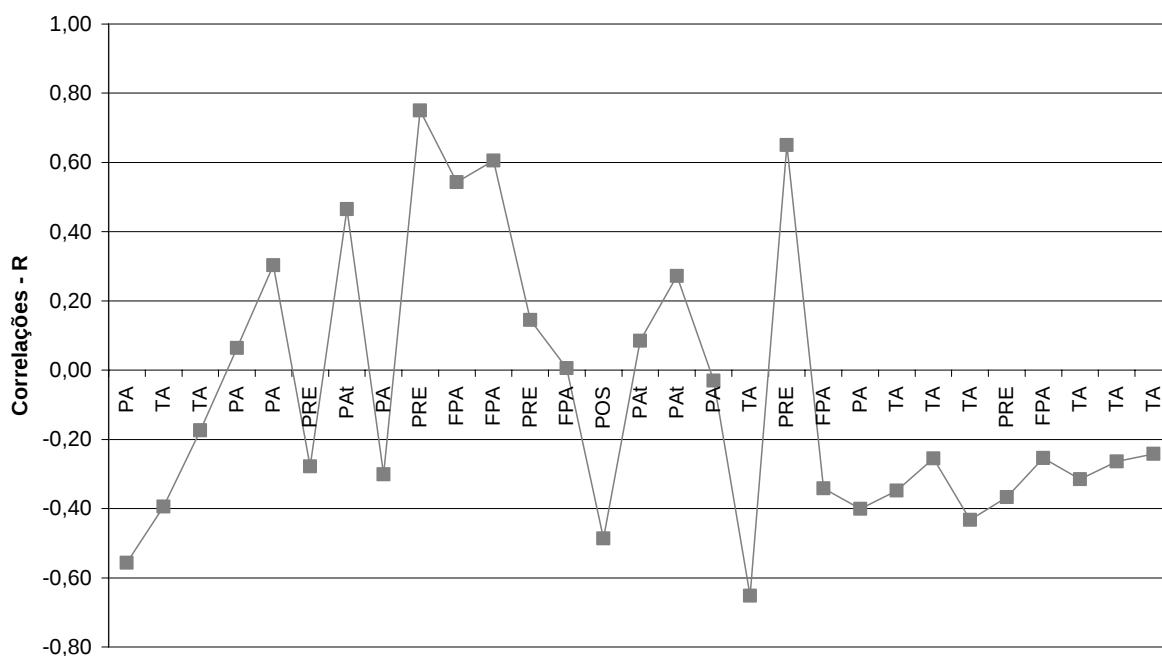
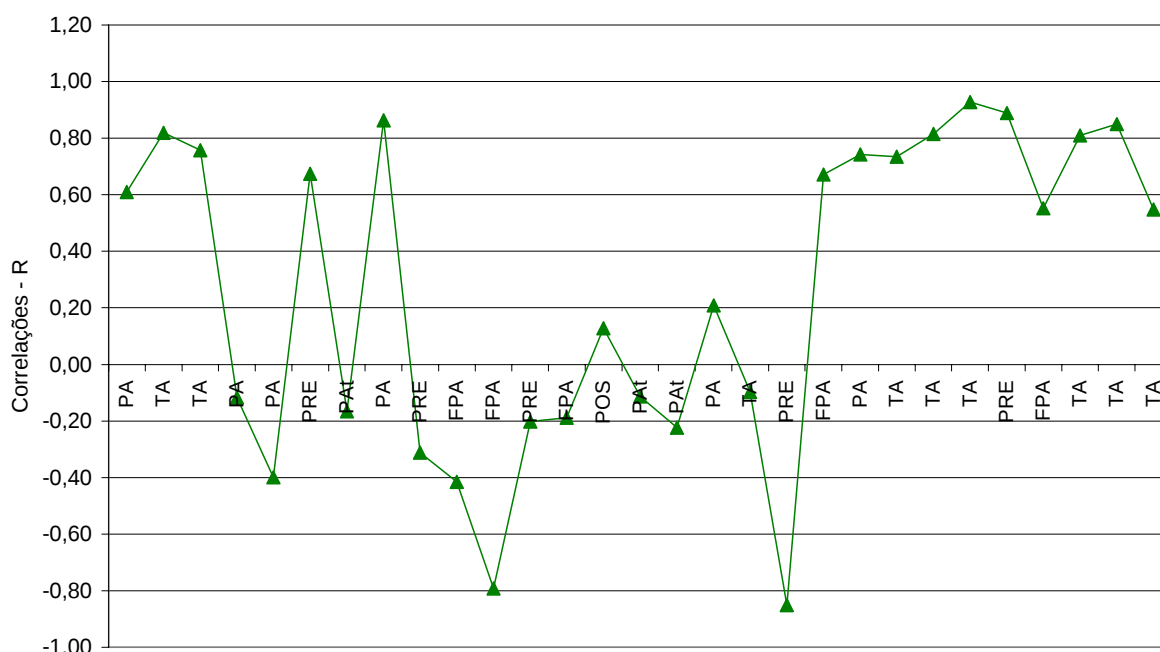


FIGURA 61 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREA VERDE E TEMPERATURA MÍNIMA, MONITORAMENTO EM 2003



Isto mostra que uma das possíveis explicações para as fracas correlações individuais pode ser as diferentes condições sinóticas registradas. Nota-se que, para cada categoria de ocupação, as maiores correlações não ocorrem com a mesma condição sinótica, ou seja, cada sistema atuante pode propiciar uma maior correlação de uma determinada ocupação do solo. E estas correlações podem ser fracas ou fortes e diretas ou indiretas (positivas ou negativas). Desta forma, a condição sinótica no dia do monitoramento tem um importante papel no entendimento da variação da temperatura local.

As figuras acima mostram que os tipos de tempo têm um importante papel na configuração do campo térmico da cidade, sendo que para cada tipo de tempo cada categoria de ocupação responde de maneira própria. Outro aspecto interessante é o fato de que em uma mesma situação de tempo, as áreas impermeabilizadas se configuram de maneira oposta às áreas permeáveis. Ou seja, quando as correlações são positivas para o primeiro caso, serão negativas para o segundo (Figuras 62 e 63). Nota-se que a simetria existente entre as áreas impermeabilizadas e permeáveis ocorre por estas serem interdependentes.

Por exemplo, nas figuras 53, 55 e 56 estão representadas as áreas construída, pavimentada e verde para o ano de 2002, respectivamente, nota-se que

sob a ação da Pré-frontal (PRE) as correlações para as áreas pavimentada e construída foram positivas, enquanto que para a área verde foi negativa. Da mesma forma, em 2003 (Figuras 58, 59 e 60) para as áreas construída, livre e pavimentada, quando sob a ação da FPA, as correlações para a área livre são negativas, enquanto que para as áreas pavimentada e construída são positivas. Este fato ocorreu para todos os tipos de tempo e condiz com o que a teoria preconiza. Isto pode ser melhor visualizado nas figuras 62 e 63, onde estão representadas as correlações entre as áreas permeáveis e impermeabilizadas, para 2002 e 2003, respectivamente.

Desta forma, apesar da análise comparativa dos dados não ter representado claramente a influência da ocupação do solo na variação de temperatura, as figuras acima mostram que a influência da ocupação ocorre e que depende da condição sinótica do dia.

FIGURA 62 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS, PARA 2002

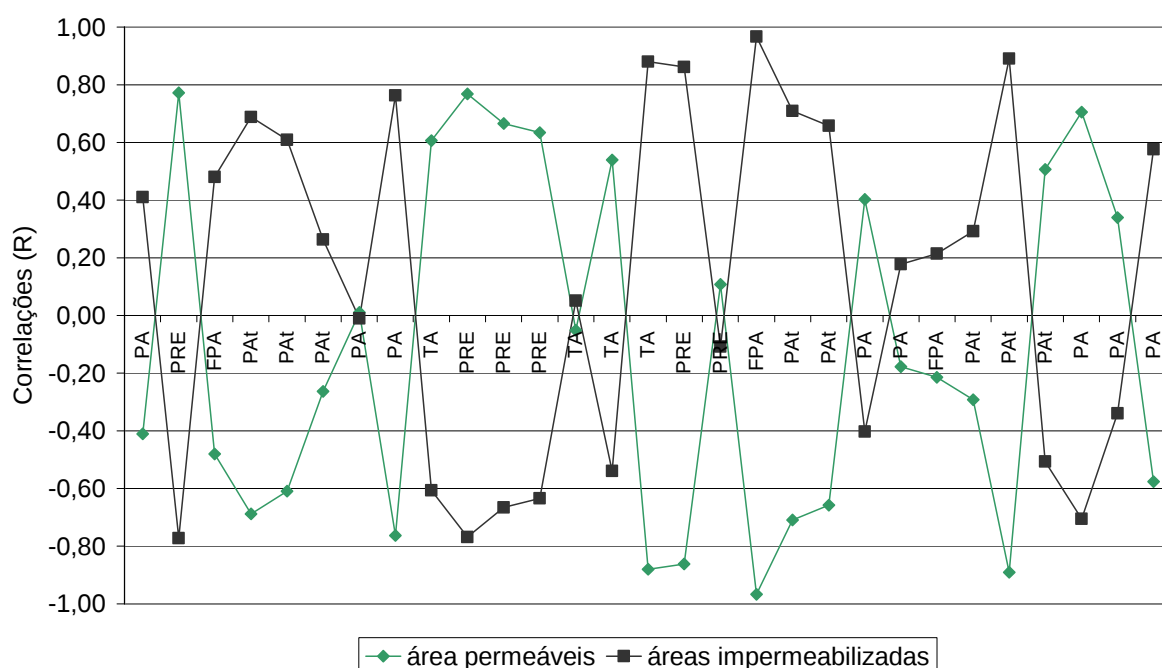
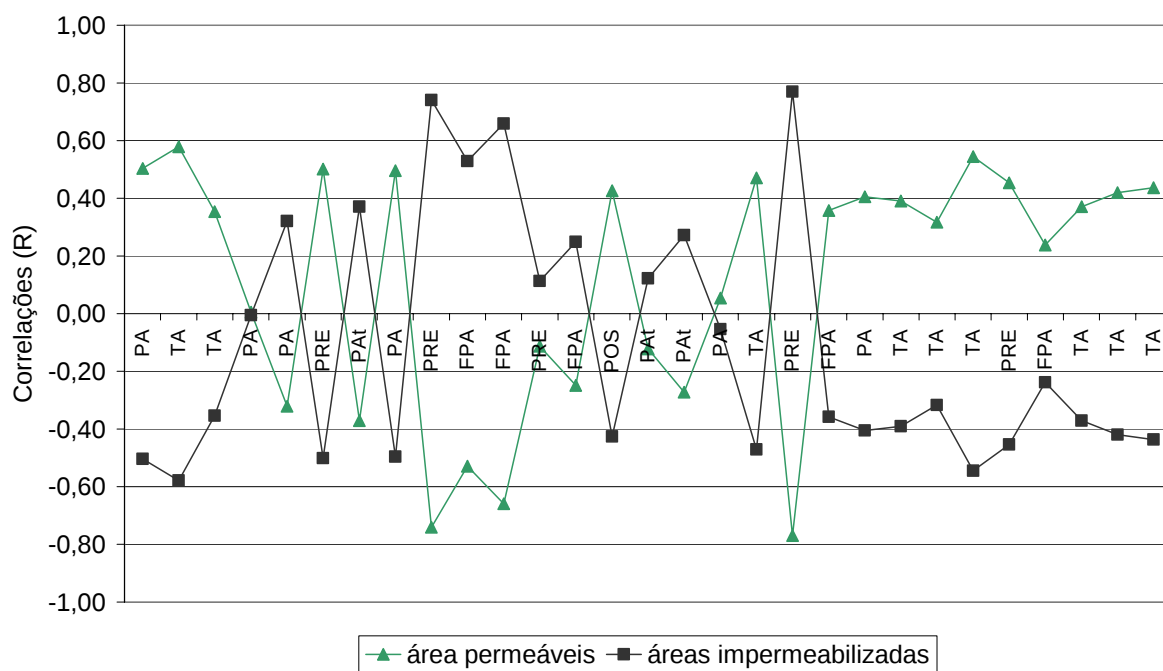


FIGURA 63 – CORRELAÇÕES ENTRE ÁREAS IMPERMEABILIZADAS E PERMEÁVEIS, PARA 2003



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa investigou a influência da ocupação do solo na variação de temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba. A metodologia compreendeu quatro grandes etapas:

- A atualização do ano climático de referência, para um período de cinco anos (1998 a 2002). O ano climático encontrado nesta atualização foi o ano de 1999, considerando o ano climático para a década de 60 (1969), sendo realizada uma análise comparativa;
- O monitoramento, em termos de temperatura e umidade relativa do ar, simultâneo de 14 localidades da cidade de Curitiba. Este monitoramento foi realizado no período de inverno. Os dados coletados foram trabalhados e obtiveram-se as médias das temperaturas médias, mínimas e máximas de cada localidade. Os dados do SIMEPAR foram utilizados como referência e foram obtidos os Delta Ts de cada localidade, ou seja, a diferença entre a temperatura registrada na localidade e a do ponto de referência;
- A quantificação de cinco categorias de ocupação do solo (área de água, construída, livre, pavimentada e verde) para três áreas de influência: 1km², 49.000m² e 10.000m² e;
- A análise da influência da ocupação do solo na variação de temperatura nas 14 localidades monitoradas. Para isso, foram realizadas análises de regressão linear simples, análises comparativas, análises da distribuição espacial da temperatura, análise de conforto térmico e análise das condições sinóticas.

A análise da atualização do ano climático mostrou que houve um aquecimento de 0,6°C no período de 30 anos em Curitiba. Este aquecimento é significativo e indica que a urbanização e as atividades antrópicas podem ajudar a incrementar a temperatura local.

A análise de regressão linear simples, para as temperaturas e os Delta Ts, apontou correlações individuais fracas, em alguns casos praticamente nulas. Isto se deve a algumas limitações da pesquisa que serão discutidas neste capítulo.

As análises comparativas realizadas para cada área de influência mostram que nem sempre a relação entre porcentagens de ocupação e variação da temperatura ocorre de forma esperada e direta.

Em relação às médias das temperaturas mínimas, algumas localidades monitoradas em 2002, apresentaram variação de temperatura condizente com a ocupação do solo. Este é o caso do Portão, que para as três áreas de influência apresentou grande porcentagem de área permeável e altas temperaturas mínimas. Da mesma forma, Santa Felicidade apresenta baixas temperaturas mínimas e alta porcentagem de área permeável, para as áreas de influência de 1km² e 49.000m², porém para a área de 10.000m² a relação ocorreu de maneira inversa.

Em relação às temperaturas médias em 2002, a maior parte das localidades não apresenta a relação esperada. Ou seja, apresentam grandes porcentagens de área permeável e baixas temperaturas e vice-versa, para as três áreas de influência. Como exemplo, têm-se os bairros de Santa Felicidade, Cajuru, São Lourenço, Bairro Alto. Nota-se para as temperaturas mínimas, a localidade de Santa Felicidade apresentou a relação direta. Para as médias das temperaturas máximas em 2002, novamente algumas localidades apresentam temperaturas que não condizem com as porcentagens de ocupação obtidas.

Para as localidades monitoradas em 2003 ocorre o mesmo, isto é, nem sempre as localidades apresentaram a relação esperada.

Para as médias das temperaturas mínimas e para as três áreas de influência, a maioria das localidades apresentou relação inversa, ou seja, maior porcentagem de áreas impermeabilizadas e menor temperatura e vice-versa. O mesmo ocorreu para as temperaturas médias e máximas.

De um modo geral, conclui-se que algumas localidades apresentam relações entre a variação de temperatura e as porcentagens de ocupação inversas ao que seria esperado. Outro ponto a ser evidenciado é o fato de algumas localidades apresentarem porcentagens de áreas permeáveis e impermeabilizadas muito diferentes apesar da diferença dos valores de temperaturas ter sido muito próxima. O contrário também foi verificado, isto é, localidades apresentaram diferenças significativas nos valores de temperatura e tiveram porcentagens de ocupação muito próximas. Também se notou que em algumas localidades há um grande equilíbrio

entre as áreas permeáveis e impermeabilizadas, e apesar disto, estas localidades apresentaram extremos de temperaturas.

O fato de algumas localidades apresentarem relação direta entre a variação de temperatura e a ocupação do solo para uma ou duas áreas de influência e não para as três áreas, se deve ao fato de que a proporção entre as categorias de ocupação não se mantém ao se diminuir a área de influência, ou seja, à medida que a área de influência vai diminuindo, o mesmo não ocorre necessariamente com as porcentagens de ocupação. Em algumas localidades a porcentagem de área verde, por exemplo, é maior para a menor área de influência do que para a maior.

A análise de conforto térmico, através da plotagem dos dados de temperatura e umidade na carta bioclimática de Givoni, mostrou que todas as localidades apresentam grande porcentagem de desconforto. Principalmente para o frio, este resultado era esperado, pois o monitoramento foi realizado no inverno, período de maior desconforto térmico para Curitiba. Todas as localidades apresentaram desconforto para o calor, porém uma porcentagem muito pequena, o Bairro Alto foi a localidade que apresentou o maior desconforto para o calor (5,03%). Para as localidades monitoradas em 2002, a principal estratégia bioclimática foi a utilização de massa térmica, aquecimento solar, aquecimento solar passivo e aquecimento artificial. A localidade do Bairro Alto também necessita de ventilação, como estratégia para o desconforto relativo ao calor. Para as localidades monitoradas em 2003, as porcentagens de conforto foram maiores que em 2002, apesar de registrarem altas porcentagens de desconforto para o frio. As estratégias sugeridas são as mesmas que para o ano anterior, utilização de massa térmica, aquecimento solar, aquecimento solar passivo e aquecimento artificial.

A análise das condições sinóticas mostrou que em 2002 houve mais ocorrências do Anticiclone polar, situações pré-frontais e frentes frias e que 2003 houve mais incidências dos Anticiclones subtropical e continental. Apesar das médias das temperaturas terem sido próximas nos dois anos, o ano de 2003 mostrou-se mais quente que 2002. Esta pode ser uma explicação para as menores porcentagens de desconforto obtidas em 2003. Outro ponto interessante, em relação às condições sinóticas, é a variação da correlação entre cada categoria de ocupação e as temperaturas locais em função da condição sinótica observada. Nota-se que, para cada categoria de ocupação as correlações mais fortes não ocorrem com a

mesma condição sinótica, ou seja, cada sistema atuante pode propiciar uma maior correlação de uma determinada ocupação do solo. E estas correlações podem ser fracas ou fortes e diretas ou indiretas (positivas ou negativas). Outro ponto importante é o fato das correlações entre as áreas impermeabilizadas e permeáveis ocorrerem de maneira oposta para um mesmo tipo de tempo, mostrando assim a influência da ocupação do solo na variação de temperatura.

Os resultados encontrados para o período completo de monitoramento mostram que não houve relação direta entre a ocupação do solo e a variação de temperatura. Algumas limitações da pesquisa podem ter levado aos resultados não esperados.

A metodologia utilizada nesta pesquisa apresentou vantagens de desvantagens. Quatro vantagens podem ser apontadas:

- A primeira vantagem é em função do equipamento utilizado (HOBO), que permitiu a coleta e o armazenamento de uma grande quantidade de dados de temperatura e umidade relativa em 14 localidades simultaneamente, o que acarreta conseqüentemente uma grande quantidade de dados. Além desta simultaneidade permitir uma comparação direta entre os pontos monitorados;
- A segunda vantagem foi a utilização das três áreas de influência (1km², 49.000m² e 10.000m²) para se ter uma melhor noção da variação da temperatura em cada localidade;
- A terceira vantagem é em relação à edificação escolhida para a instalação do equipamento. Optou-se por uma edificação que tivesse a mesma tipologia de construção, matérias, plantas similares. E que fosse de fácil acesso e fornecesse a segurança necessária para a instalação do equipamento e;
- A utilização do papel alumínio como barreira radiante mostrou-se eficaz, uma vez que o equipamento revestido com o alumínio registrou temperaturas mais baixas que o equipamento sem o revestimento, nos períodos em que havia radiação solar.

Em relação às limitações encontradas:

- A primeira limitação é em relação ao posicionamento do equipamento. Um dos principais fatores que foram considerados para a fixação do equipamento foi a segurança. Inicialmente, planejou-se que o aparelho seria instalado à aproximadamente 3 metros de solo e na fachada envidraçada do farol, próximo à cobertura, mas o HOBO ficaria muito visível e o acesso a ele seria fácil. A instalação do aparelho na torre do Farol forneceu a segurança necessária, já que o acesso à torre é limitado, necessitando da permissão do responsável. Outro fator que contribuiu para a instalação do equipamento na torre foi a orientação das construções. Como os aparelhos foram colocados na fachada Sul, a torre seria o local mais adequado por ter configuração cilíndrica e permitir que todos os equipamentos estivessem fixados a um mesmo material e protegidos de insolação direta. Caso a instalação tivesse sido feita a 1,50 metros, conforme a teoria sugere, os equipamentos teriam sido instalados, dependendo do caso, ou na fachada de vidro ou na parte cilíndrica da construção. Desta forma, o HOBO foi instalado a aproximadamente 10 metros do solo, o que possivelmente trouxe consequências nos resultados obtidos. Estas consequências dizem respeito ao fato do monitoramento ter sido efetuado fora da camada intra-urbana e de estar, em alguns casos, acima da vegetação existente no entorno; não terem sido consideradas as variáveis: velocidade e direção do vento, que nesta altura tem papel relevante;
- A segunda limitação refere-se aos equipamentos disponíveis para o monitoramento, visto que os HOBOS armazenam somente dados de temperatura e umidade relativa do ar;
- E a terceira limitação foi a falta do monitoramento de outras variáveis, como velocidade e direção do vento, radiação solar, índices de poluição, rugosidade da superfície, desenho urbano, dentre outras.

Sendo assim, em função dos resultados obtidos e das limitações acima expostas, não foi possível que se chegasse a uma conclusão definitiva quanto à influência da ocupação do solo na variação da temperatura local. A análise de algumas localidades parece indicar uma relação de altas temperaturas em localidades com grandes porcentagens de áreas construídas e pavimentadas. Assim

como em outras localidades a relação entre áreas permeáveis e baixas temperaturas também é existente. Deve-se ressaltar que a análise sinótica, através das correlações, mostrou que há influência da ocupação do solo na variação de temperatura e que esta influência depende da condição sinótica do dia; apesar das análises comparativas dos dados não terem representado de maneira direta esta influência.

Entretanto, outros estudos precisam ser realizados a fim de complementar os dados coletados para esta pesquisa e minimizar os efeitos das limitações encontradas.

Desta forma, sugere-se o seguinte para pesquisas futuras:

- Análise comparativa entre medições móveis (método dos transetos) e medições fixas, inclusive para as mesmas localidades monitoradas nesta pesquisa;
- Análise comparativa de medições fixas a 10 metros de altura, em relação ao solo, com medições fixas e/ou móveis a 1,50 metros do solo;
- Incorporação de outras variáveis locais, tais como: direção e velocidade do vento, radiação solar, índices de poluição, fator de visão do céu (*Sky view factor*), dentre outros;
- Monitoramento das variáveis em outras épocas do ano, principalmente no verão;
- Análise das correlações entre as categorias de ocupação do solo em função das condições sinóticas;
- Análise do impacto das temperaturas locais no consumo de energia nos edifícios climatizados e no grau de conforto térmico em moradias por meio de simulação computacional e/ou cálculos simplificados.

REFERÊNCIAS

- AGACHE, A. **Plano de Urbanização de Curitiba**. Curitiba: IPPUC, 1943.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook of Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE, 1993.
- ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia). UFSC. Disponível em: http://www.eps.ufsc.br/disserta96/suely/index/ind_sue.htm
- ARAÚJO, V. M. D. *et al.*. Estudos do clima urbano de Natal – RN como ferramenta para o planejamento urbano em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- BARNETT, T. P.; PIERCE, D. W.; SCHNUR, R. Detection of anthropogenic climate change in the world's oceans. **Science**, Washington, v.292, p.270-274, abr. 2001.
- BRANDÃO, A. M. P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. São Paulo, 1996. 362f. Tese (Doutorado em geografia) – Departamento de Geografia, FFLCH/USP.
- CARLO, J. C.; ASSIS, E. S. Métodos climatológicos aplicados ao planejamento urbano – estudo de caso: Campus Pampulha UFMG. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999.
- CARVALHO, H. J. M.; ARAÚJO, T. G. H.; SILVA, F. A. G. Tratamento de dados climáticos da cidade de João Pessoa - PB, para o uso em projetos de arquitetura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. p.327-336.
- CLARKE, T. **Feedback could warm climate fast**. Nature, 23 de maio de 2003. Disponível em: <www.nature.com> Acesso em 16 jul. 2003.
- CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Climanálise**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/>> Acesso em 2 nov. 2003.
- DANNI, I. M. **Aspectos temporo-espaciais da temperatura e da umidade relativa de Porto Alegre-RS em janeiro de 1982**: uma contribuição ao estudo do clima urbano. São Paulo, 1987. 129f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos conceituais do sistema clima urbano: uma breve revisão bibliográfica sobre ilhas de calor. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n.15, p.13-26, jul./set. 1995.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos climáticos de Curitiba - PR: uma contribuição para o ensino médio. **RA'EGA**, Curitiba, n.3, p.229-253, 1999.

EMPLASA - EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. As Regiões Metropolitanas do Brasil. Disponível em: <<http://www.emplasa.sp.gov.br/metropoles/RMsdoBrasil.asp>> Acesso em 21 jan. 2004.

FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapas de expansão urbana**. 15 de dezembro de 2003. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br>> Acesso em 10 mar. 2004.

FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; HILU, A. Caracterização climatológica da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia e Construção**, Curitiba, n.28, p.17-21, jan. 1999.

GARCÍA, M. del C. M. **Estudio del clima urbano de Barcelona**: la “isla de calor”. Barcelona, 1992. 193f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia Física e Análise geográfica Regional, Universidade de Barcelona.

GIVONI, B. Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. **Atmospheric Environment**, Great Britain, v.25B, n.3, p.289-299, 1991.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. Nova Iorque: ITP, 1997.

GONÇALVES, W. de B.; VALLE, R. M.; GARCIA, E. S. Estudo de índices de conforto térmico Para aplicação em Belo Horizonte - MG, com base em Pesquisa de população universitária. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001. p.1-8.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidade brasileiras**. 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 1998.

GOUVEIA, N.; HAJAT, S; ARMSTRONG, B. Socioeconomic differentials in the temperature–mortality relationship in São Paulo, Brazil. **International Journal of Epidemiology**, Great Britain, n.32, p.390-397, 2003.

HARVELL, C.D. *et al.* Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. **Science**, Washington, v.296, p.2158-2162, jun. 2002.

HOAG, H. **City heat warms rain**. *Nature*, 1º de julho de 2003. Disponível em: <www.nature.com> Acesso em 10 jul. 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2000:** resultado do universo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/tabelabrasil111.shtm>> Acesso em 21 jan. 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões Metropolitanas: população e deslocamento no censo de 2000.** Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/seminario/cidade_28.pdf> Acesso em 21 jan. 2004.

IGNATIUS, D. **Aquecimento global afeta plantas e animais.** O Estado de São Paulo, 5 de junho de 1999. Disponível em: <www.estado.com.br> Acesso em: 10 jul. 2003.

IPPUC – INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Cidade de Curitiba 1971/1983:** inventário. Curitiba: IPPUC, s.d.p.

IPPUC – INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Curitiba em dados.** Curitiba: IPPUC, 2004.

KALNAY, E.; CAI, M. Impact of urbanization and land-use change the climate. **Nature**, v.423, p. 528-531, 29 maio 2003.

KARL, T.; TRENBERTH, K. Modern Global Climate Change. **Science**, Washington, v.302, p. 1719-1723, dez. 2003.

KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997. p.49-58.

KERR, R. A. Rising Global Temperature Rising Uncertainty. **Science**, Washington, v.292, p.192-194, abr. 2001.

KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A. ANÁLISE COMPARATIVA EM TERMOS DE CONFORTO TÉRMICO EM LOCALIDADES DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. In: NUTAU SUSTENTABILIDADE, ARQUITETURA E DESENHO URBANO, 4., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: NUTAU, 2002. p.993-1000.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985.

LOMBARDO, M. A. O clima e a cidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997. p.59-62.

MANFREDINI, A. População da RM de Curitiba deve superar capital em 2012. **Gazeta do Povo**, Curitiba, p. 3, 2 de fevereiro de 2004.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte pequeno e médio**. São Paulo, 1994. 300f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP.

MENDONÇA, F. de A. **Clima e criminalidade**: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana. Curitiba: UFPR, 2001.

MENEZES, C. L. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente**: a experiência de Curitiba. 2ª. ed. Campinas: Papirus, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. **A grande região Sul**, Rio de Janeiro: IBGE, Tomo I, v.IV, p.114-166, 1968.

MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogenéticas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas. **RA'EGA**, Curitiba, n.5, p.197-226, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. (org.) *et al.* **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MÜLLER, E. (2001) **Development of a test reference year on a limited data base for simulations on passive heating and cooling in Chile**. In: SEVENTH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 7., 2001, Rio de Janeiro. p 135-142. Disponível na internet: <http://www.ibpsa.org/proceedings/bs01/BS01_0135_142.pdf> Acesso em 27 jul. 2004.

NERY, J. *et al.*. Primeira aproximação para estudo de clima urbano em Salvador. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997. p.124-128.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co., 1978.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Brasília: UnB, 1988.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

ROMERO, T. **Poluição Fatal**. Boletim FAPESP, 8 de agosto de 2004. Disponível em: < <http://www.agencia.fapesp.br> > Acesso em : 08 ago. 2004.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Um zoneamento bioclimático para a arquitetura no Brasil. Jornada sobre clima e aplicações na CPLP, 2., Alagoas, 2001.

s.n.p. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/labeee/publicacoes/artigos.php>>
Acesso em: 04 out. 2004.

SAKAMOTO, L. L. S. **Relação entre a temperatura do ar e a “configuração do céu” na área central da metrópole paulistana: análise de dois episódios diários**. São Paulo, 1994. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP.

SANTANA, A. M. S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. São Paulo, 1997. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP.

SCHILLER, S.; EVANS, J. M. Training architects and planners to design with urban microclimates. **Atmospheric Environment**, Great Britain, v.30, n.3, p.449-454, 1996.

SILLETT, T. S; HOLMES, R. T.; SHERRY, T. W. Impacts of a global climate cycle on population dynamics of a migratory songbirds. **Science**, Washington, v.288, p.2040-2042, jun. 2000.

SILVA, A. C. S. B.; SATTTLER, M. A.; LAMBERTS, R. Zoneamento bioclimático brasileiro para fins de edificação. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., Gramado. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 1995. p.161-166.

STEVENS, W. K. **Aquecimento global muda estações e afeta a vida**. O Estado de São Paulo, 3 de julho de 1999. Disponível em: <www.estado.com.br> Acesso em: 10 jul. 2003.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 7^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, LMPT / EMC e NPC / ECV. *Analysis*. versão 1.5: Avaliação bioclimática e de conforto térmico. Florianópolis: UFSC. Programa. 3 disquetes 3 ½ pol, 1994.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Proposta de norma para ABNT. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Florianópolis: UFSC, 2003 Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/conforto/index.html>> Acesso em 05 ago. 2004.

UNILIVRE – UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE. A cidade e o meio ambiente. Apostila, s.n.p.

XAVIER, A. A. de P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. Florianópolis, 1999. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC.

**APÊNDICE A – DADOS DE TEMPERATURA DAS LOCALIDADES
MONITORADAS EM 2002**

TABELA 28 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO BAIRRO ALTO

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	17,06	12,20	25,98	30/jun	20,45	10,00	32,45	10/jul	14,00	6,40	24,20
21/jun	16,58	11,40	25,30	01/jul	18,58	12,60	29,50	11/jul	10,43	8,40	12,63
22/jun	10,45	8,30	12,63	02/jul	16,88	13,70	22,30	12/jul	11,65	9,00	15,70
23/jun	10,50	7,80	13,70	03/jul	17,02	12,35	23,05	13/jul	14,13	6,70	26,83
24/jun	15,68	10,50	29,70	04/jul	19,21	14,40	34,88	14/jul	13,14	5,20	27,80
25/jun	12,09	9,10	20,85	05/jul	18,57	12,90	29,43	15/jul	13,39	1,80	31,00
26/jun	14,36	9,00	27,20	06/jul	17,11	13,00	22,48	16/jul	15,15	1,08	33,08
27/jun	15,86	7,40	31,13	07/jul	14,20	7,40	21,10	17/jul	11,16	4,08	22,20
28/jun	17,53	6,90	29,80	08/jul	10,44	4,80	20,58	18/jul	10,02	5,70	13,20
29/jun	18,95	9,10	30,90	09/jul	9,65	3,70	15,25	Médias	14,63	8,44	24,30

TABELA 29 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO CAJURU

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	16,29	12,20	22,20	30/jun	17,96	9,60	26,05	10/jul	11,64	6,20	18,55
21/jun	16,01	11,40	24,00	01/jul	17,09	12,60	23,33	11/jul	10,51	8,50	14,00
22/jun	10,28	7,80	12,55	02/jul	16,56	13,90	21,05	12/jul	11,24	8,60	14,98
23/jun	10,30	7,40	13,20	03/jul	16,26	11,80	22,00	13/jul	9,91	6,20	13,70
24/jun	13,08	10,20	19,50	04/jul	17,48	14,10	25,20	14/jul	9,58	5,00	16,38
25/jun	11,38	8,60	16,93	05/jul	17,49	12,80	24,70	15/jul	9,69	1,60	20,90
26/jun	12,39	8,40	18,93	06/jul	16,77	12,90	21,60	16/jul	10,73	1,18	21,53
27/jun	13,15	7,40	21,10	07/jul	13,77	7,70	17,70	17/jul	9,50	4,38	15,63
28/jun	14,76	6,60	24,80	08/jul	9,21	4,70	14,45	18/jul	10,08	6,80	12,53
29/jun	16,54	8,70	24,90	09/jul	9,04	3,83	14,58	Médias	13,06	8,31	19,20

TABELA 30 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO FAZENDINHA

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	16,94	12,20	26,05	30/jun	19,46	10,00	28,80	10/jul	12,96	6,70	21,70
21/jun	16,74	12,28	25,55	01/jul	17,77	12,70	24,60	11/jul	11,16	7,60	17,05
22/jun	10,68	8,20	12,80	02/jul	16,97	14,70	21,90	12/jul	11,20	8,50	15,70
23/jun	10,45	7,70	13,50	03/jul	16,96	12,08	23,93	13/jul	11,19	4,60	17,15
24/jun	14,94	10,60	23,70	04/jul	18,74	14,10	28,00	14/jul	10,58	4,60	20,28
25/jun	12,96	9,40	24,40	05/jul	18,19	12,28	26,43	15/jul	11,74	1,70	22,78
26/jun	13,96	9,00	23,90	06/jul	17,14	13,90	22,00	16/jul	12,31	1,30	25,88
27/jun	14,78	7,20	26,08	07/jul	13,52	6,90	17,90	17/jul	9,91	2,90	18,10
28/jun	16,47	6,60	26,43	08/jul	9,26	4,05	15,05	18/jul	10,23	6,80	13,20
29/jun	17,68	8,30	27,60	09/jul	9,15	3,10	15,80	Médias	13,93	8,28	21,59

TABELA 31 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO PORTÃO

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	17,71	12,43	29,20	30/jun	19,34	10,50	29,80	10/jul	13,65	7,10	24,90
21/jun	17,10	12,43	26,53	01/jul	18,24	13,10	26,40	11/jul	11,38	8,10	15,15
22/jun	11,19	8,50	13,80	02/jul	17,60	14,90	24,60	12/jul	11,46	9,20	15,60
23/jun	10,80	7,80	14,50	03/jul	17,43	12,50	26,73	13/jul	12,02	6,40	21,33
24/jun	15,41	11,00	26,08	04/jul	18,99	14,50	28,80	14/jul	11,67	5,30	24,98
25/jun	13,44	9,80	24,50	05/jul	18,77	12,90	26,63	15/jul	12,15	2,70	27,03
26/jun	14,55	9,40	27,20	06/jul	17,53	14,60	22,78	16/jul	12,87	2,38	28,50
27/jun	15,27	8,00	26,83	07/jul	14,35	7,60	19,43	17/jul	10,98	5,70	18,60
28/jun	16,95	7,40	30,00	08/jul	9,76	5,60	14,50	18/jul	10,59	7,20	13,60
29/jun	18,39	9,20	30,10	09/jul	10,07	4,38	17,55	Médias	14,47	8,99	23,30

TABELA 32 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DE SANTA FELICIDADE

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	16,76	12,20	25,95	30/jun	18,51	10,60	28,10	10/jul	12,72	7,10	21,60
21/jun	16,82	13,00	24,00	01/jul	19,31	13,00	30,90	11/jul	11,54	8,00	19,15
22/jun	10,74	8,00	13,10	02/jul	17,83	14,50	27,40	12/jul	11,24	7,80	16,48
23/jun	10,61	7,30	15,23	03/jul	17,54	12,60	26,73	13/jul	11,26	5,10	19,70
24/jun	14,58	10,20	23,43	04/jul	17,89	13,60	26,83	14/jul	10,44	1,40	24,78
25/jun	13,69	9,00	24,40	05/jul	17,86	12,08	26,05	15/jul	12,64	2,15	30,00
26/jun	13,32	9,00	22,85	06/jul	16,58	13,70	20,68	16/jul	12,16	2,70	27,73
27/jun	14,87	7,00	25,95	07/jul	12,81	6,20	16,48	17/jul	11,29	4,38	23,53
28/jun	16,52	7,10	28,70	08/jul	8,19	3,10	12,55	18/jul	10,05	5,00	14,50
29/jun	18,14	10,40	27,40	09/jul	10,39	2,50	24,63	Médias	14,01	8,23	23,06

TABELA 33 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SÃO BRÁS

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	16,88	11,80	28,30	30/jun	20,20	12,90	30,30	10/jul	12,75	7,30	23,30
21/jun	17,41	13,00	27,70	01/jul	17,96	14,20	24,10	11/jul	10,50	8,10	14,75
22/jun	10,33	8,00	12,43	02/jul	16,39	14,10	21,43	12/jul	11,46	9,40	15,43
23/jun	9,94	7,20	12,80	03/jul	16,52	12,90	24,43	13/jul	11,84	5,00	21,43
24/jun	15,22	10,00	26,53	04/jul	18,09	13,70	26,65	14/jul	11,09	2,50	24,10
25/jun	13,05	9,00	25,00	05/jul	18,11	12,45	25,28	15/jul	11,93	4,40	21,53
26/jun	13,56	8,60	25,88	06/jul	16,95	14,10	21,80	16/jul	13,92	4,05	28,80
27/jun	14,66	7,40	26,23	07/jul	13,40	6,30	17,70	17/jul	10,76	7,40	16,20
28/jun	16,90	8,40	28,00	08/jul	8,64	4,90	13,10	18/jul	10,00	7,40	12,70
29/jun	18,97	12,20	29,60	09/jul	8,86	3,70	15,80	Médias	14,01	8,98	22,11

TABELA 34 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SÃO LOURENÇO

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	17,20	12,20	28,40	30/jun	19,84	12,80	28,20	10/jul	12,88	6,60	22,30
21/jun	17,12	12,90	24,50	01/jul	18,90	14,50	27,10	11/jul	11,07	8,30	16,65
22/jun	10,70	7,80	13,40	02/jul	17,06	14,10	23,80	12/jul	11,16	9,20	14,40
23/jun	10,40	7,30	14,78	03/jul	17,33	12,35	26,15	13/jul	11,04	6,60	17,03
24/jun	14,15	10,20	21,90	04/jul	18,49	13,70	28,50	14/jul	10,50	3,40	21,33
25/jun	13,26	9,00	22,18	05/jul	18,64	12,18	28,10	15/jul	11,84	3,70	26,35
26/jun	13,60	9,00	24,13	06/jul	17,12	13,70	23,70	16/jul	12,99	3,83	24,80
27/jun	14,36	7,00	24,10	07/jul	13,05	6,20	17,33	17/jul	10,78	6,40	17,80
28/jun	17,61	9,10	30,30	08/jul	8,55	4,18	13,70	18/jul	9,81	5,80	13,20
29/jun	19,14	12,20	29,50	09/jul	9,98	3,60	19,90	Médias	14,09	8,89	22,19

TABELA 35 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SIMEPAR

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
20/jun	16,28	12,30	22,40	30/jun	18,44	11,80	24,80	10/jul	11,80	7,50	18,10
21/jun	16,43	12,20	22,40	1/jul	17,83	13,90	23,90	11/jul	10,69	8,70	12,40
22/jun	11,04	8,80	12,80	2/jul	16,96	14,40	21,30	12/jul	11,45	10,00	14,30
23/jun	10,61	7,90	13,50	3/jul	16,34	12,80	21,20	13/jul	10,91	7,10	15,20
24/jun	13,90	11,00	20,40	4/jul	17,30	14,70	22,80	14/jul	10,09	5,40	17,70
25/jun	11,80	9,40	17,10	5/jul	17,65	13,30	23,50	15/jul	10,98	3,20	21,00
26/jun	12,44	9,10	19,20	6/jul	17,23	14,00	20,80	16/jul	12,02	3,10	22,30
27/jun	13,95	8,10	22,20	7/jul	14,43	8,90	17,40	17/jul	10,39	5,90	16,40
28/jun	15,78	8,60	24,30	8/jul	9,23	7,00	11,30	18/jul	10,43	7,40	12,90
29/jun	17,70	10,40	25,00	9/jul	9,47	5,10	14,00	Médias	13,57	9,38	18,99

**APÊNDICE B – DADOS DE TEMPERATURA DAS LOCALIDADES
MONITORADAS EM 2003**

TABELA 36 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO ALTO BOQUEIRÃO

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	15,52	9,60	26,13
28/jun	15,37	8,50	24,80
29/jun	16,12	8,10	26,63
30/jun	15,58	7,70	24,50
01/jul	16,33	11,40	25,00
02/jul	15,27	6,40	26,73
03/jul	16,65	11,30	25,60
04/jul	14,91	7,90	24,00
05/jul	15,56	7,10	23,70
Médias	15,70	8,67	25,23

TABELA 37 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DA BARREIRINHA

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	13,83	8,90	21,50	07/jul	14,22	13,20	16,50	17/jul	11,74	10,20	13,40
28/jun	14,81	8,50	22,60	08/jul	17,77	13,40	23,50	18/jul	15,23	11,00	23,50
29/jun	15,97	10,80	23,13	09/jul	15,32	12,90	16,78	19/jul	17,16	11,00	24,20
30/jun	13,79	8,50	20,68	10/jul	10,25	8,80	13,20	20/jul	17,74	12,18	24,50
01/jul	14,65	9,20	22,00	11/jul	9,14	2,60	14,60	21/jul	19,41	12,43	25,70
02/jul	14,48	8,70	23,15	12/jul	5,88	0,70	12,00	22/jul	16,75	11,00	25,30
03/jul	14,53	9,20	22,00	13/jul	8,07	4,70	10,40	23/jul	17,77	10,60	25,40
04/jul	13,54	6,20	22,30	14/jul	12,48	9,40	16,58	24/jul	17,64	10,20	25,80
05/jul	15,68	8,20	23,20	15/jul	14,57	12,20	19,03	25/jul	18,21	10,40	25,50
06/jul	17,09	13,60	24,30	16/jul	12,70	10,60	16,40	Médias	14,50	9,63	20,59

TABELA 38 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO CAMPO COMPRIDO

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	14,39	9,80	24,70	07/jul	14,42	13,20	17,40	17/jul	17,53	13,80	20,00
28/jun	15,00	8,20	22,98	08/jul	18,16	13,20	26,15	18/jul	21,87	16,50	30,50
29/jun	15,89	10,60	23,53	09/jul	14,74	13,00	16,20	19/jul	22,77	16,40	30,90
30/jun	15,04	8,20	24,70	10/jul	10,65	9,50	13,30	20/jul	23,63	18,48	31,40
01/jul	15,43	9,80	24,80	11/jul	9,49	4,40	16,28	21/jul	23,97	18,00	29,70
02/jul	15,04	8,20	24,58	12/jul	7,39	1,05	16,65	22/jul	23,61	15,60	33,10
03/jul	15,16	10,00	23,83	13/jul	8,34	5,20	12,28	23/jul	23,77	16,60	31,60
04/jul	14,59	6,90	24,40	14/jul	12,94	9,20	18,40	24/jul	21,63	14,50	30,40
05/jul	15,90	8,50	23,70	15/jul	15,49	12,20	20,55	25/jul	18,90	10,40	28,50
06/jul	16,65	12,90	26,03	16/jul	18,29	14,75	21,80	Médias	16,58	11,35	23,74

TABELA 39 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DA CIDADE INDUSTRIAL

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	13,98	9,30	23,50	07/jul	14,61	13,30	17,60	17/jul	12,56	10,60	15,13
28/jun	14,32	7,00	23,03	08/jul	17,93	12,90	25,60	18/jul	15,55	11,20	25,20
29/jun	15,15	8,60	23,25	09/jul	14,75	13,30	16,30	19/jul	16,66	10,00	26,13
30/jun	13,91	8,10	22,50	10/jul	10,38	9,30	13,30	20/jul	17,13	9,00	26,33
01/jul	15,13	9,80	24,30	11/jul	9,19	3,83	14,75	21/jul	19,11	10,40	27,80
02/jul	13,70	6,30	23,25	12/jul	6,84	1,08	14,88	22/jul	17,71	12,20	27,00
03/jul	15,28	9,70	24,10	13/jul	8,44	4,60	12,35	23/jul	17,77	10,50	27,10
04/jul	13,57	5,30	23,90	14/jul	12,87	9,40	17,70	24/jul	17,36	9,30	26,90
05/jul	15,69	8,40	24,10	15/jul	14,79	12,43	19,53	25/jul	18,18	9,20	27,33
06/jul	16,65	12,90	24,40	16/jul	12,88	11,50	15,13	Médias	14,55	9,29	21,81

TABELA 40 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DAS MERCÊS

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	15,07	9,60	23,80	07/jul	14,26	13,10	16,95	17/jul	12,72	10,20	15,43
28/jun	15,43	8,30	25,00	08/jul	17,67	12,70	24,20	18/jul	16,56	11,20	26,23
29/jun	16,53	10,10	25,25	09/jul	15,58	12,90	18,68	19/jul	17,44	9,70	26,40
30/jun	14,94	8,50	22,20	10/jul	11,37	9,80	12,90	20/jul	18,12	11,50	26,30
01/jul	15,80	9,90	24,00	11/jul	10,33	3,95	17,13	21/jul	19,49	11,60	27,20
02/jul	16,28	10,00	25,18	12/jul	6,94	1,30	13,88	22/jul	17,73	11,30	27,50
03/jul	16,16	10,40	24,90	13/jul	8,09	4,48	11,50	23/jul	18,60	10,70	26,80
04/jul	14,69	6,30	24,50	14/jul	12,99	9,30	18,78	24/jul	19,01	12,00	28,30
05/jul	15,72	7,60	25,40	15/jul	14,77	12,20	19,80	25/jul	19,90	12,53	27,80
06/jul	16,79	11,80	25,95	16/jul	13,67	11,50	17,50	Médias	15,26	9,81	22,39

TABELA 41 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO PINHEIRINHO

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	14,54	8,90	24,20	07/jul	14,68	13,40	17,90	17/jul	12,14	10,20	14,80
28/jun	14,84	7,50	22,75	08/jul	18,44	13,30	26,23	18/jul	16,33	11,40	26,15
29/jun	15,91	9,90	23,53	09/jul	14,83	13,00	16,20	19/jul	17,48	10,60	25,95
30/jun	14,01	8,60	20,75	10/jul	10,08	9,00	12,90	20/jul	18,17	10,30	26,90
01/jul	15,89	10,00	24,20	11/jul	9,36	4,30	15,25	21/jul	19,60	11,50	27,30
02/jul	14,91	7,80	24,50	12/jul	6,90	2,00	13,70	22/jul	17,62	12,00	27,10
03/jul	15,86	11,00	23,25	13/jul	7,92	4,90	11,10	23/jul	18,53	11,00	27,50
04/jul	14,72	6,10	24,90	14/jul	12,53	9,00	17,30	24/jul	18,75	11,30	27,60
05/jul	16,35	9,00	24,30	15/jul	14,71	12,50	18,95	25/jul	18,63	10,40	26,90
06/jul	16,94	13,60	24,60	16/jul	13,02	11,40	15,60	Médias	14,95	9,79	21,80

TABELA 42 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DA SANTA QUITÉRIA

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	15,26	9,80	26,30	07/jul	14,75	13,30	17,80	17/jul	12,18	10,40	13,90
28/jun	16,09	7,50	27,40	08/jul	18,60	13,70	26,43	18/jul	16,68	11,20	27,60
29/jun	16,69	9,40	27,43	09/jul	15,38	13,30	17,40	19/jul	17,70	8,90	29,60
30/jun	14,51	9,20	21,93	10/jul	10,86	10,10	13,30	20/jul	18,43	9,90	27,90
01/jul	16,30	9,90	27,10	11/jul	10,82	5,00	20,00	21/jul	20,10	11,30	30,30
02/jul	15,23	7,20	25,48	12/jul	7,18	2,80	12,73	22/jul	18,36	12,00	28,50
03/jul	16,20	10,70	26,80	13/jul	8,19	5,20	11,20	23/jul	19,18	10,40	29,50
04/jul	15,23	6,10	26,40	14/jul	12,55	9,40	17,15	24/jul	18,89	10,30	28,80
05/jul	15,88	8,00	24,60	15/jul	14,63	12,50	18,68	25/jul	17,56	10,20	22,68
06/jul	16,88	13,00	25,40	16/jul	13,38	11,40	16,78	Médias	15,30	9,73	23,07

TABELA 43 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO XAXIM

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	14,07	8,60	24,20	07/jul	14,79	13,50	17,90	17/jul	12,36	10,20	15,23
28/jun	13,87	6,70	23,05	08/jul	18,00	13,30	25,40	18/jul	15,76	11,40	25,60
29/jun	14,83	7,70	24,60	09/jul	14,80	12,80	16,85	19/jul	15,97	7,80	26,00
30/jun	13,56	8,20	22,00	10/jul	10,21	9,40	13,10	20/jul	16,62	8,40	26,60
01/jul	15,03	10,10	23,50	11/jul	9,23	4,08	15,60	21/jul	18,24	8,80	28,00
02/jul	13,61	6,20	24,20	12/jul	6,46	0,70	14,20	22/jul	17,33	12,20	27,60
03/jul	15,24	9,70	23,80	13/jul	8,38	4,80	12,18	23/jul	17,41	9,30	27,40
04/jul	13,22	5,30	23,70	14/jul	12,74	9,40	17,30	24/jul	17,37	9,10	27,40
05/jul	15,75	8,40	23,80	15/jul	14,71	12,43	18,95	25/jul	18,00	9,00	27,20
06/jul	17,00	13,40	25,20	16/jul	13,05	11,50	15,70	Médias	14,40	9,05	21,94

TABELA 44 – MÉDIAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA DO SIMEPAR

Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx	Dias	Tméd	Tmín	Tmáx
27/jun	14,12	10,70	20,70	07/jul	14,78	13,70	16,70	17/jul	11,98	10,30	13,40
28/jun	14,87	8,00	21,90	08/jul	18,47	14,80	24,00	18/jul	15,43	11,60	22,50
29/jun	15,37	9,80	22,80	09/jul	15,58	13,40	17,50	19/jul	16,76	10,20	23,50
30/jun	13,79	8,70	19,50	10/jul	10,84	9,60	13,50	20/jul	17,30	10,40	24,30
01/jul	14,91	9,70	21,00	11/jul	9,97	5,50	14,80	21/jul	19,36	12,40	25,90
02/jul	14,23	8,10	22,50	12/jul	6,75	2,30	12,00	22/jul	17,05	12,30	25,60
03/jul	14,81	12,00	20,80	13/jul	8,24	5,50	10,80	23/jul	17,75	10,90	25,00
04/jul	13,90	6,30	20,90	14/jul	12,44	9,60	15,80	24/jul	17,71	11,00	24,30
05/jul	16,34	11,30	22,00	15/jul	14,54	12,60	17,70	25/jul	17,59	10,70	23,80
06/jul	16,99	14,00	22,90	16/jul	13,24	11,50	15,30	Médias	14,60	10,37	20,10

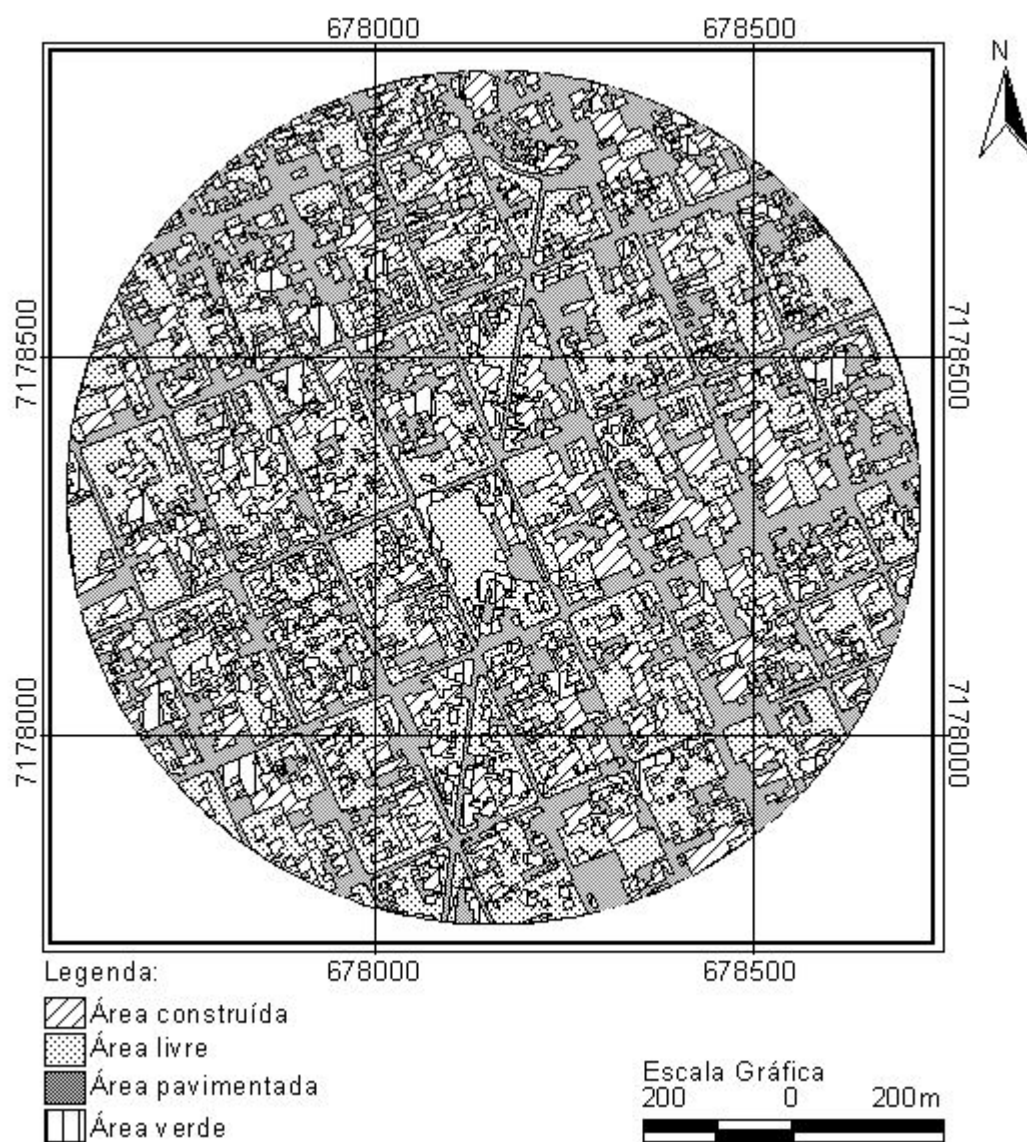
APÊNDICE C – OCUPAÇÃO DO SOLO DAS LOCALIDADES MONITORADAS**FIGURA 64 – ALTO BOQUEIRÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²**

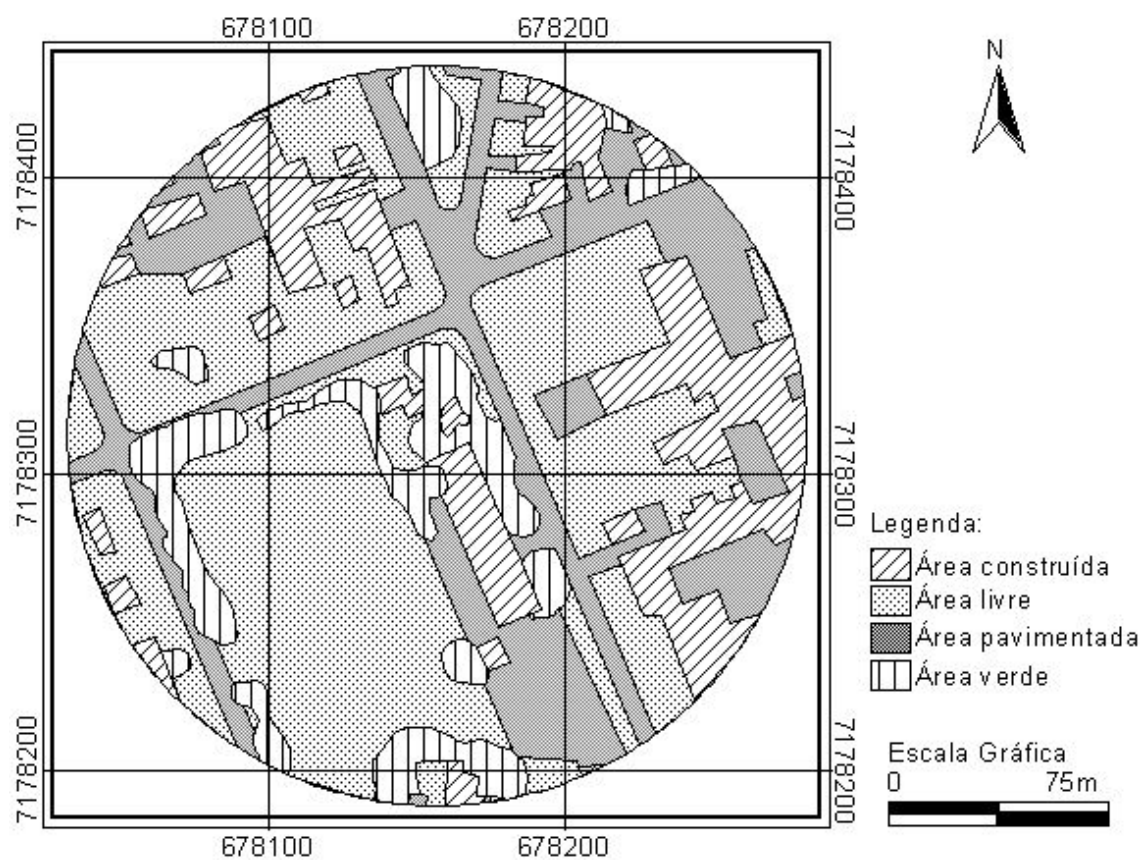
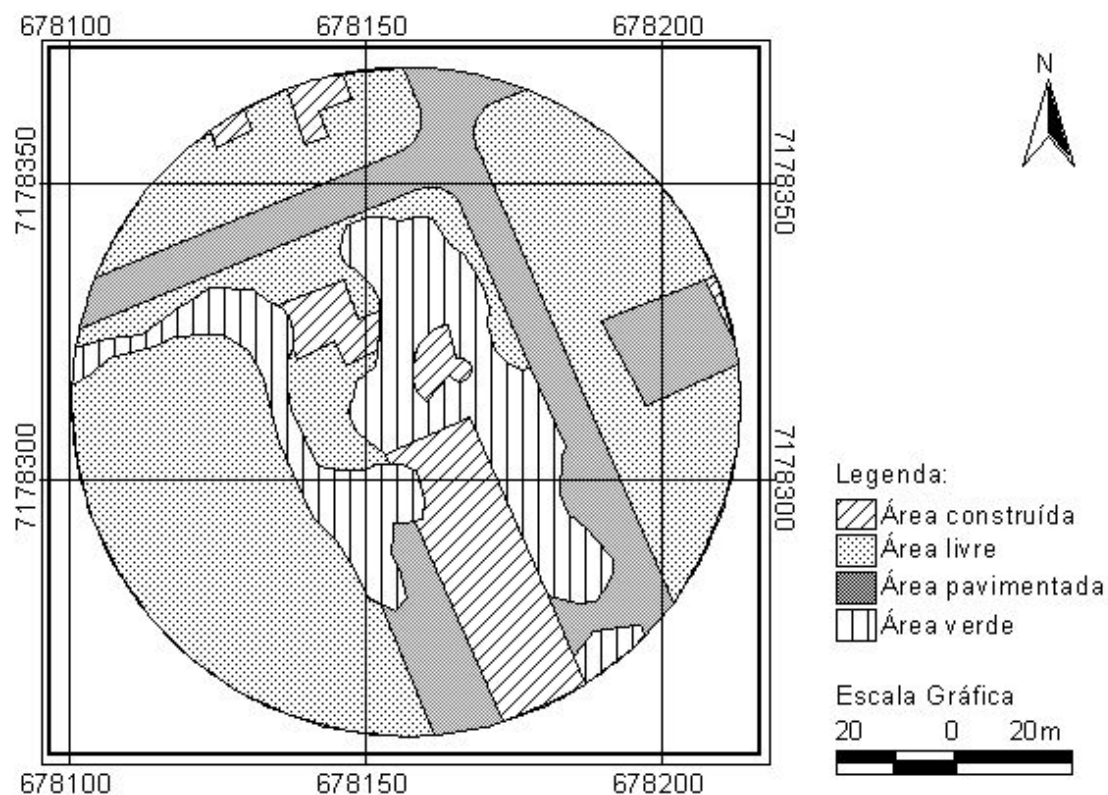
FIGURA 65 – ALTO BOQUEIRÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 66 – ALTO BOQUEIRÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

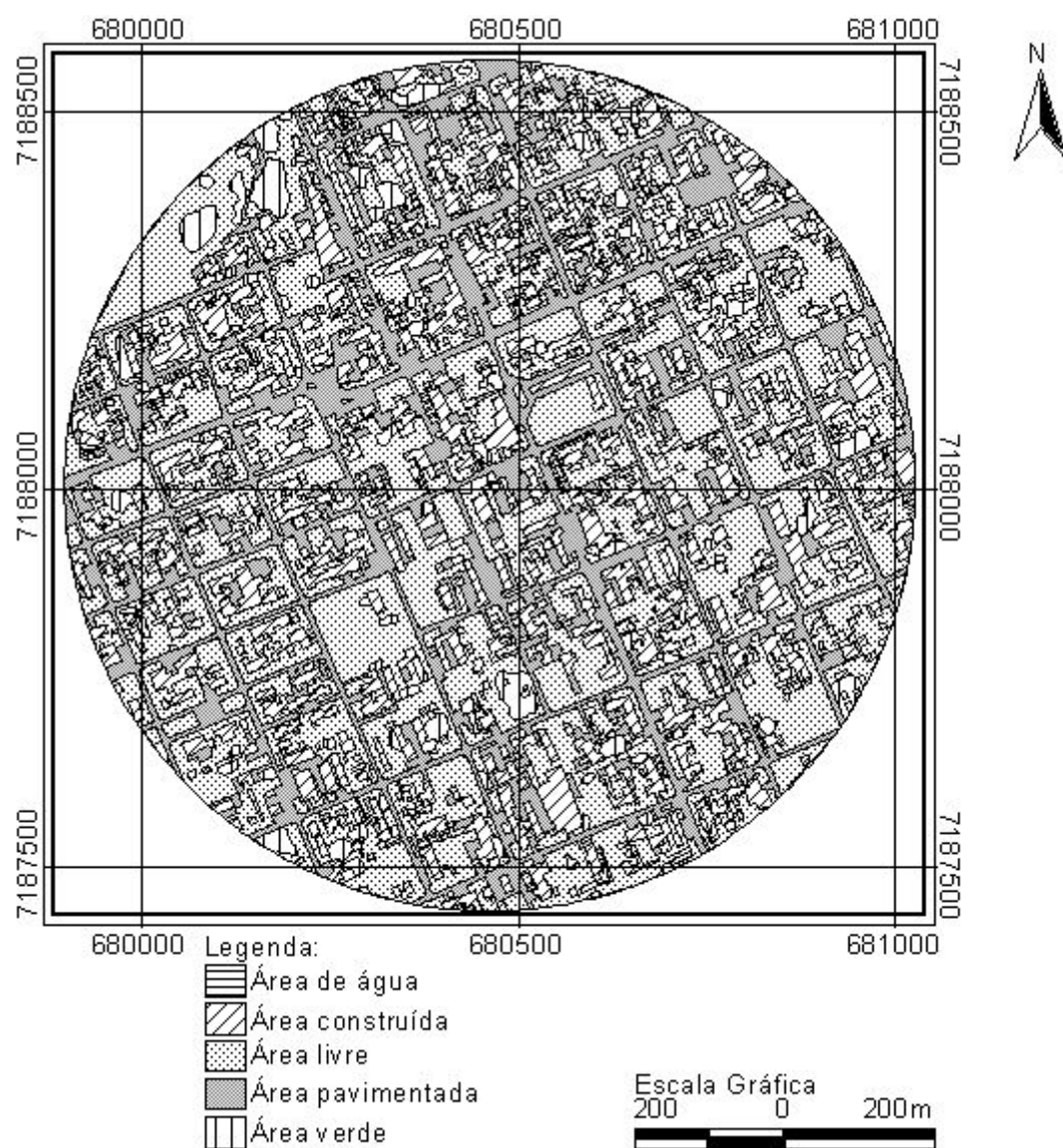
FIGURA 67 – BAIRRO ALTO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

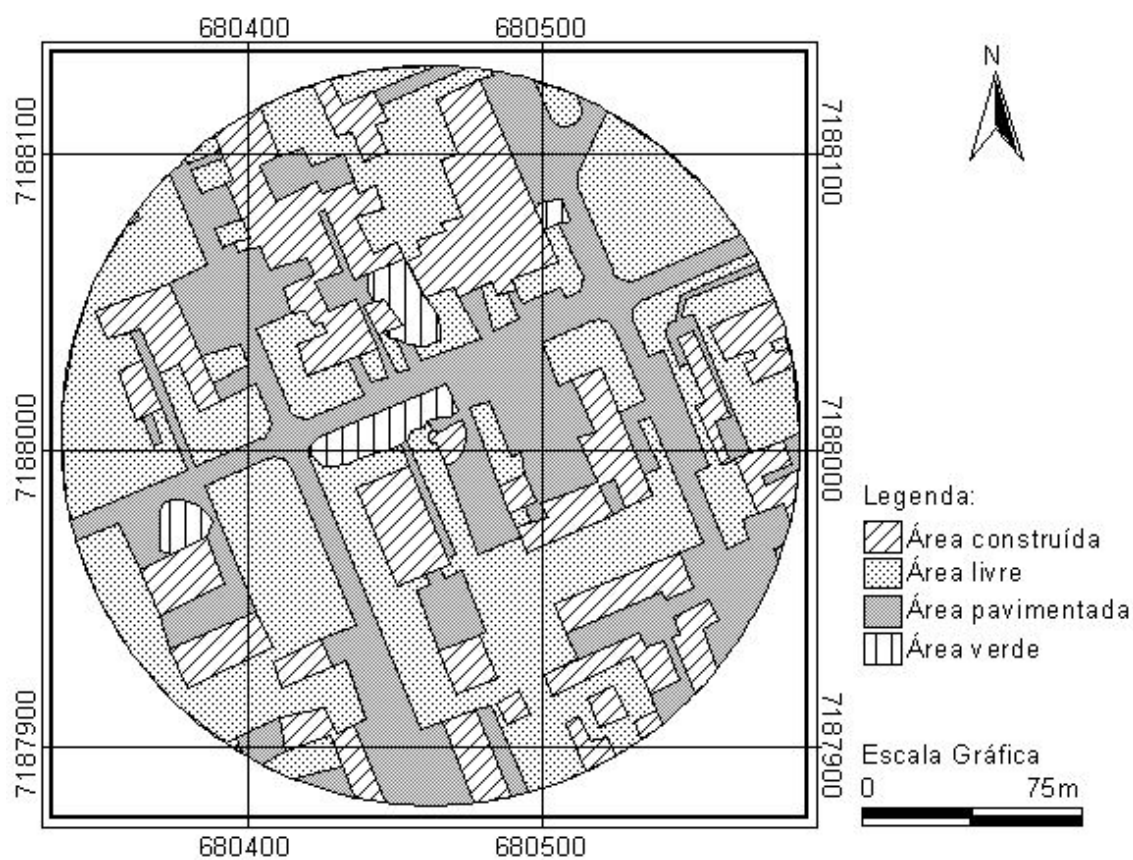
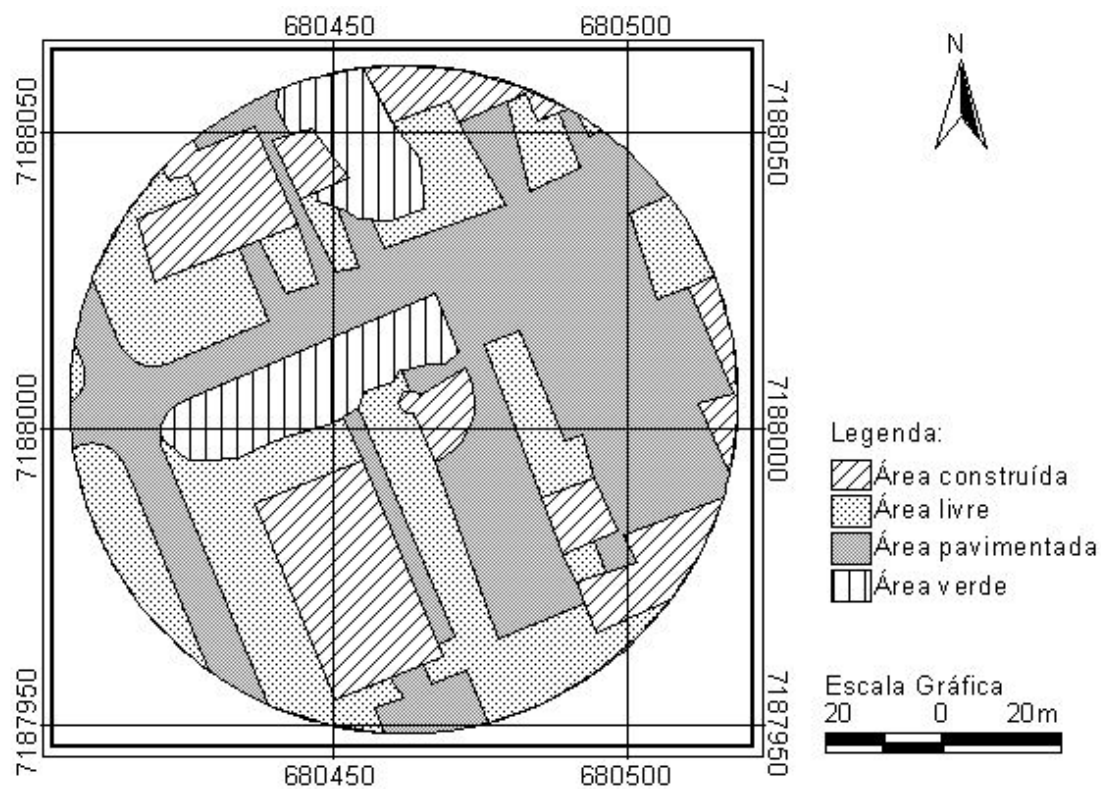
FIGURA 68 – BAIRRO ALTO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 69 – BAIRRO ALTO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

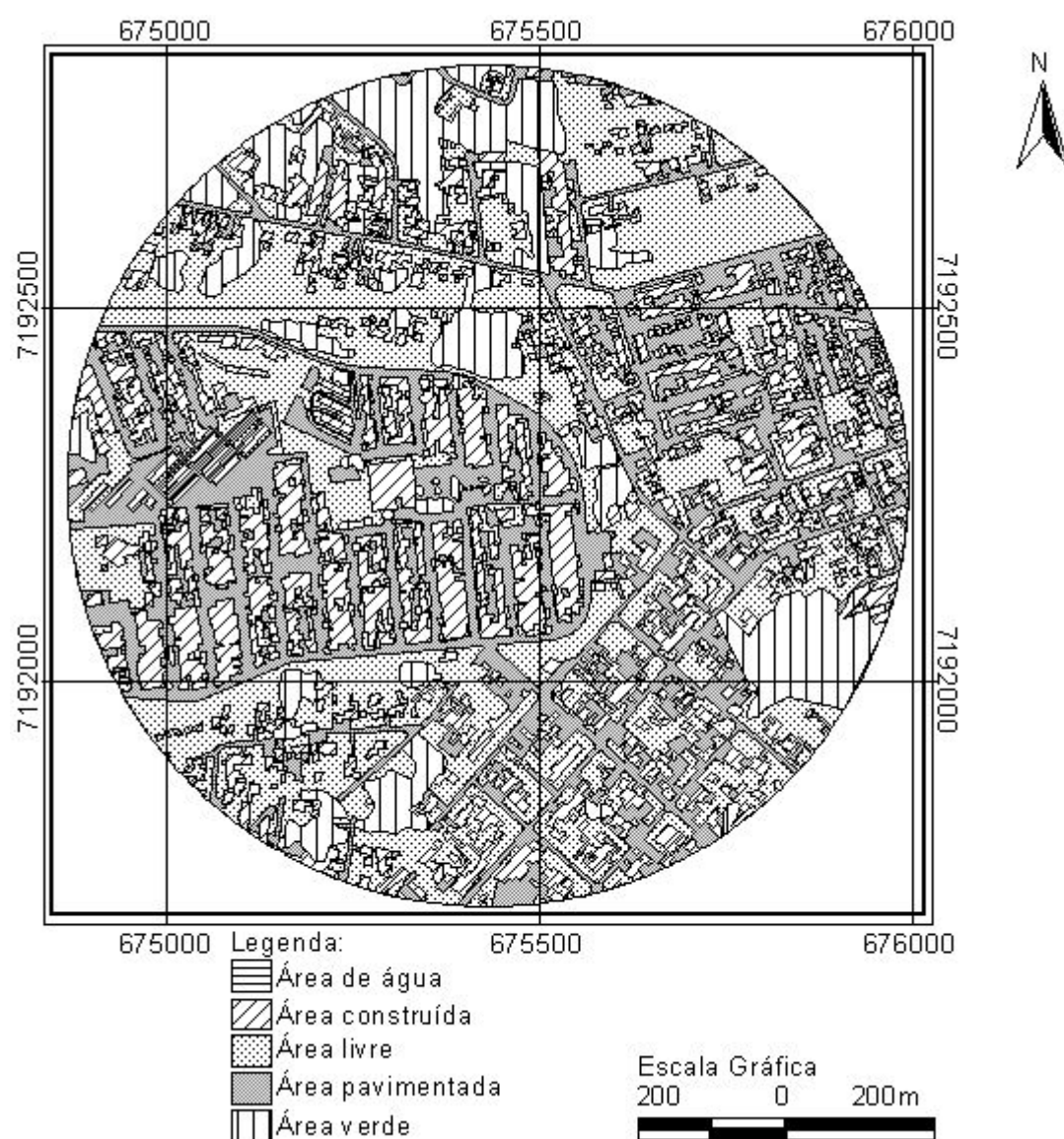
FIGURA 70 – BARREIRINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

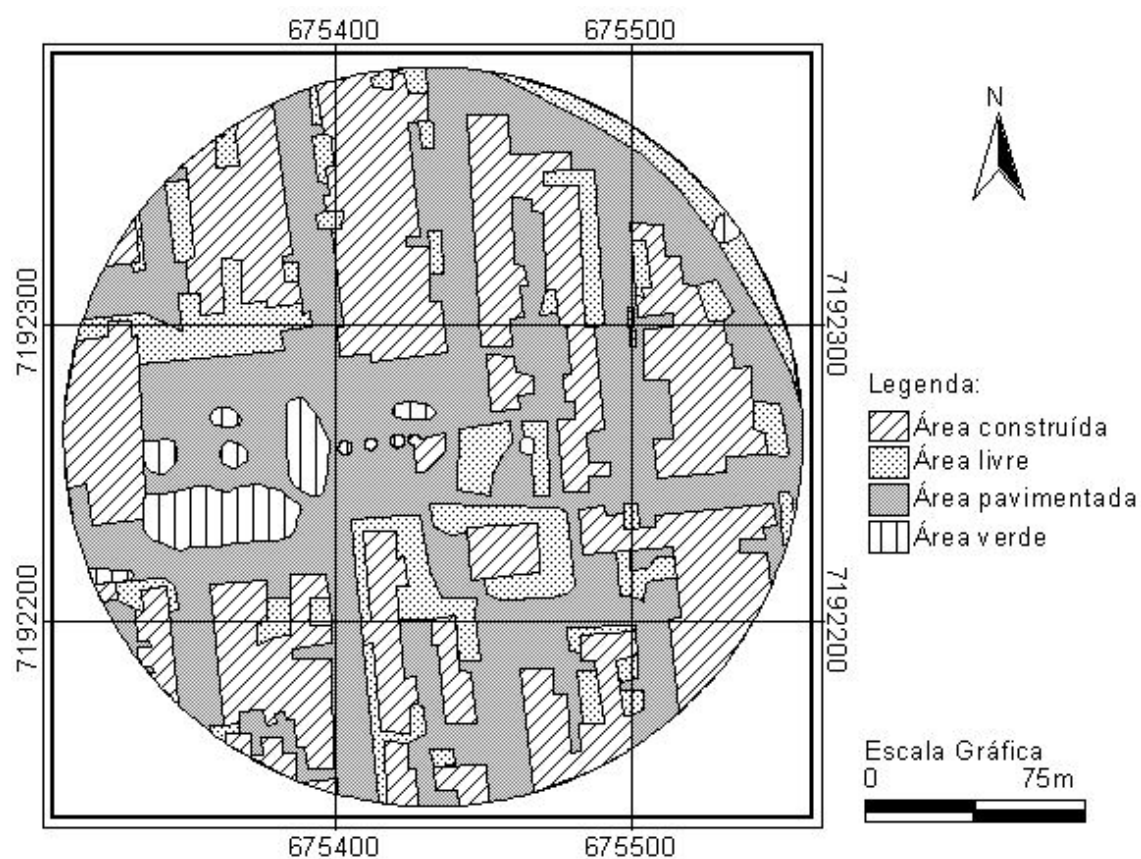
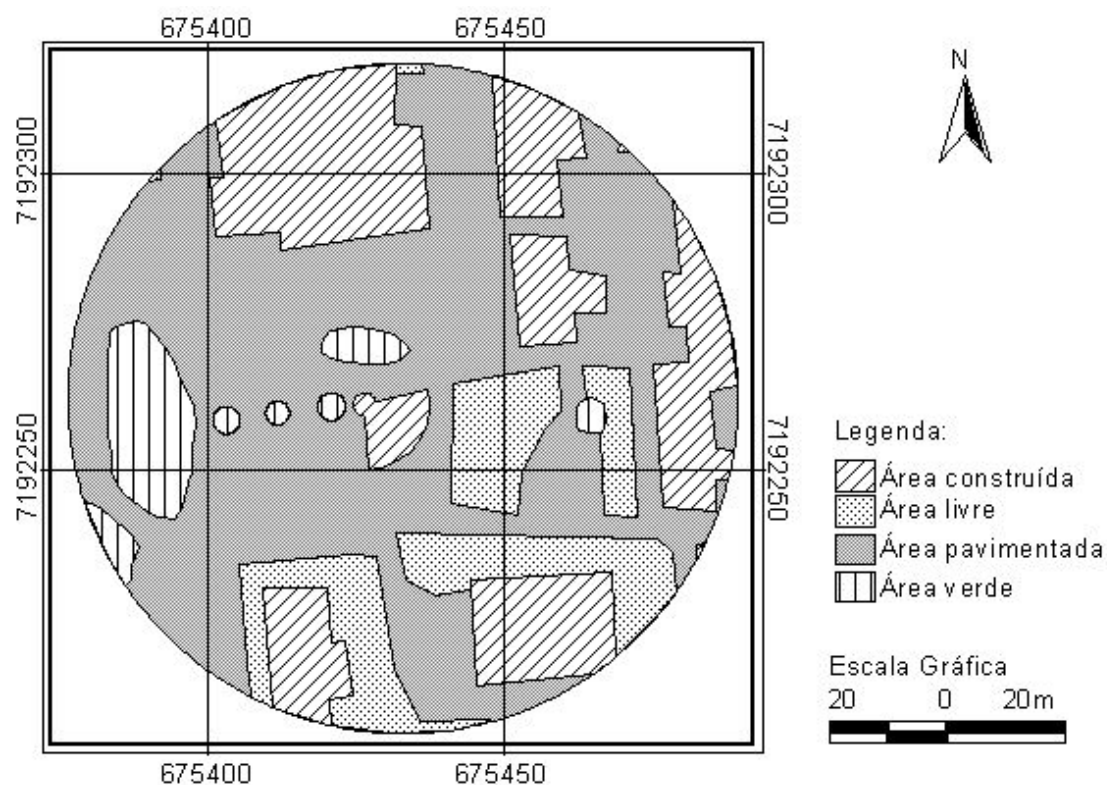
FIGURA 71 – BARREIRINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 72 – BARREIRINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

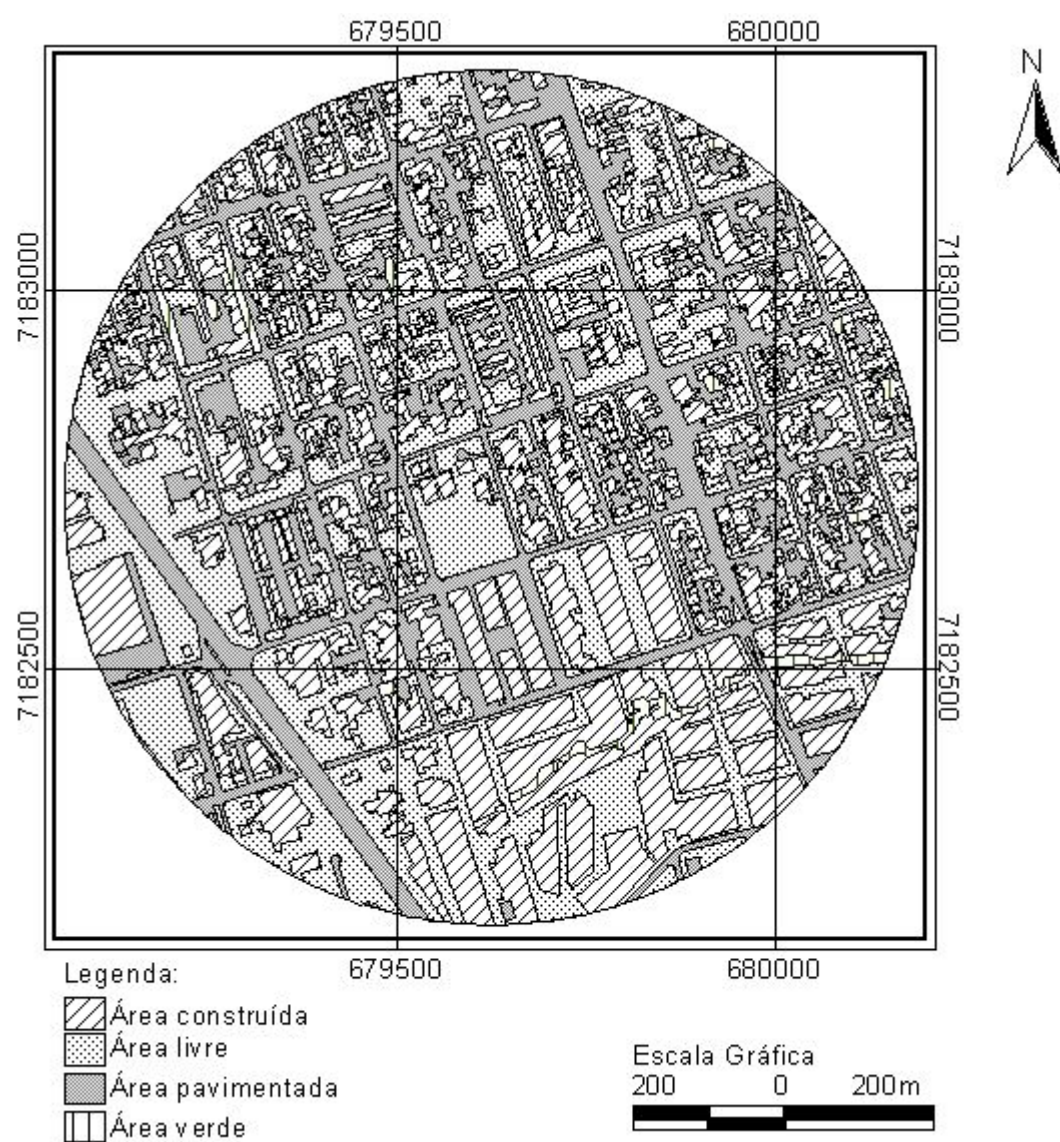
FIGURA 73 – CAJURU: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

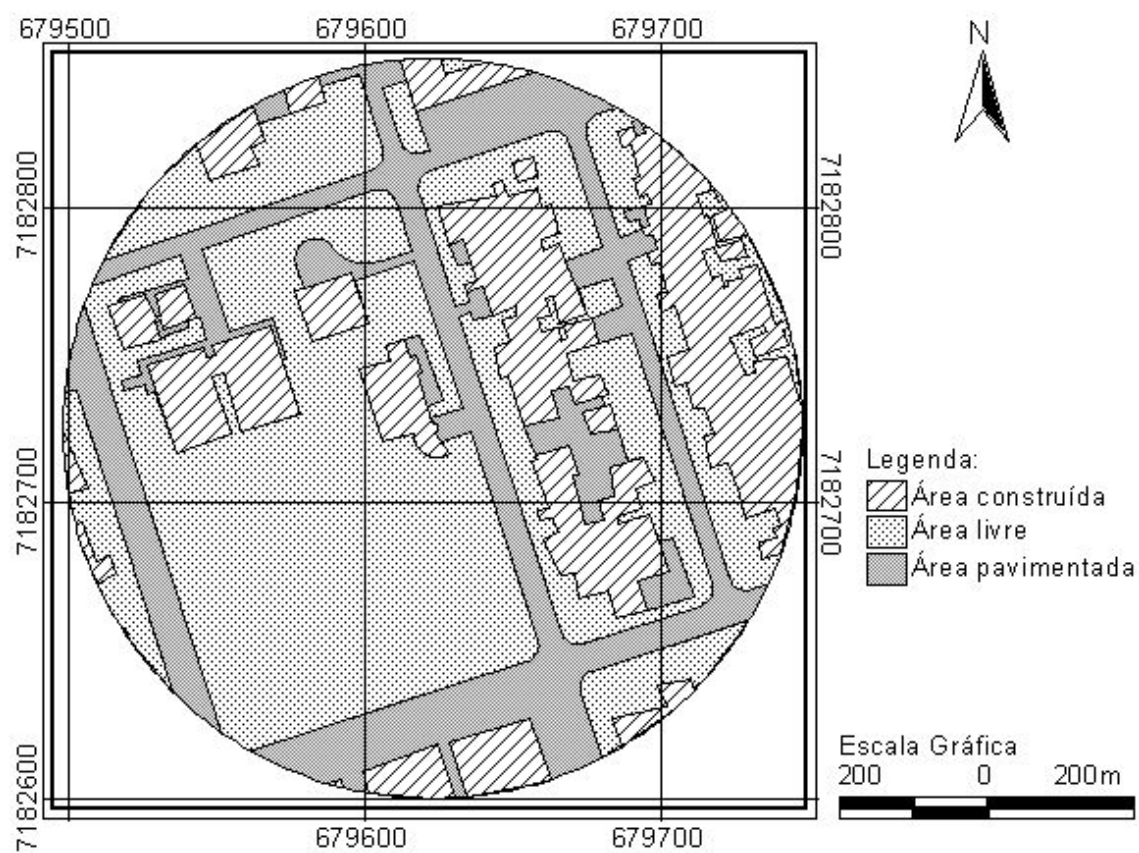
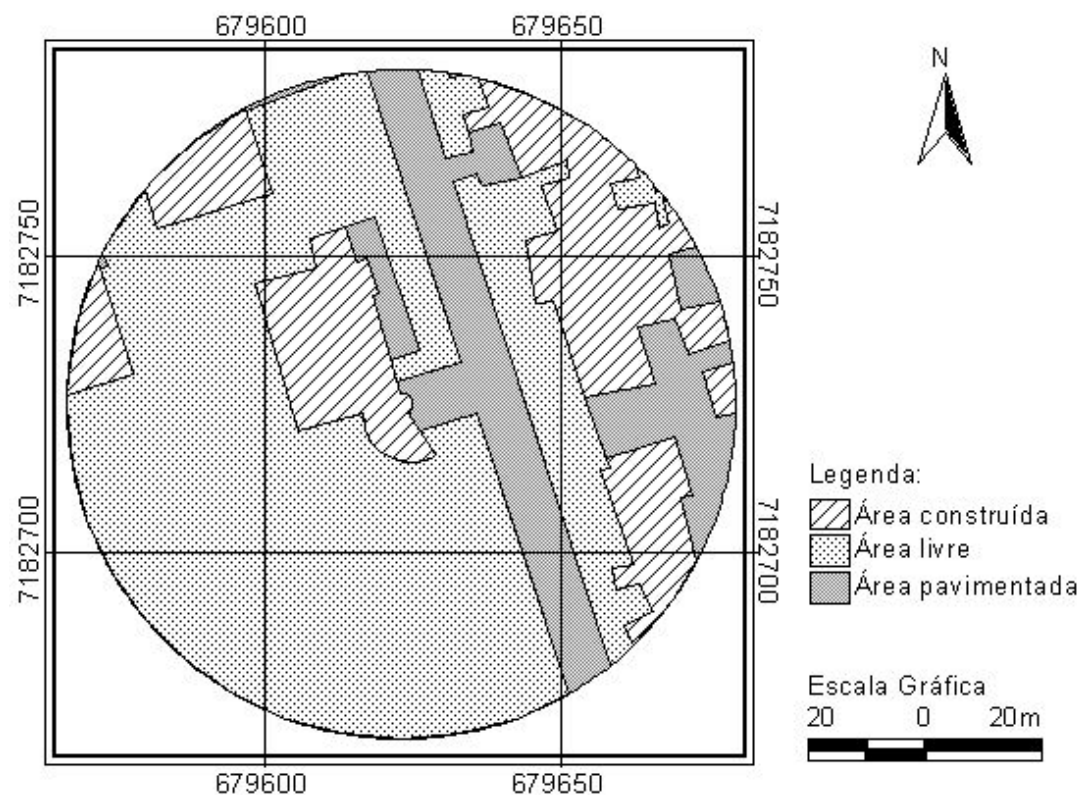
FIGURA 74 – CAJURU: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 75 – CAJURU: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

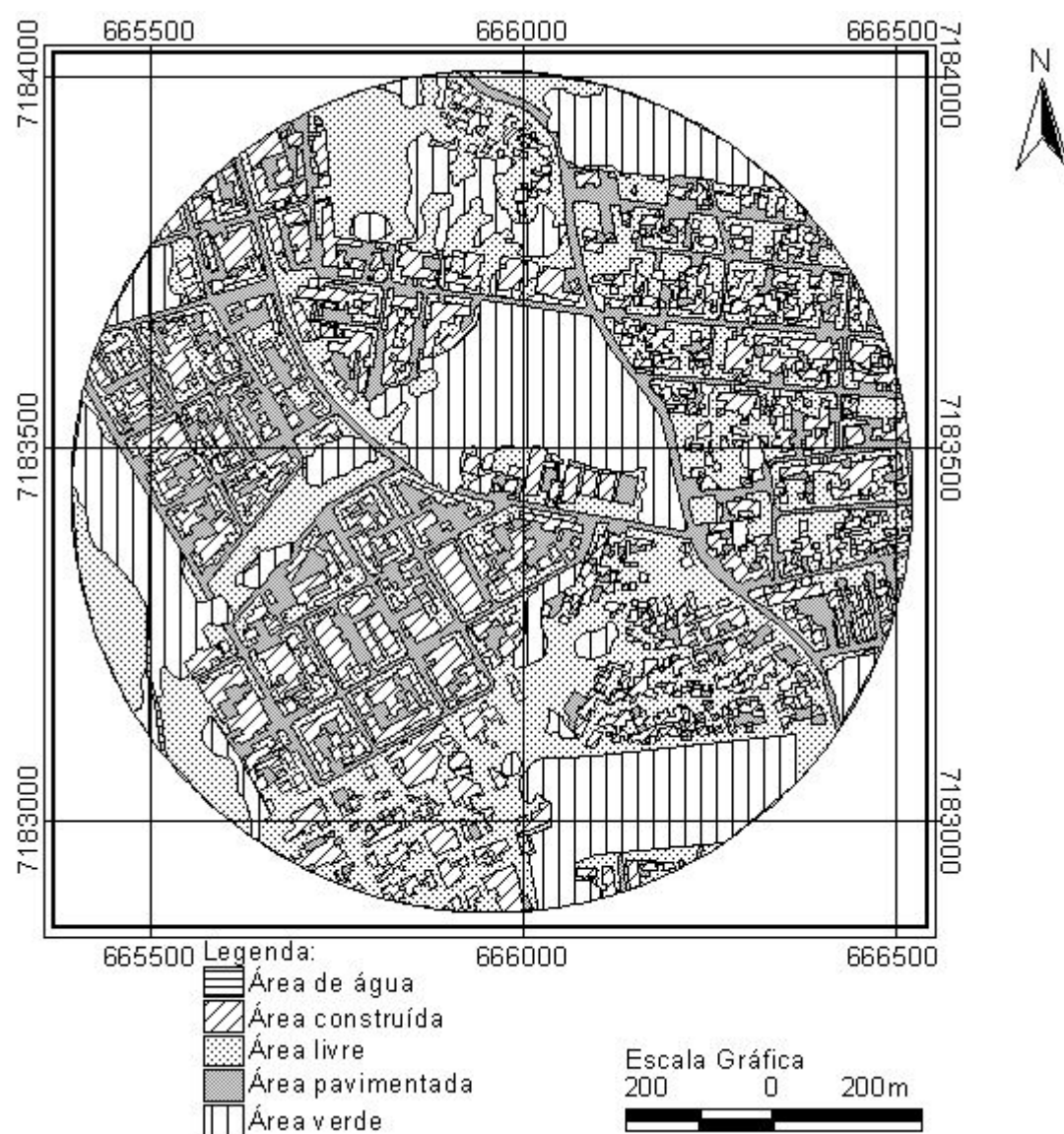
FIGURA 76 – CAMPO COMPRIDO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

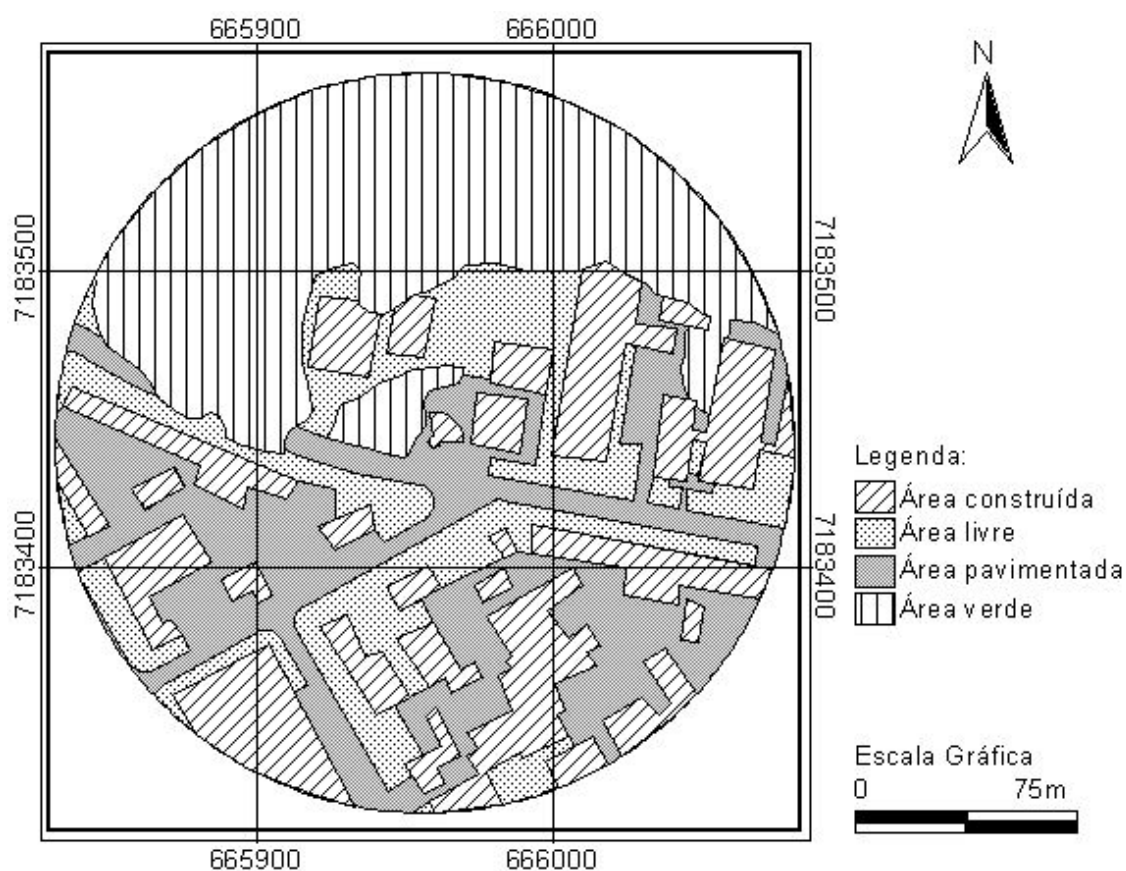
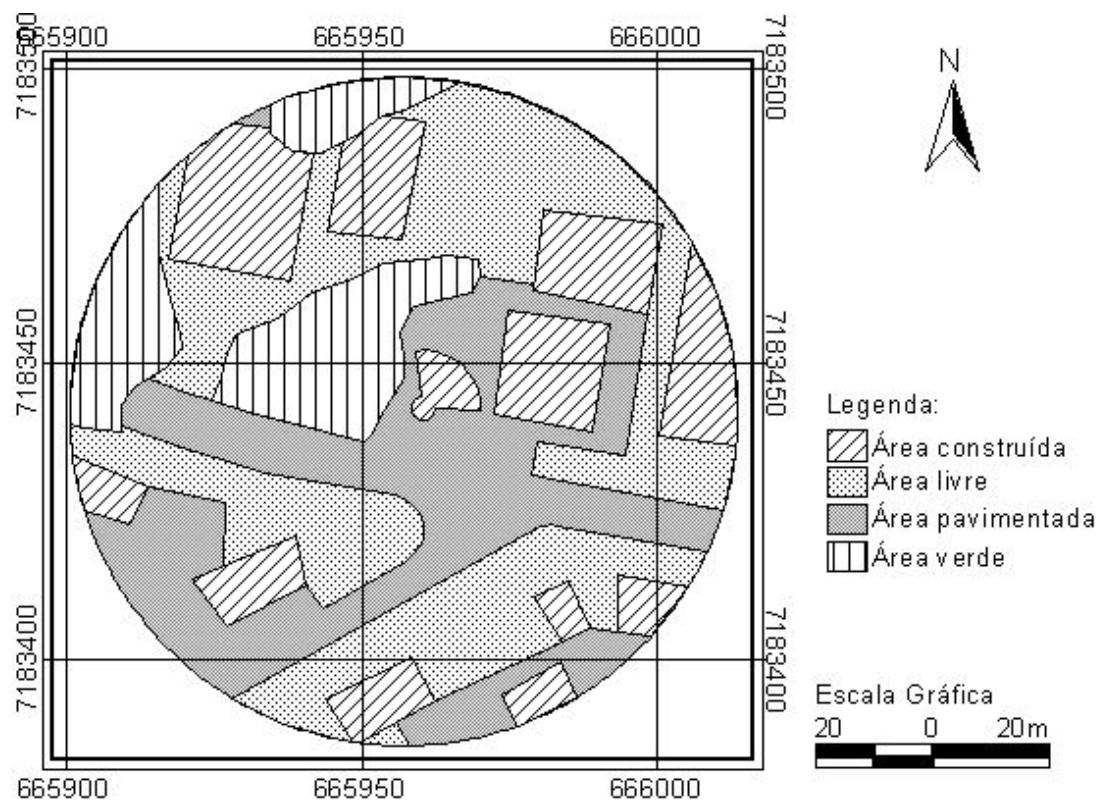
FIGURA 77 – CAMPO COMPRIDO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 78 – CAMPO COMPRIDO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

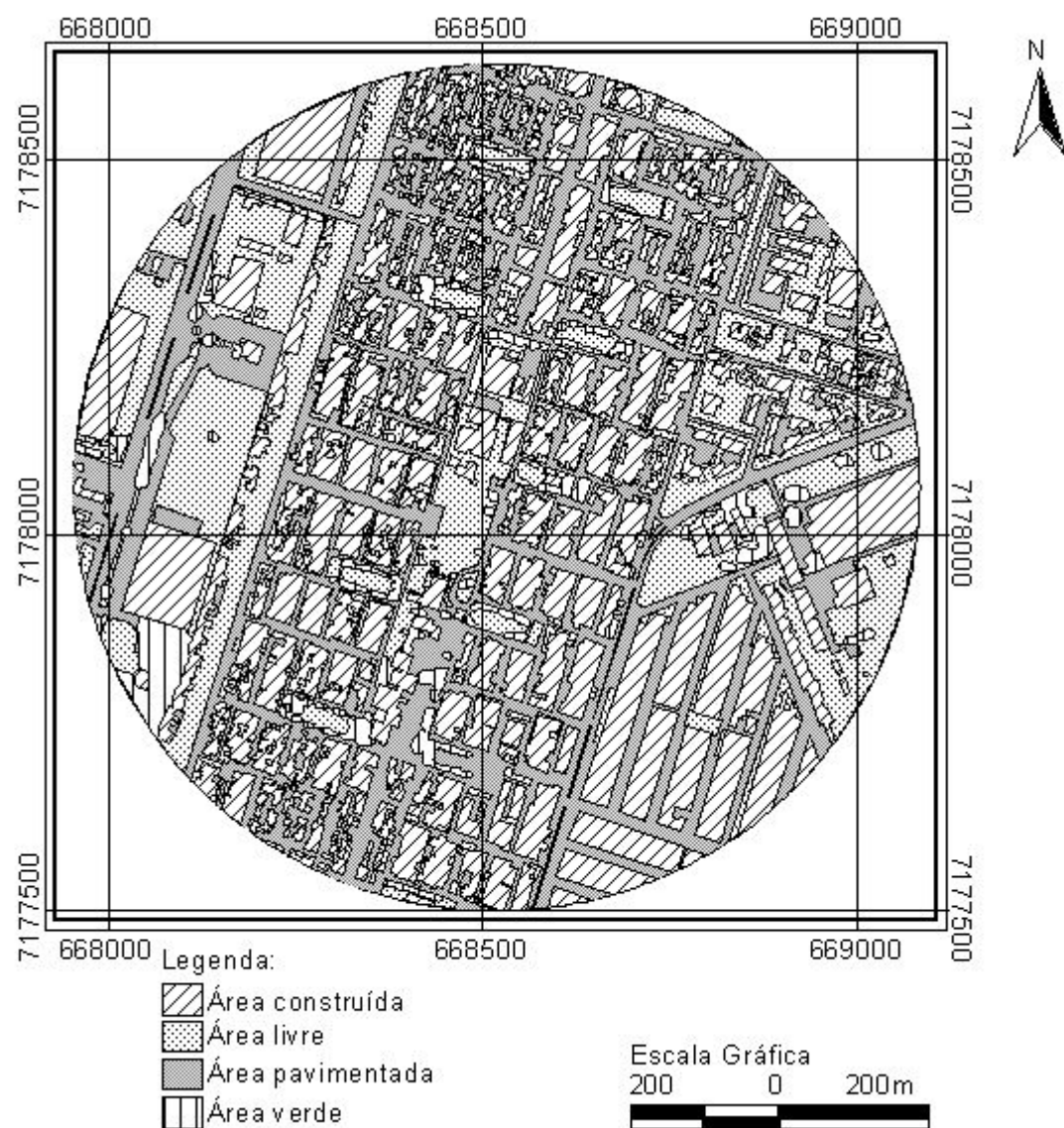
FIGURA 79 – CIDADE INDUSTRIAL: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

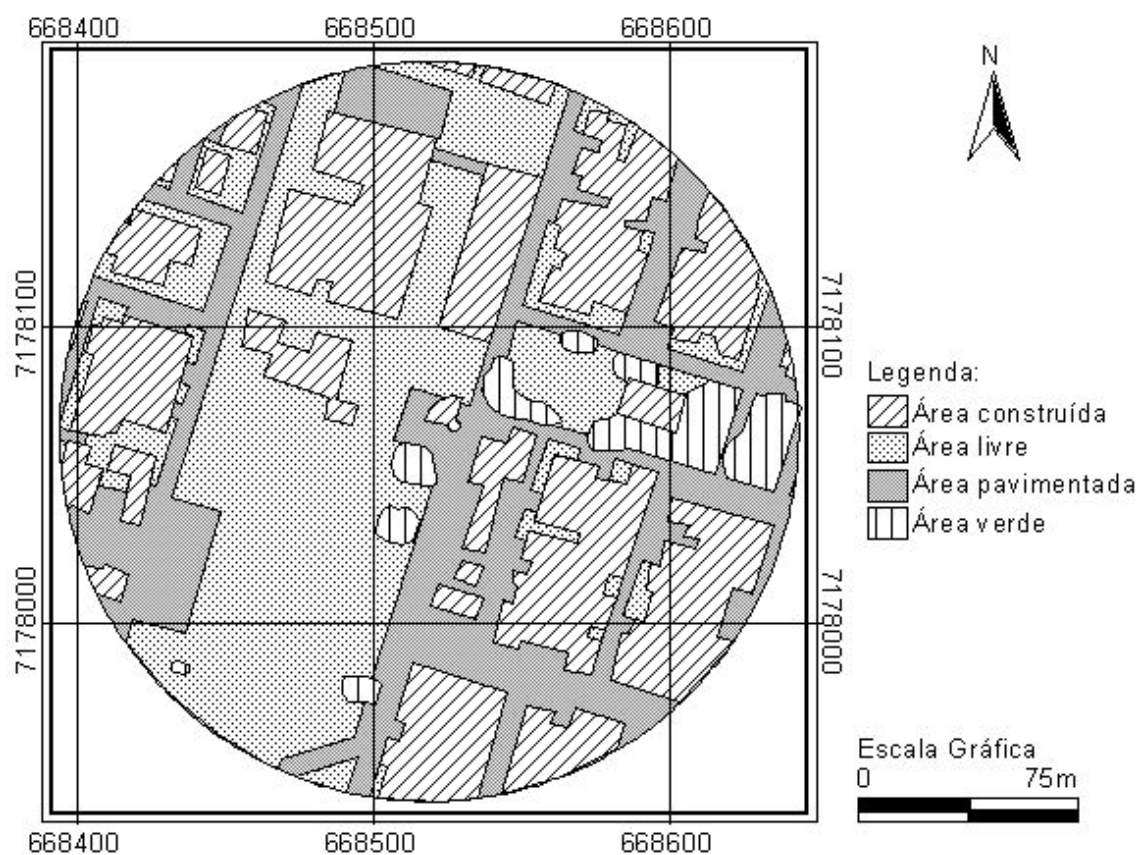
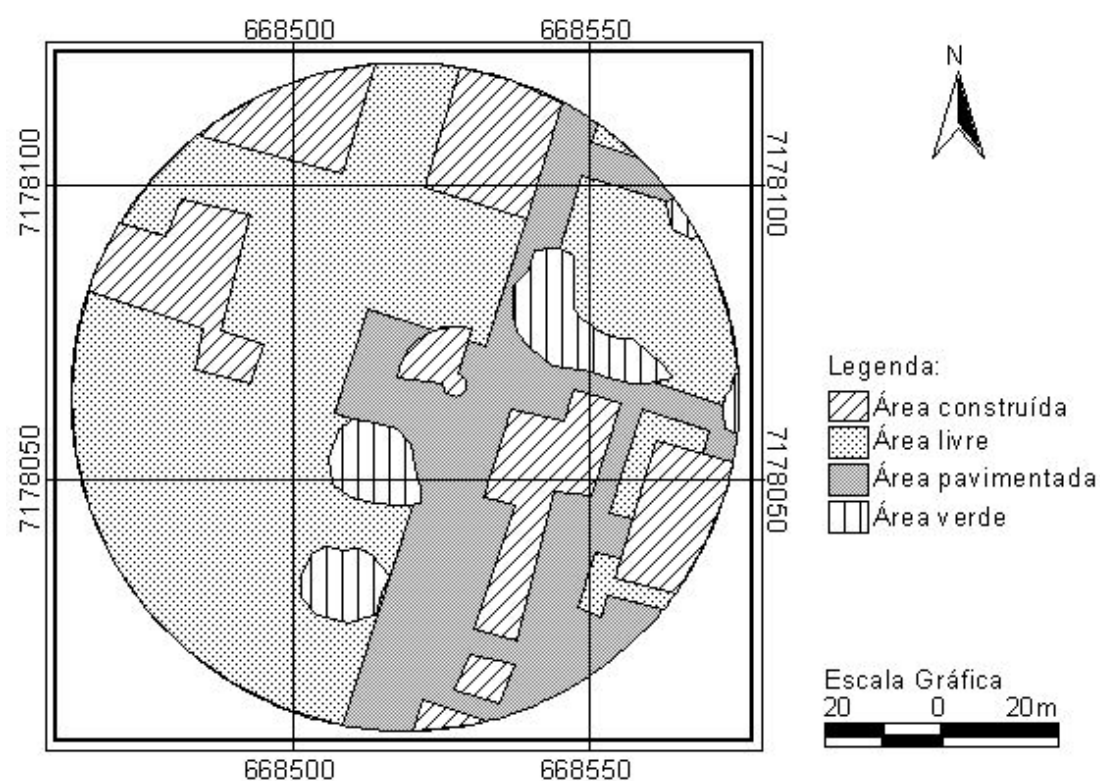
FIGURA 80 – CIDADE INDUSTRIAL: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 81 – CIDADE INDUSTRIAL: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

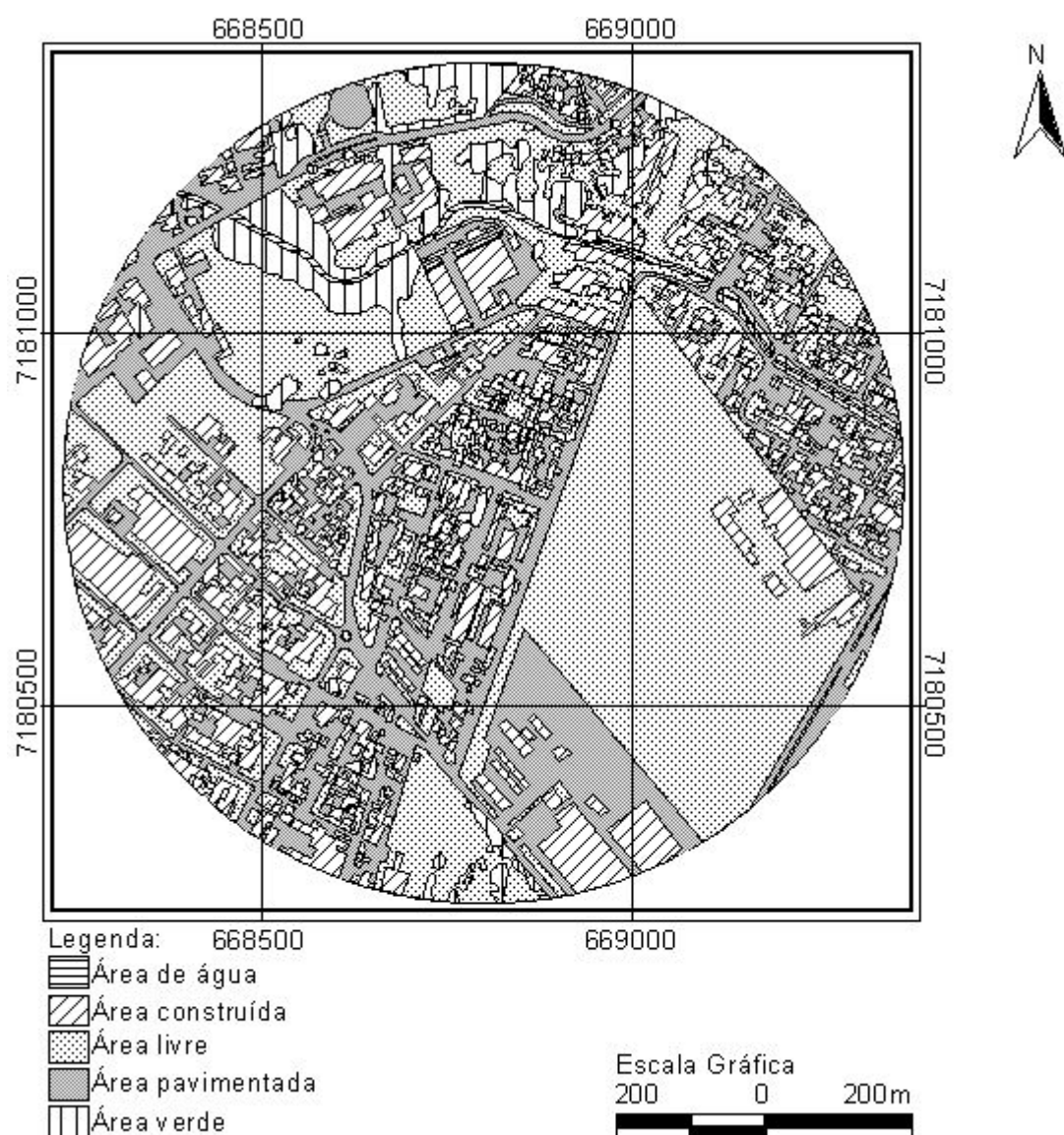
FIGURA 82 – FAZENDINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

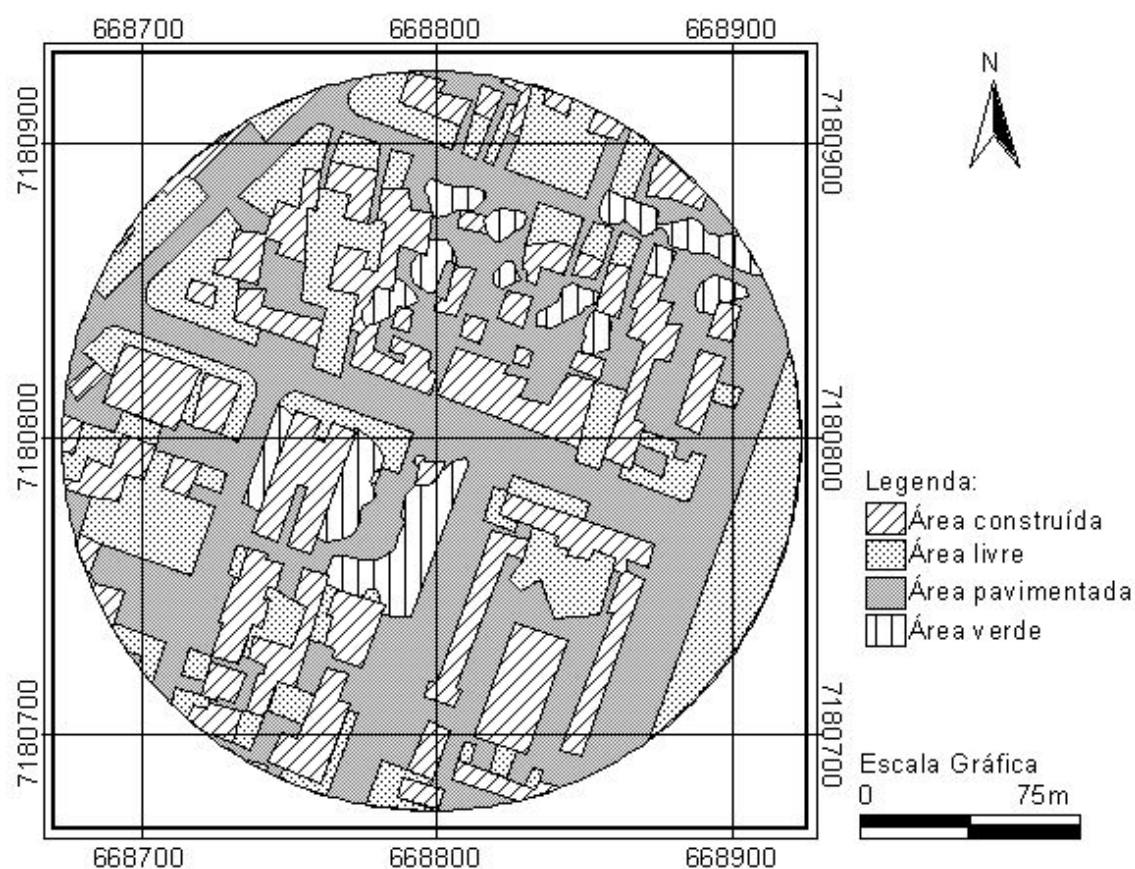
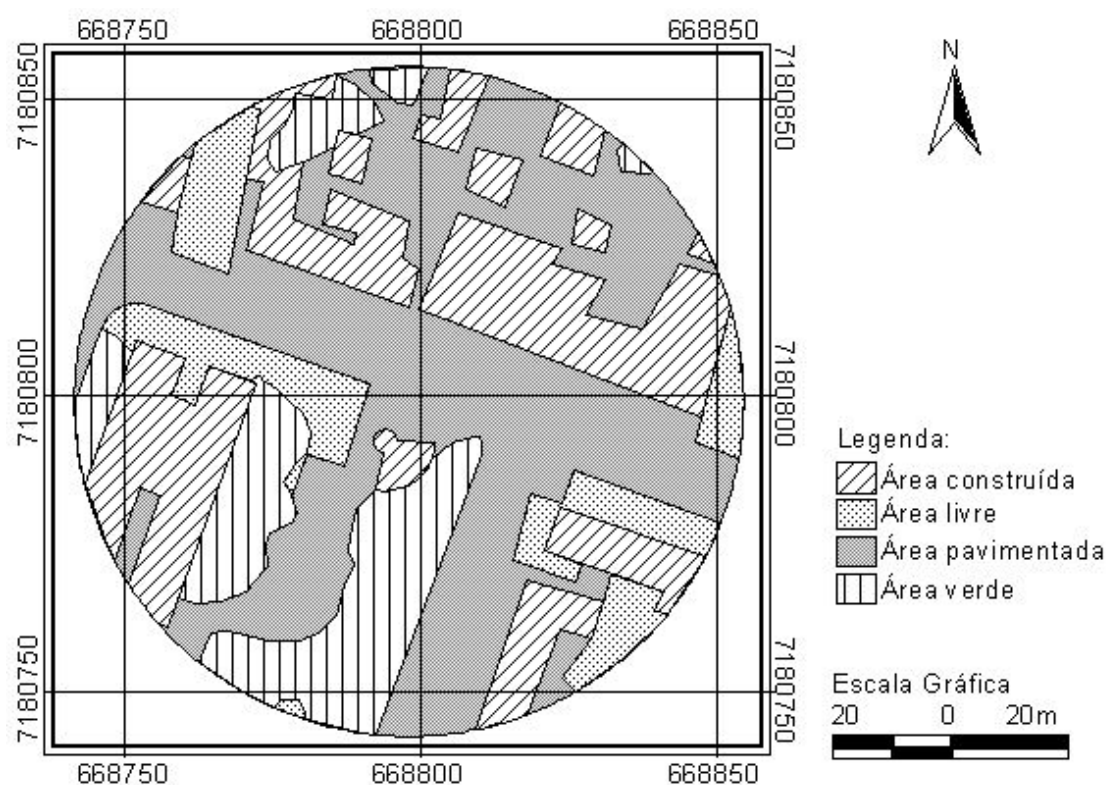
FIGURA 83 – FAZENDINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 84 – FAZENDINHA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

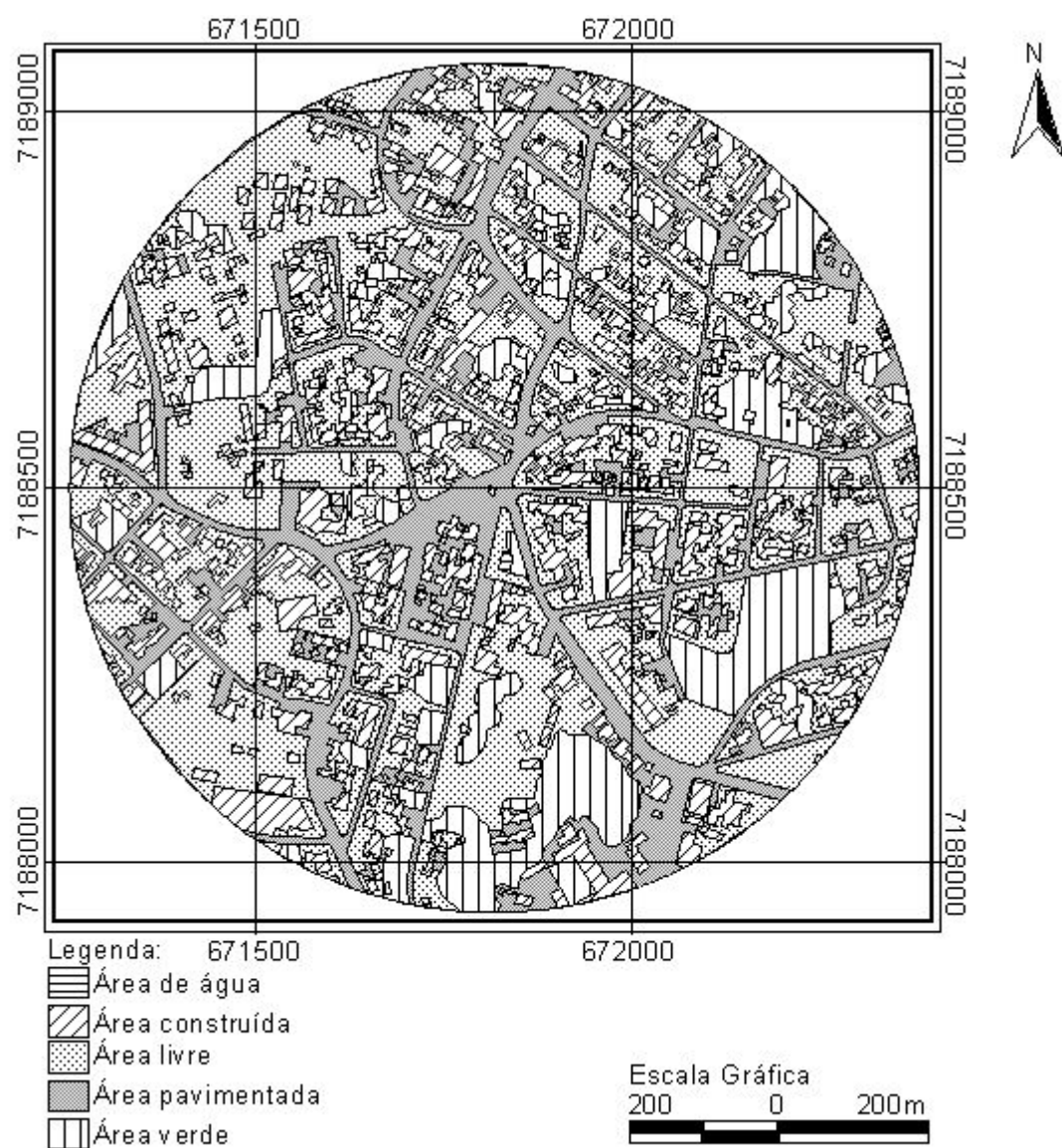
FIGURA 85 – MERCÊS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

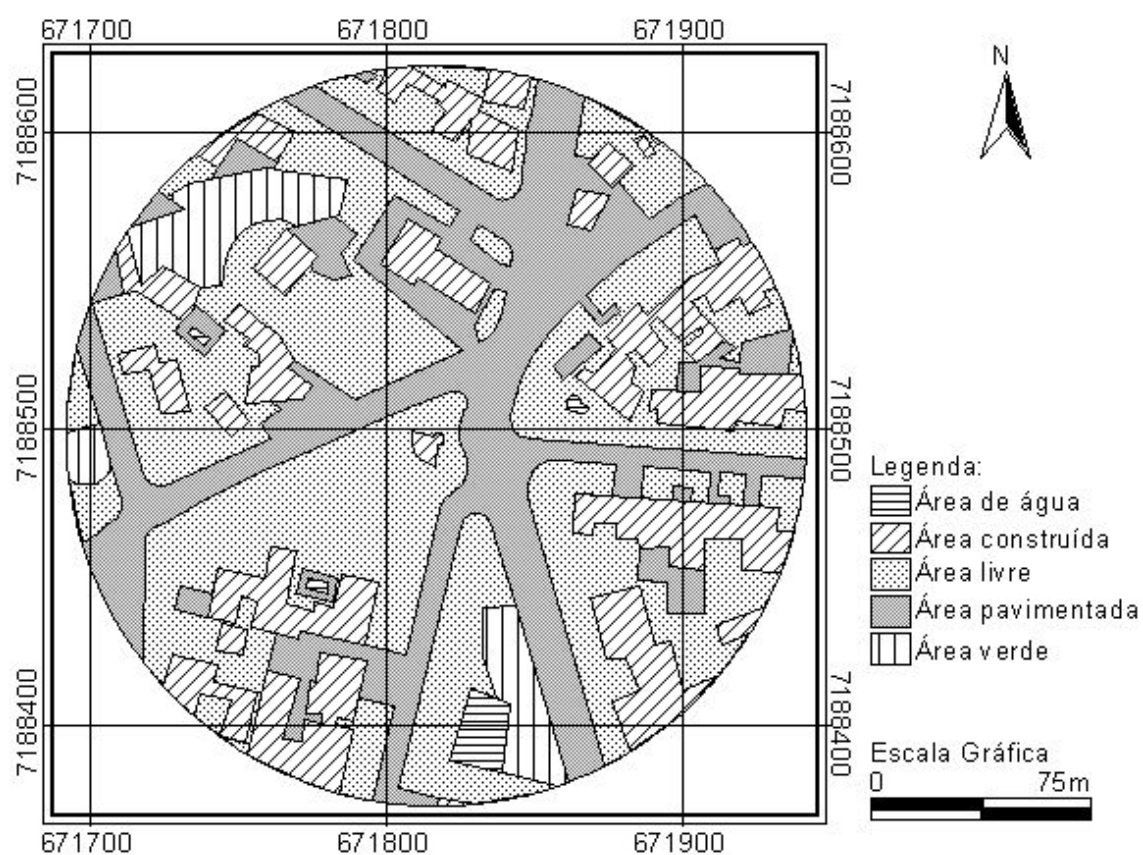
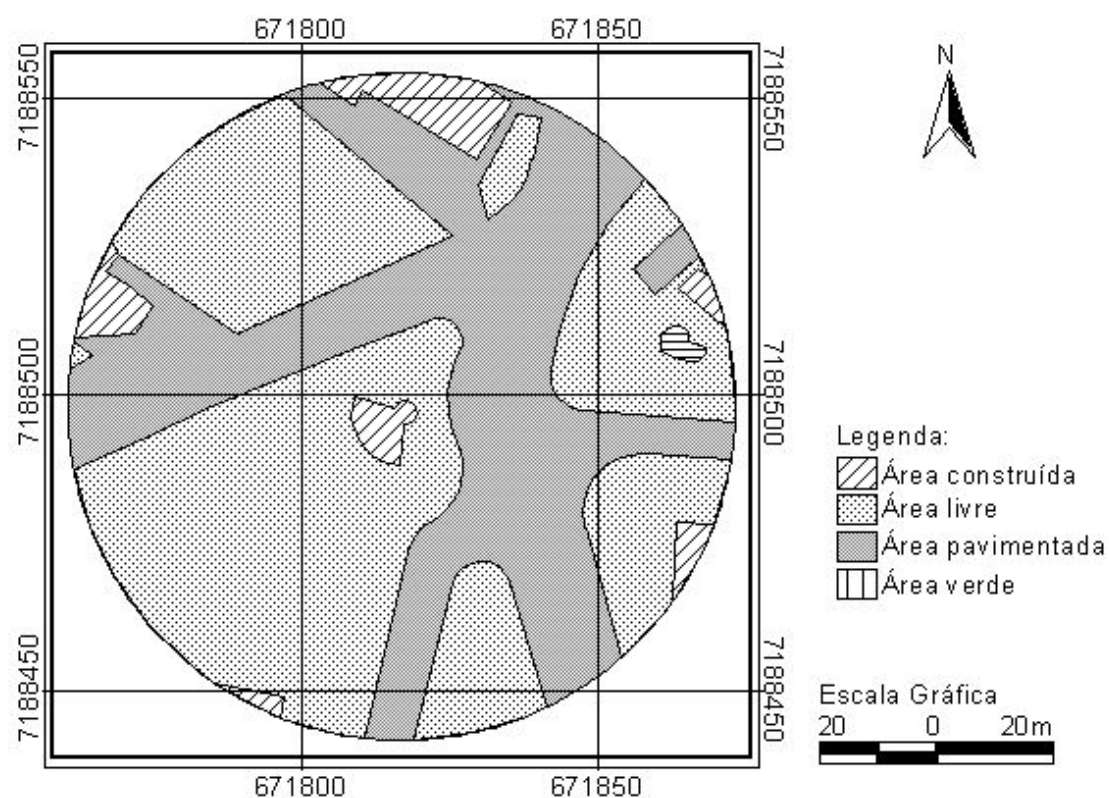
FIGURA 86 – MERCÊS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 87 – MERCÊS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

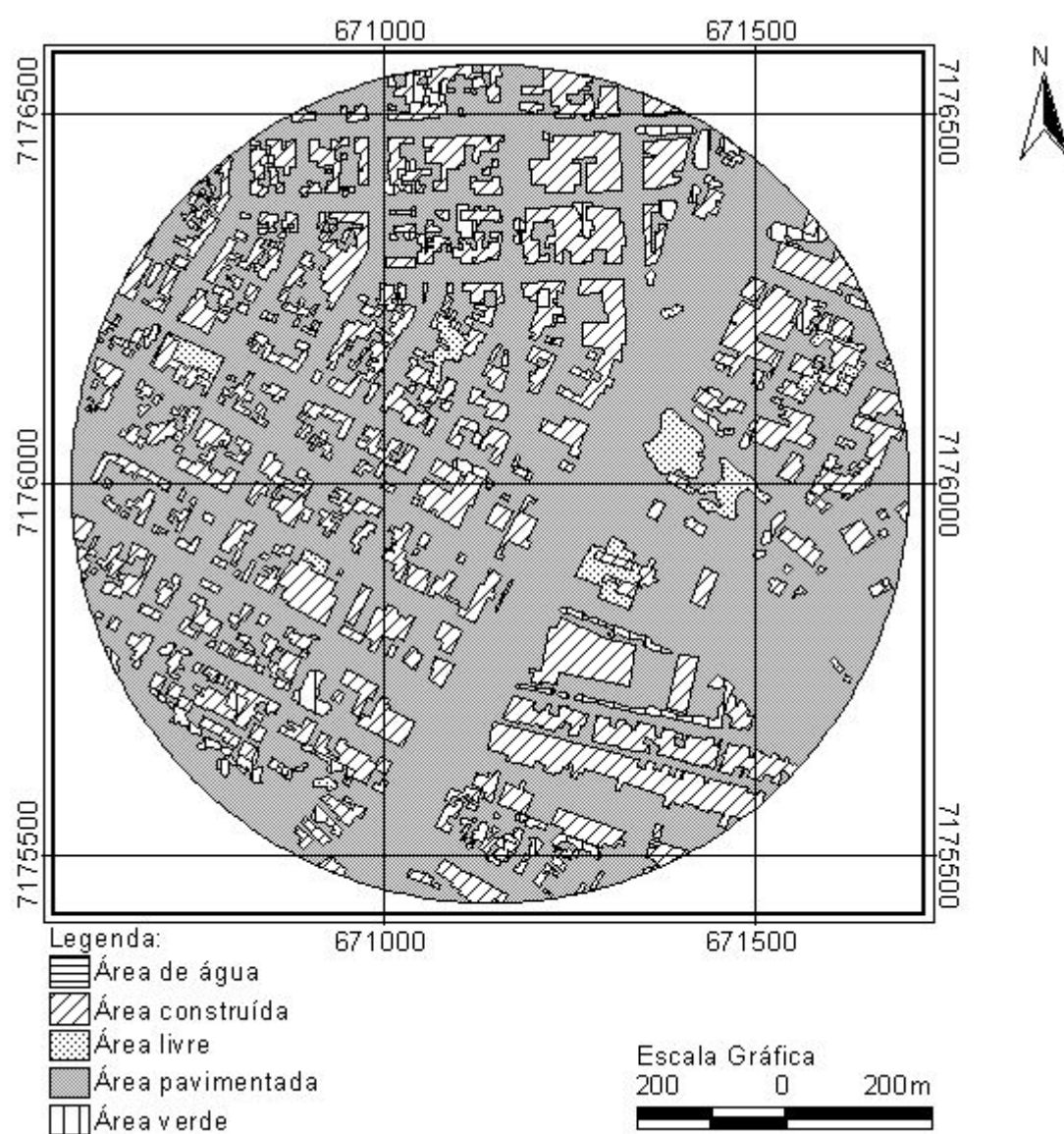
FIGURA 88 – PINHEIRINHO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

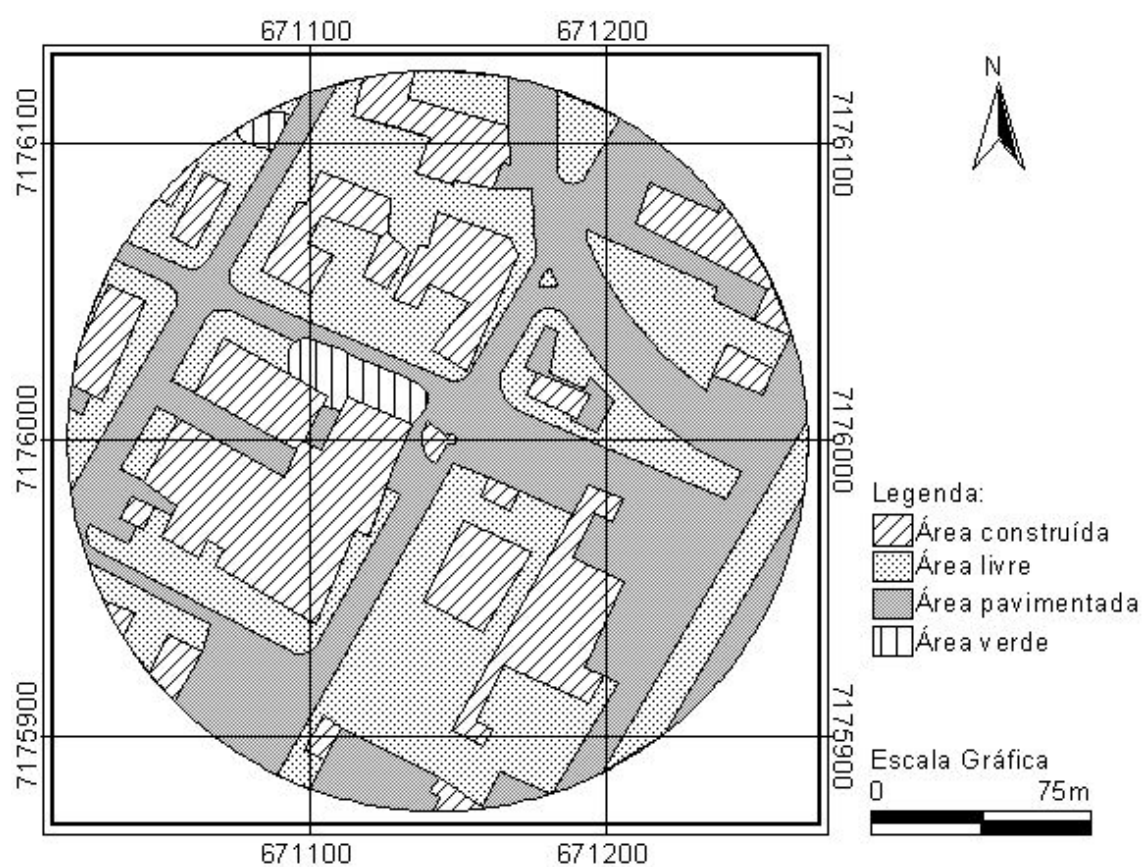
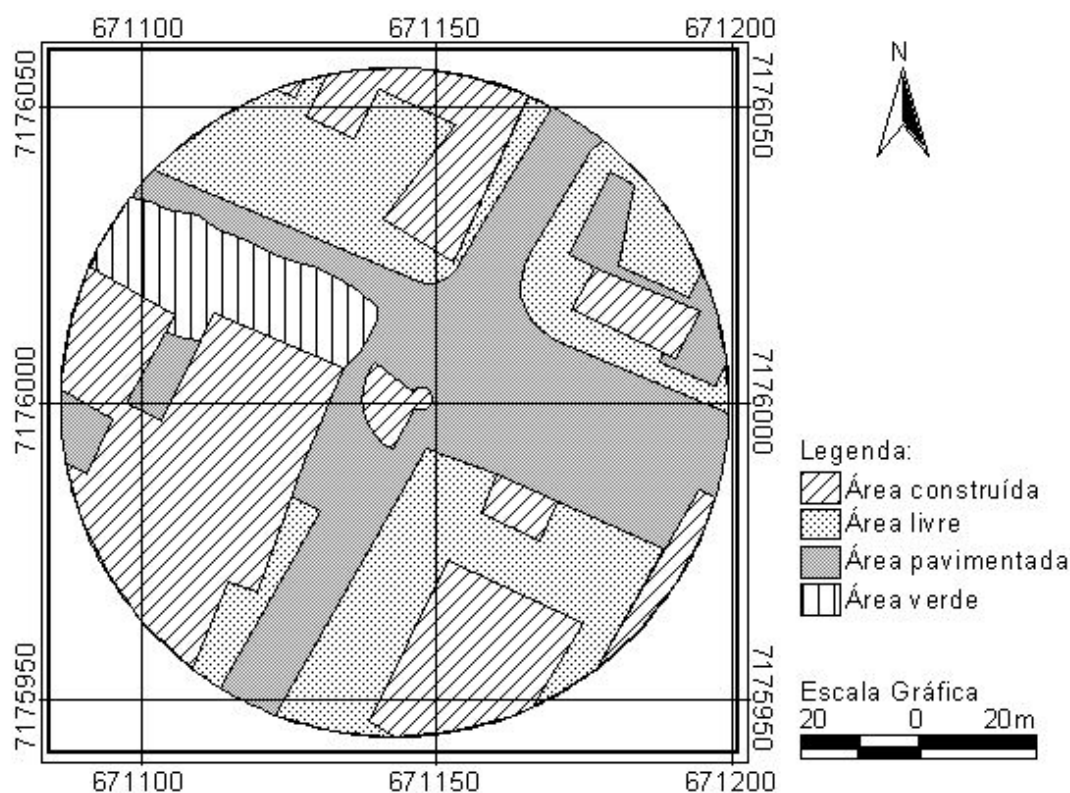
FIGURA 89 – PINHEIRINHO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 90 – PINHEIRINHO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

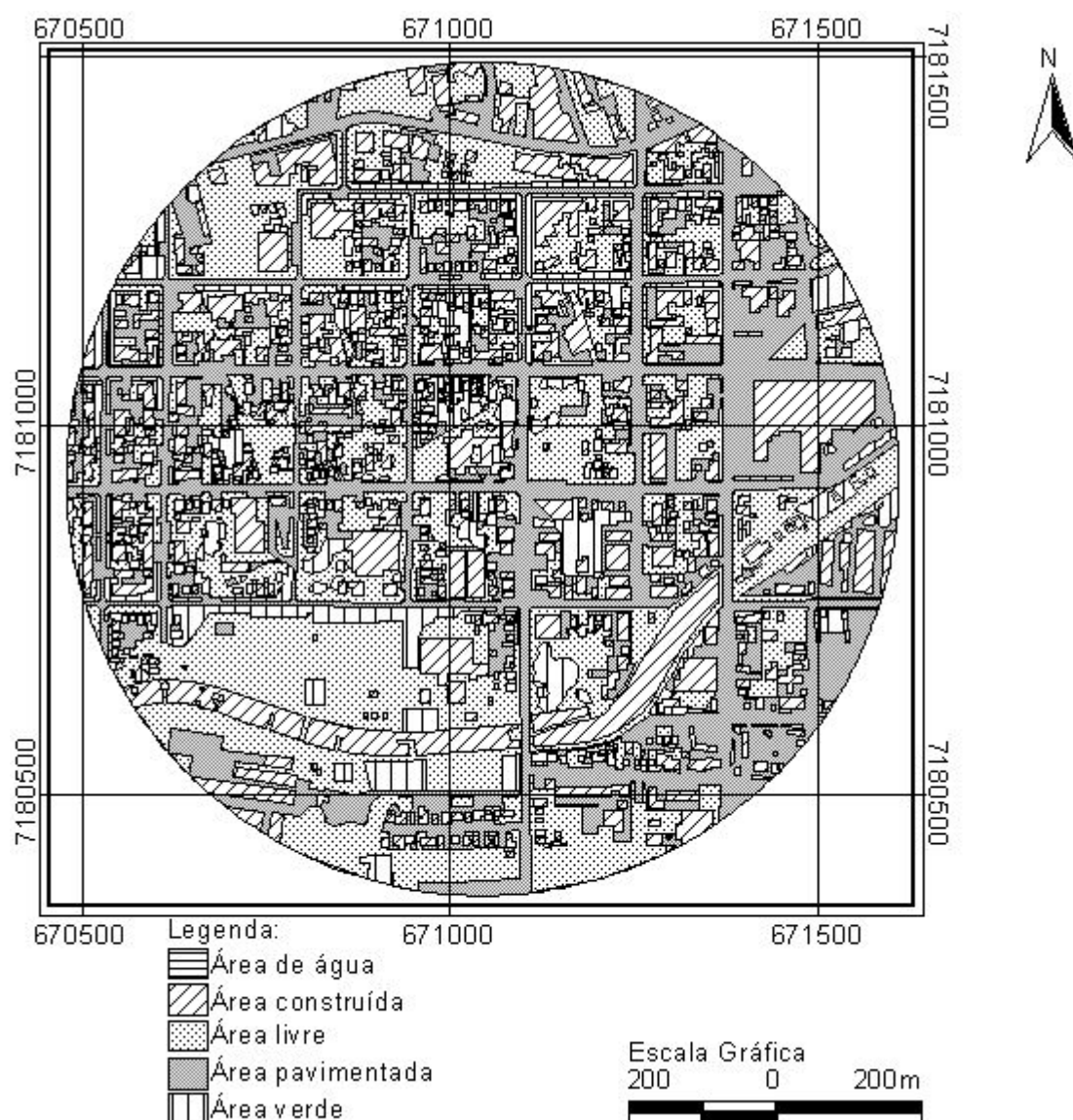
FIGURA 91 – PORTÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

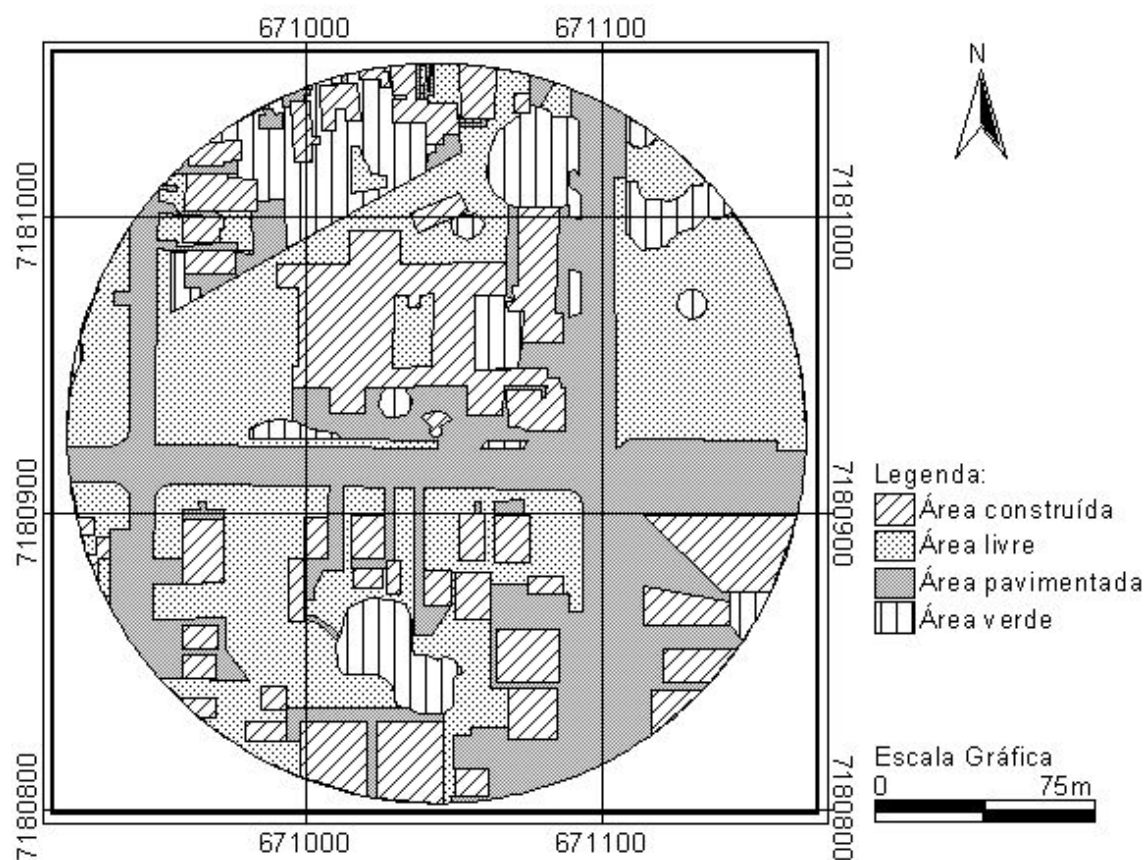
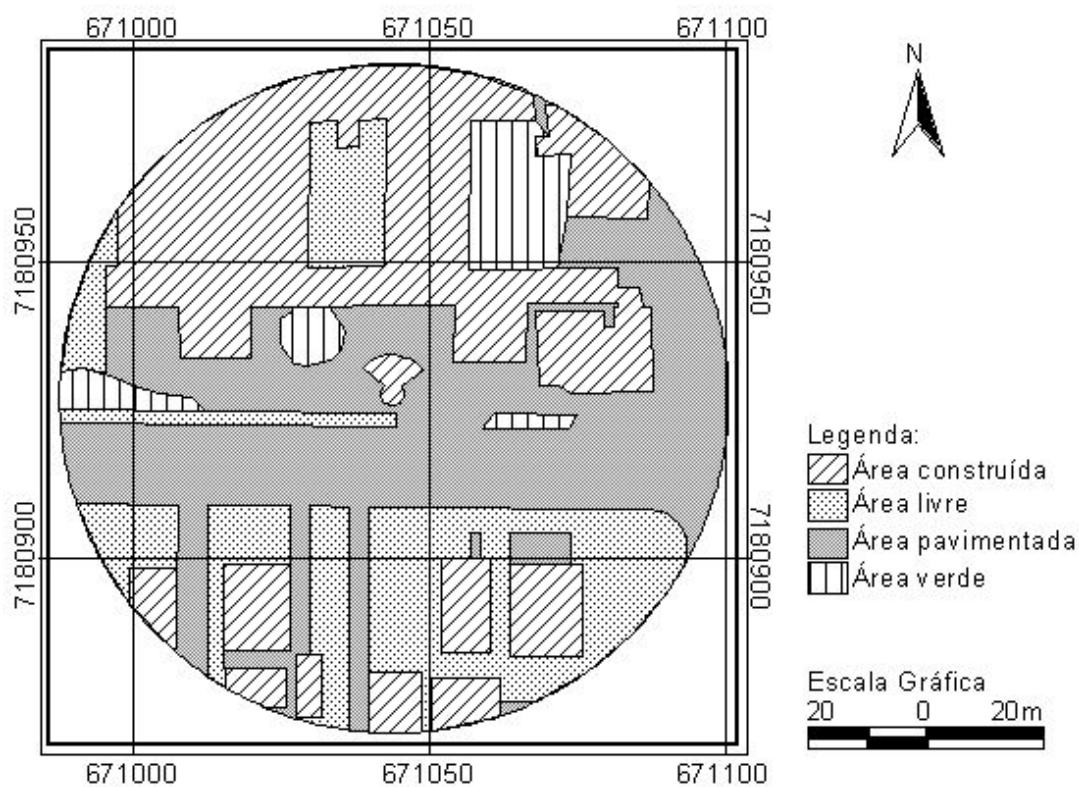
FIGURA 92 – PORTÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 93 – PORTÃO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

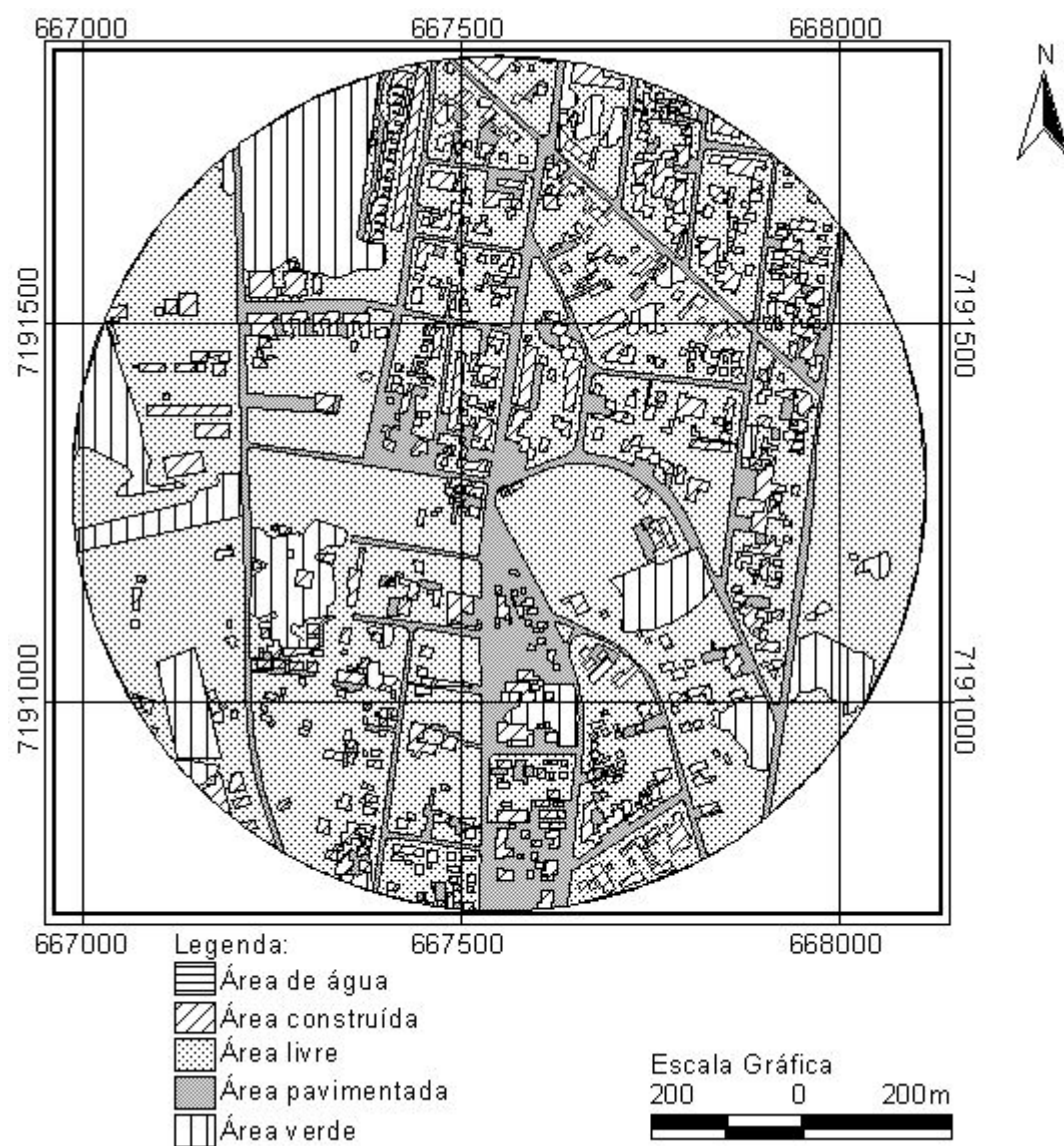
FIGURA 94 – SANTA FELICIDADE: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

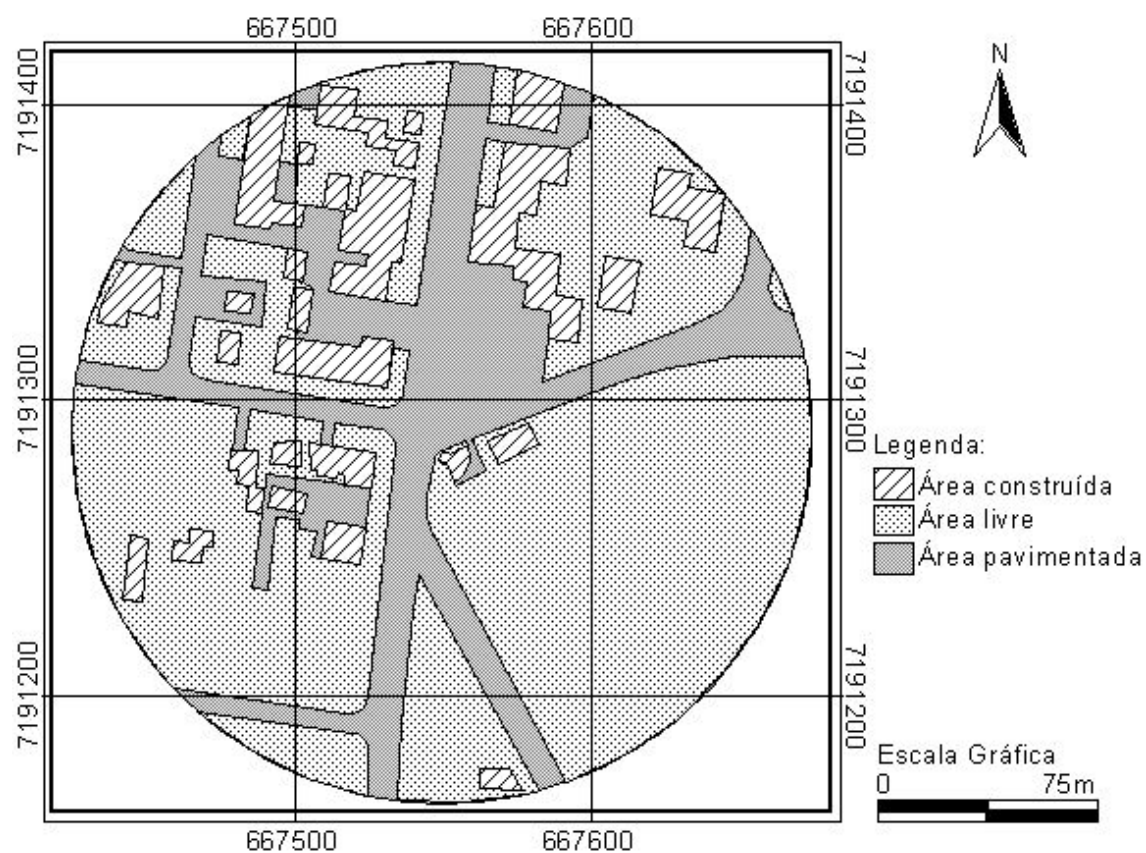
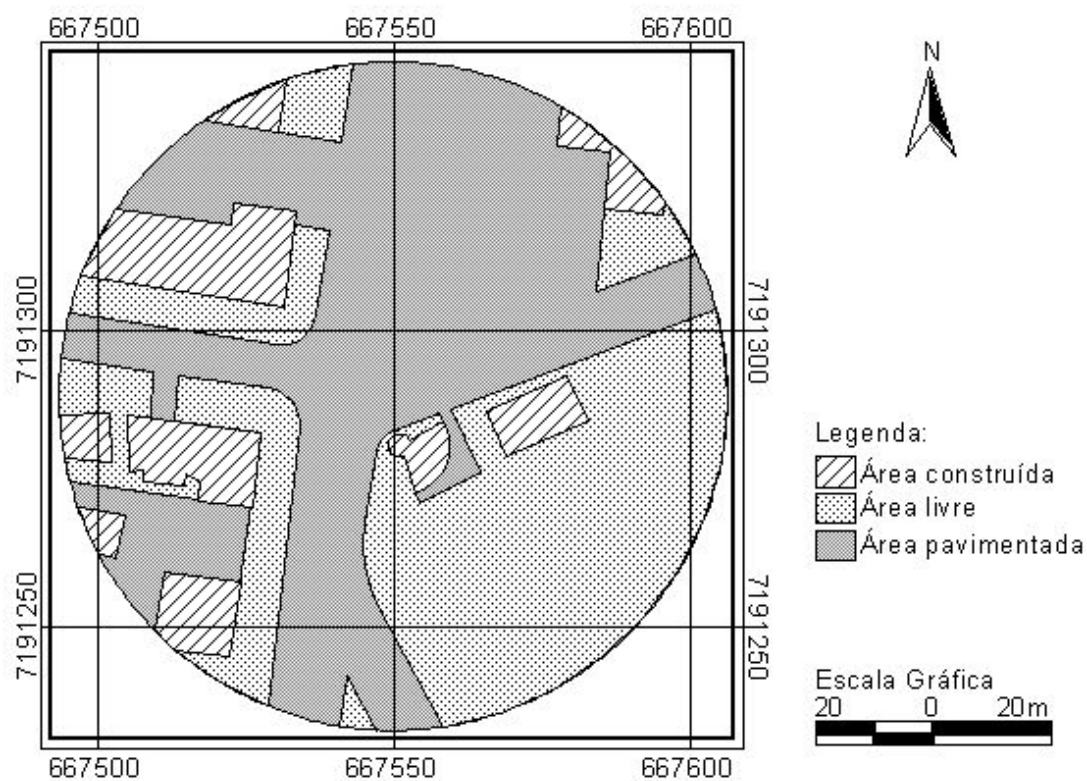
FIGURA 95 – SANTA FELICIDADE: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 96 – SANTA FELICIDADE: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

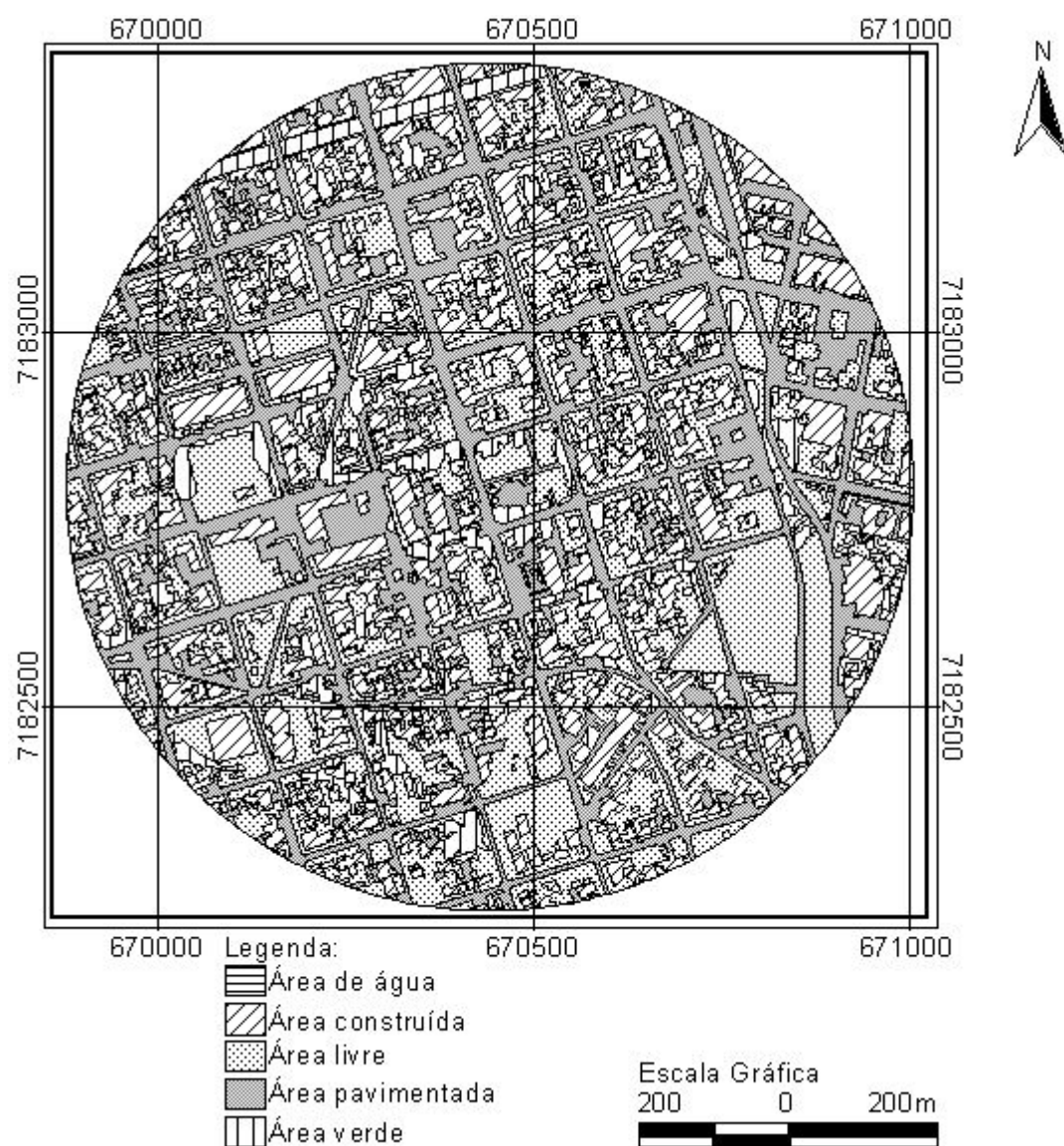
FIGURA 97 – SANTA QUITÉRIA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

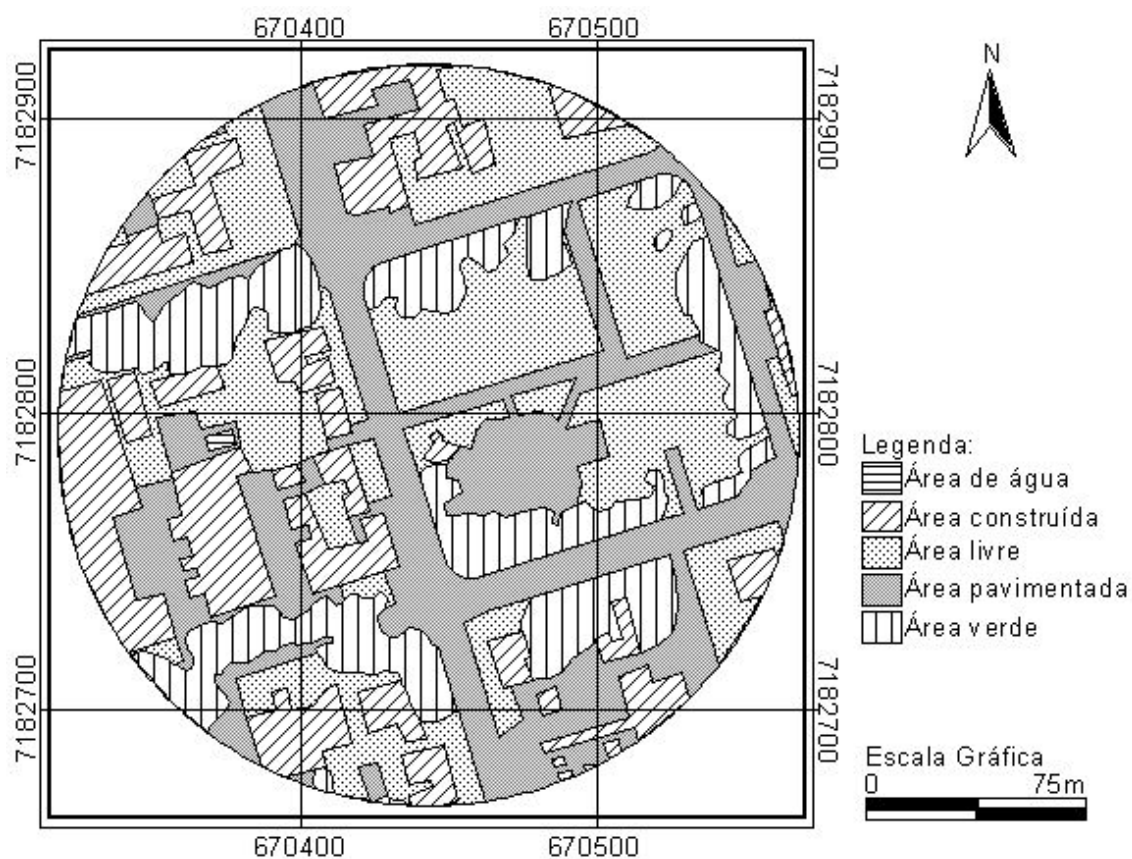
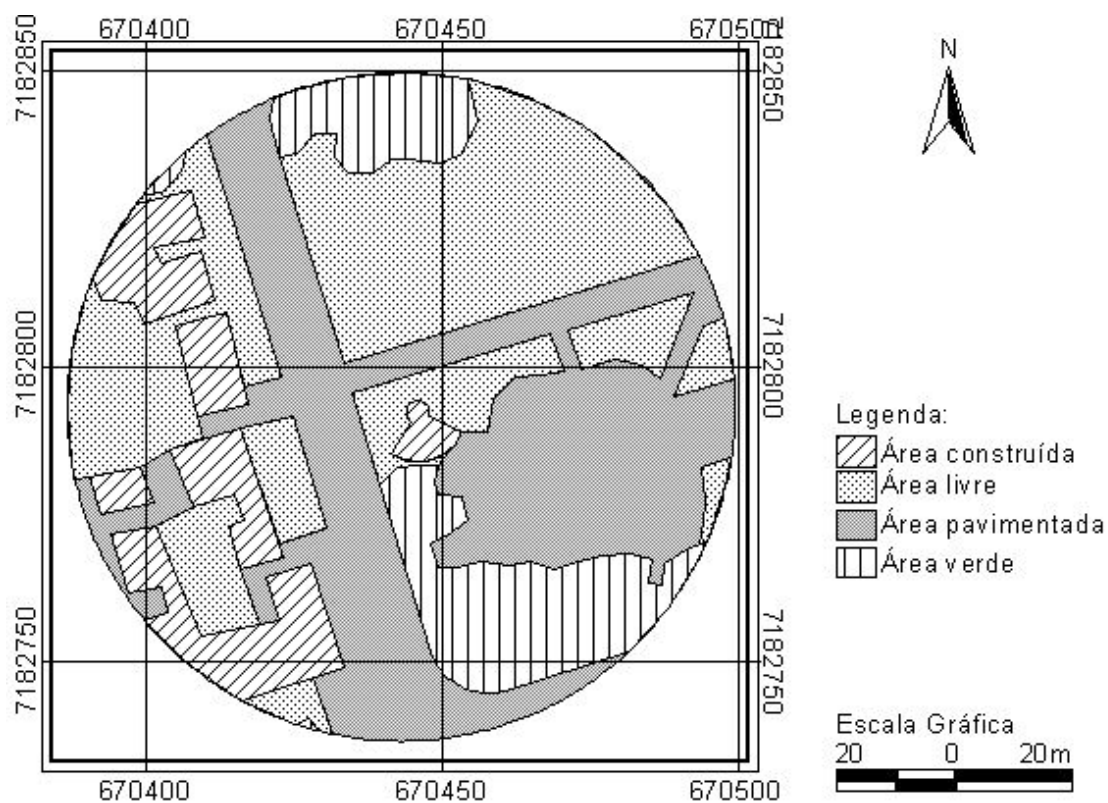
FIGURA 98 – SANTA QUITÉRIA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 99 – SANTA QUITÉRIA: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

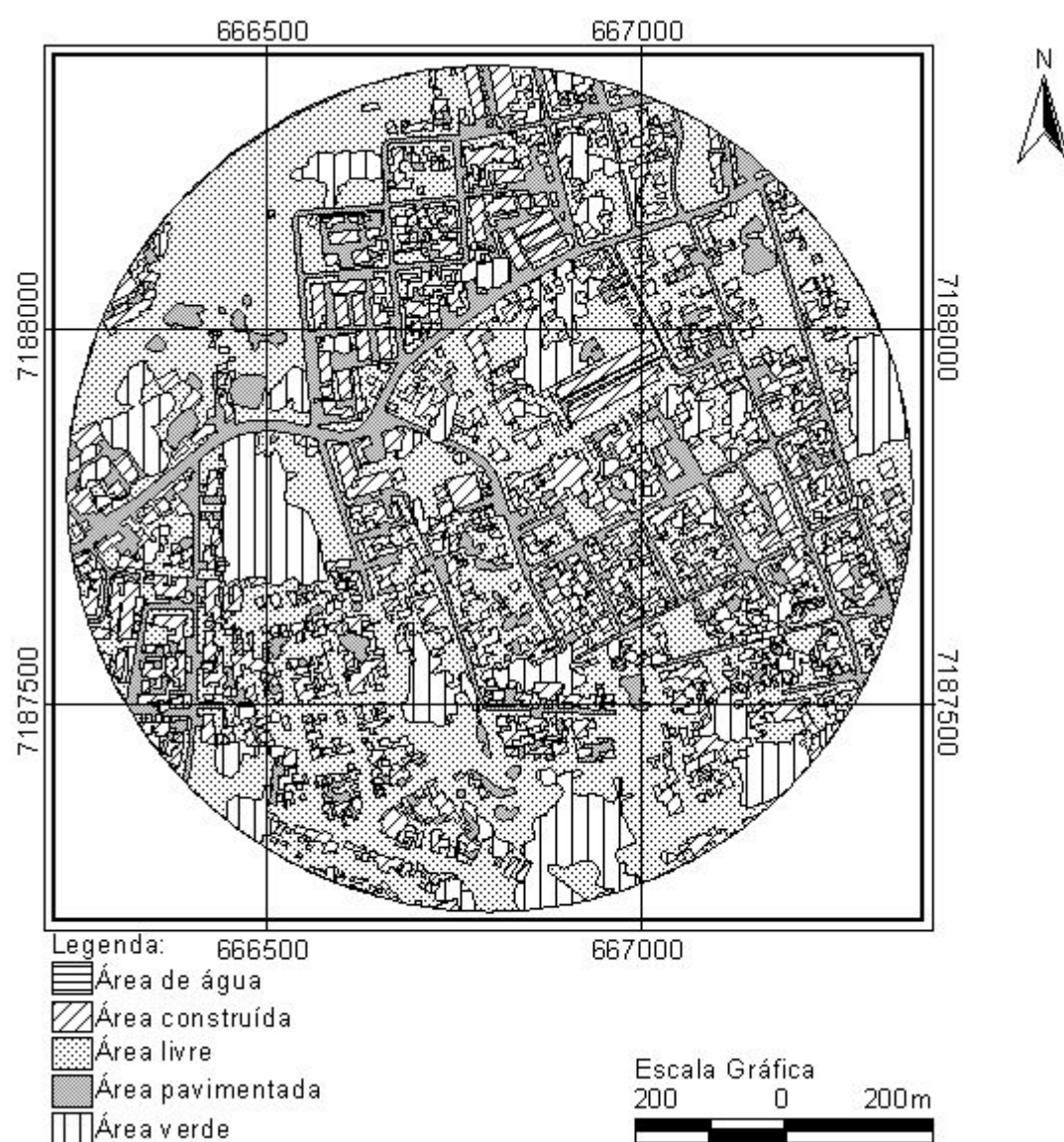
FIGURA 100 – SÃO BRÁS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

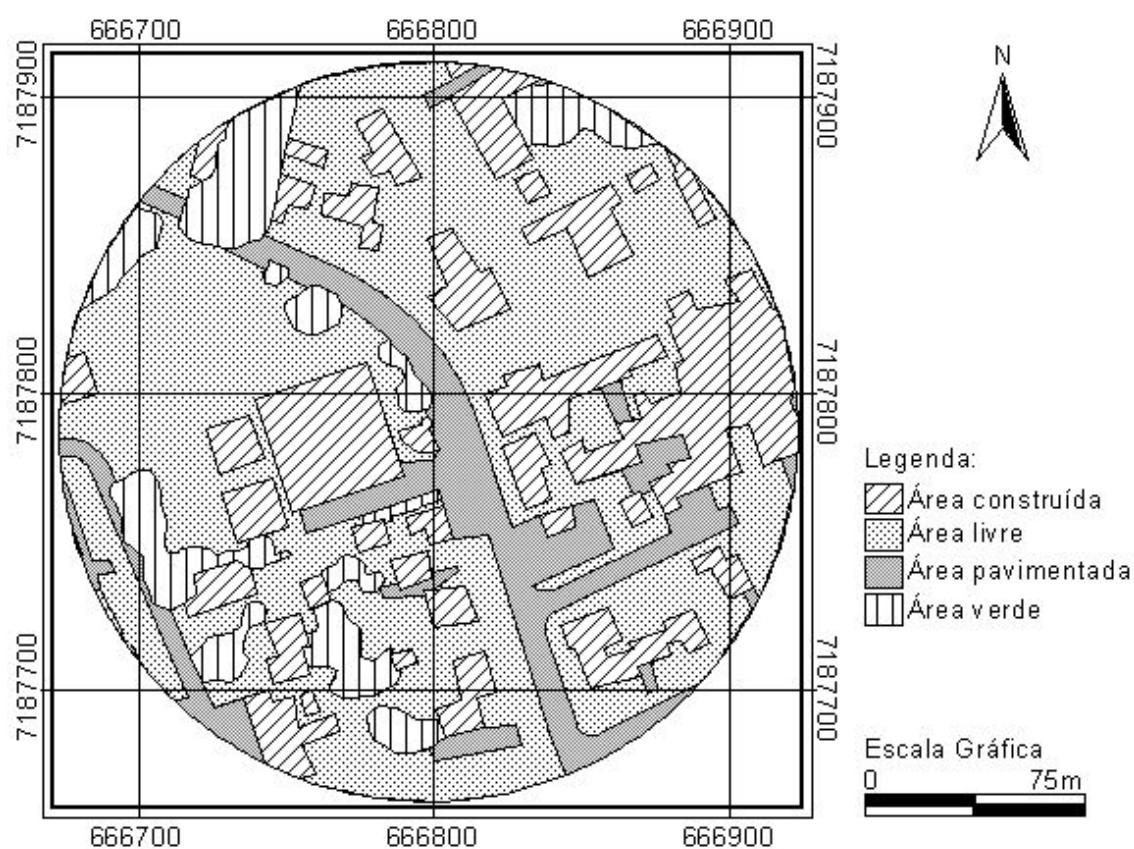
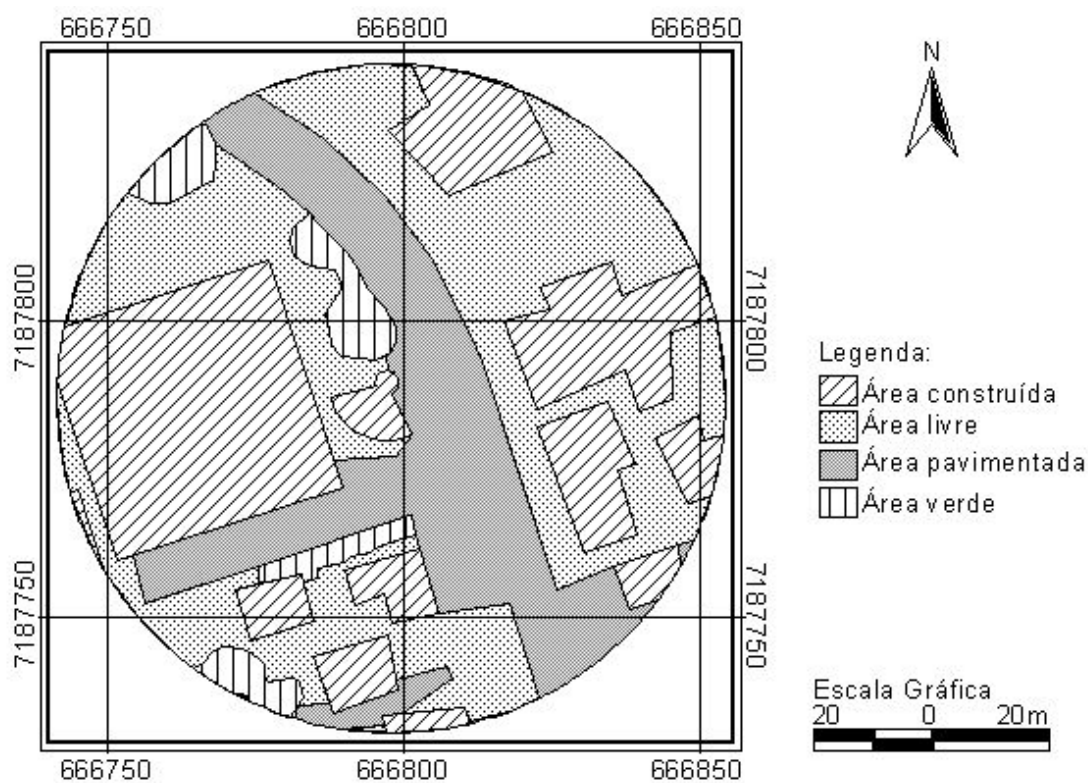
FIGURA 101 – SÃO BRÁS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 102 – SÃO BRÁS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

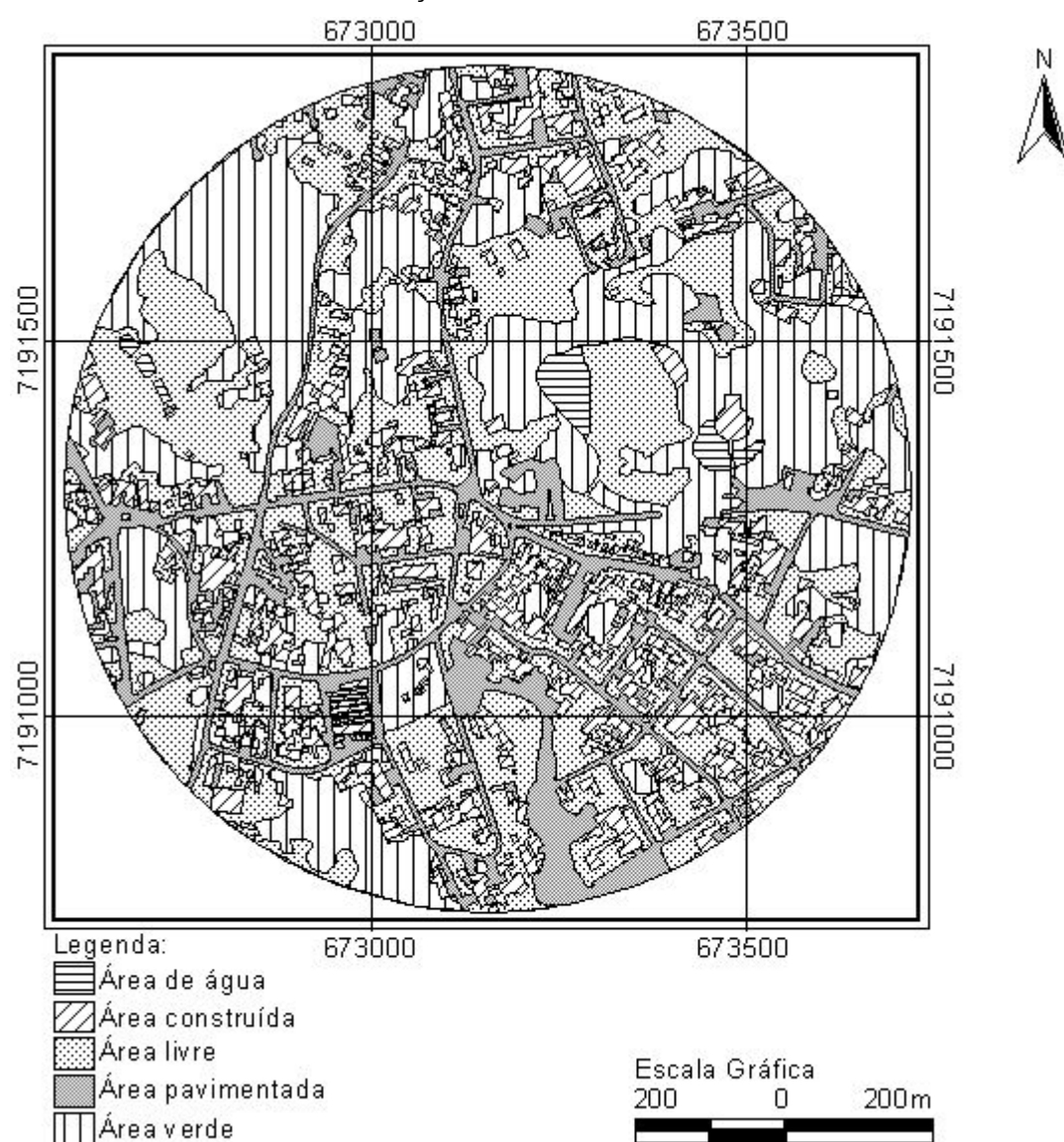
FIGURA 103 – SÃO LOURENÇO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

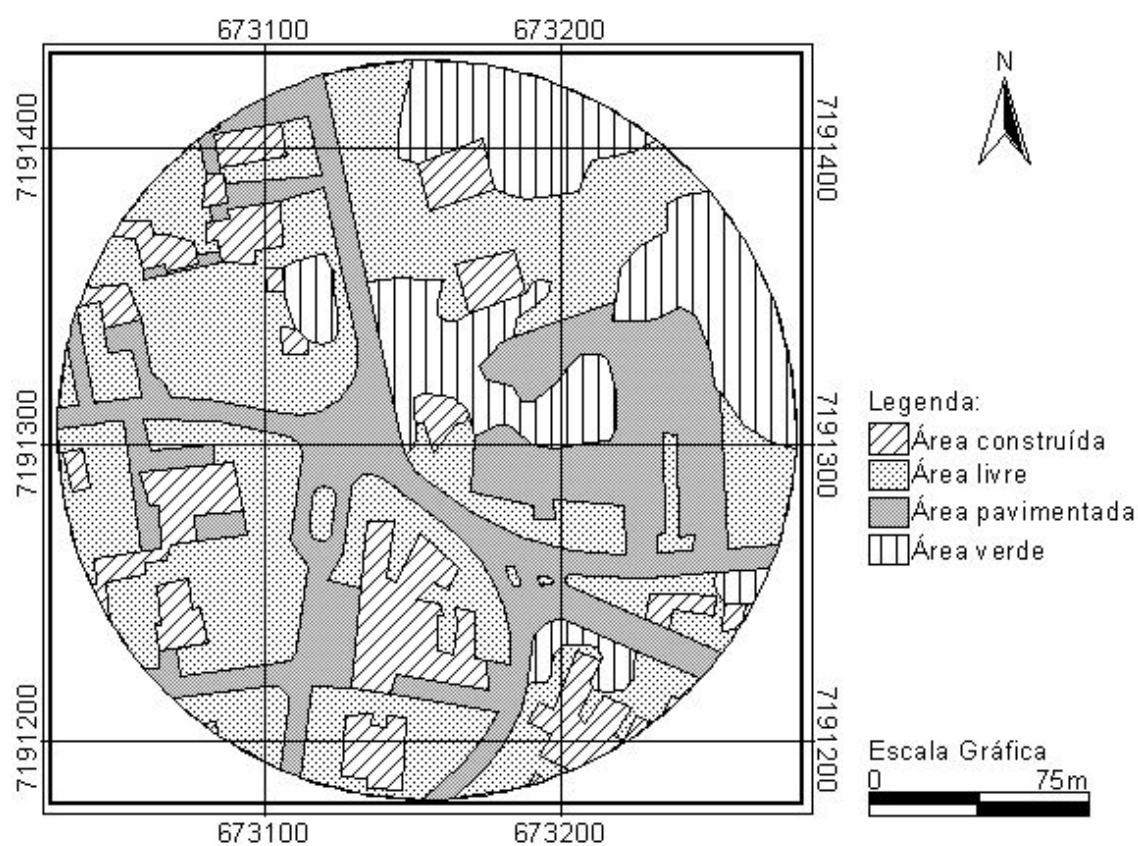
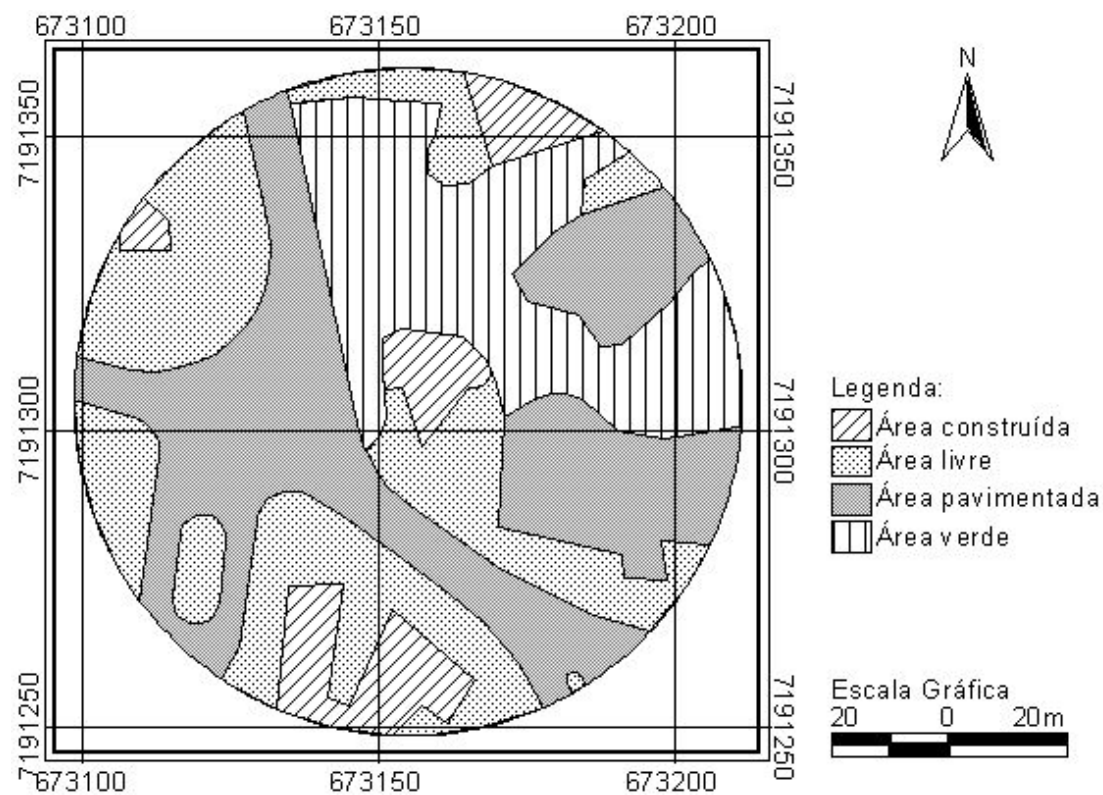
FIGURA 104 – SÃO LOURENÇO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 105 – SÃO LOURENÇO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

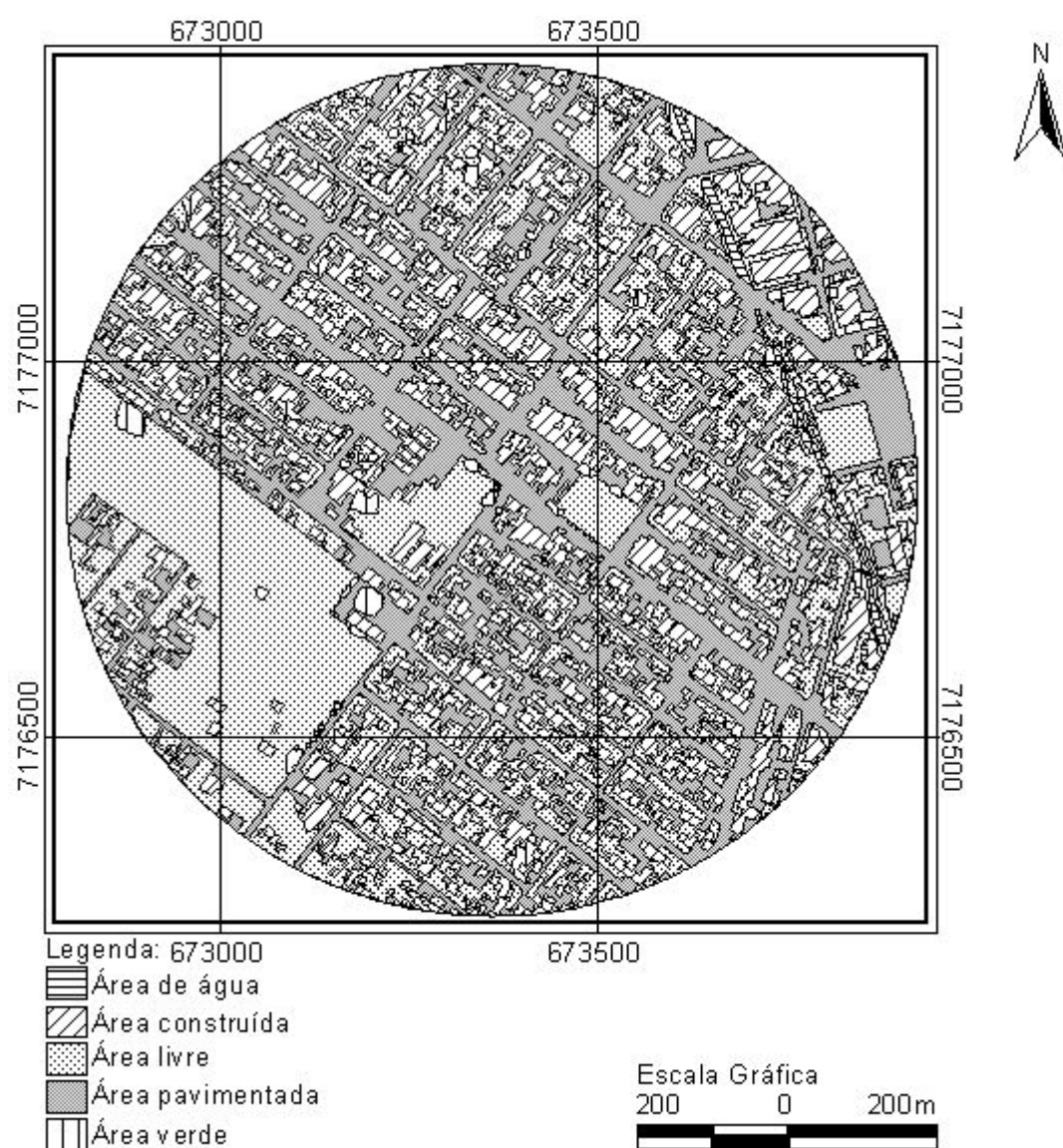
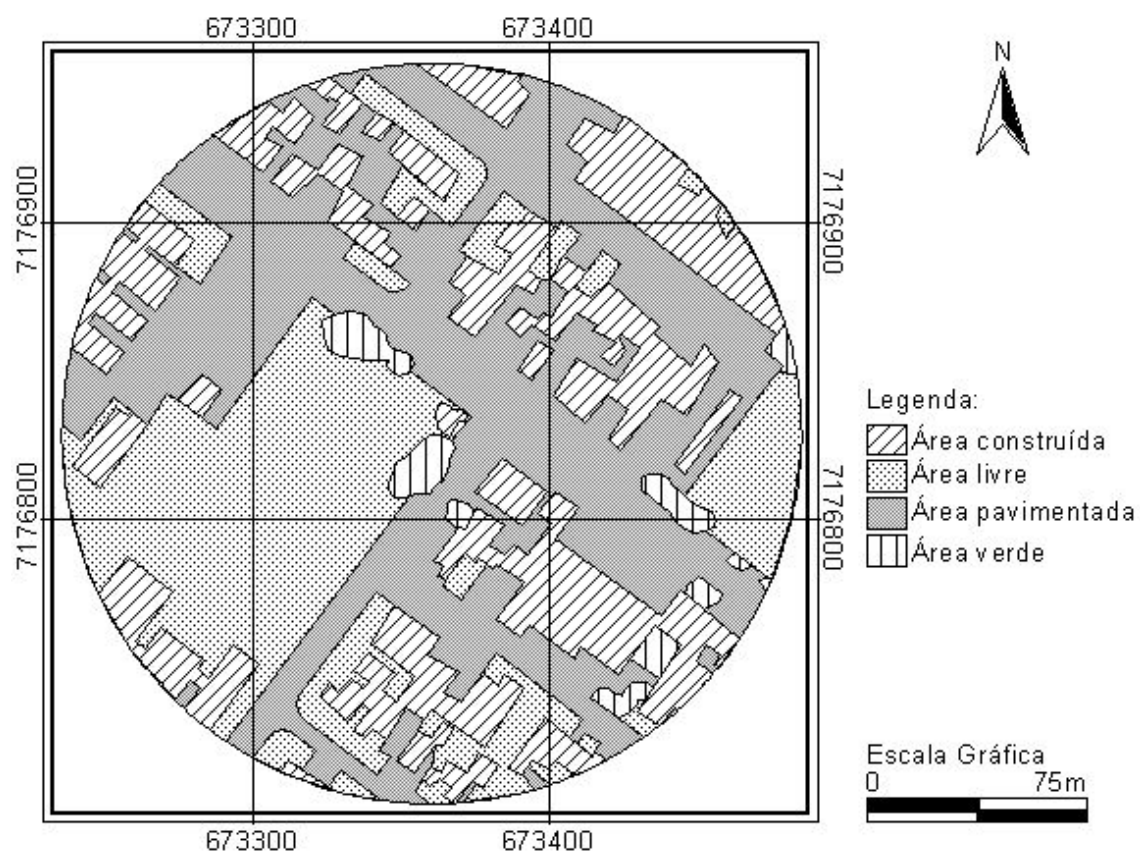
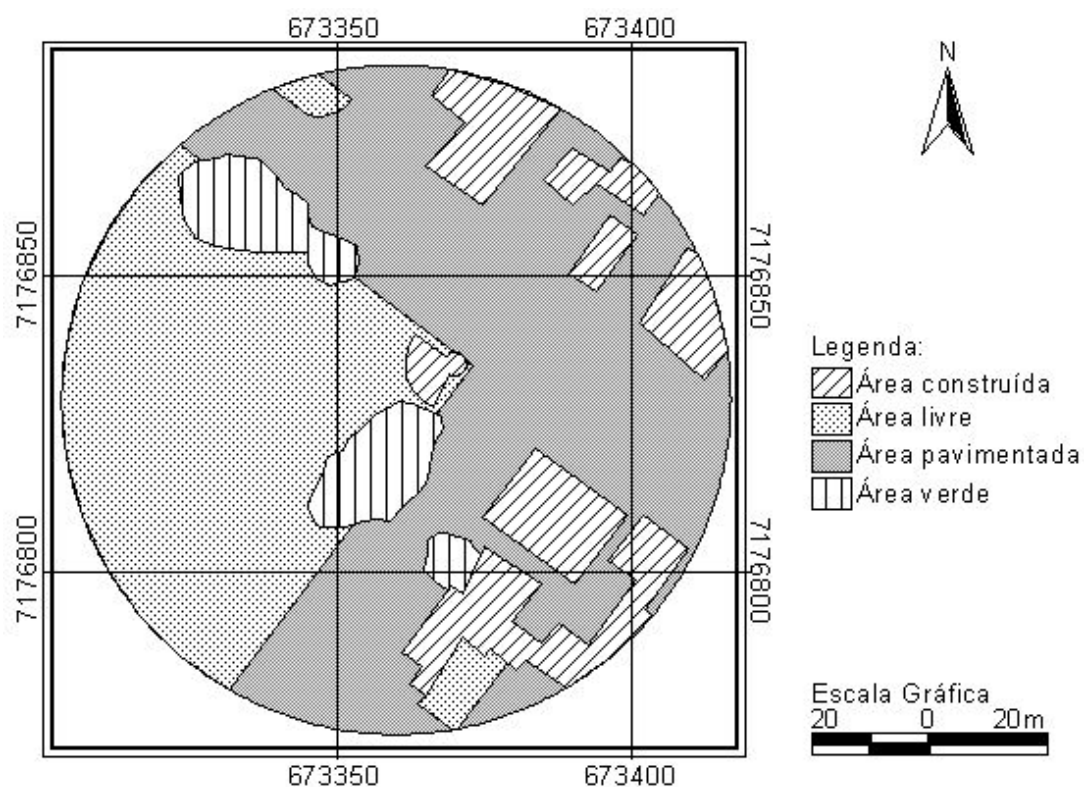
FIGURA 106 – XAXIM: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

FIGURA 107 – XAXIM: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 49.000M²FIGURA 108 – XAXIM: ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 10.000M²

APÊNDICE D – EXEMPLO DE GRÁFICOS DA REGRESSÃO LINEAR

FIGURA 109 – EQUAÇÕES DA RETA PARA ÁREA PAVIMENTADA E DELTA T MÍNIMO, ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²

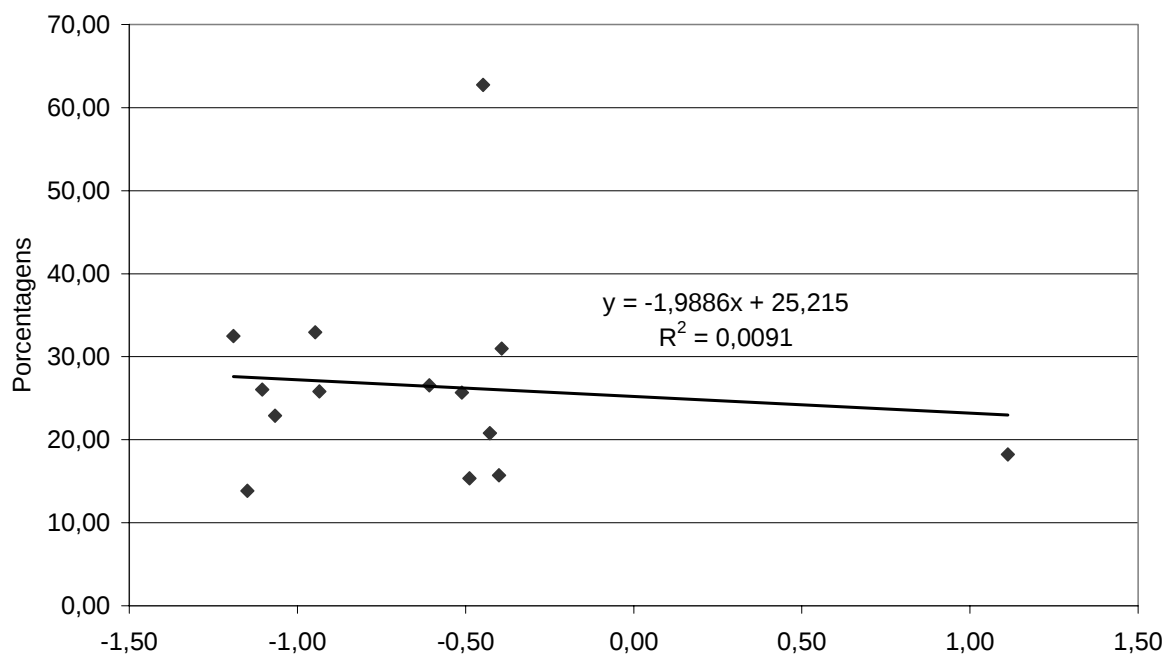
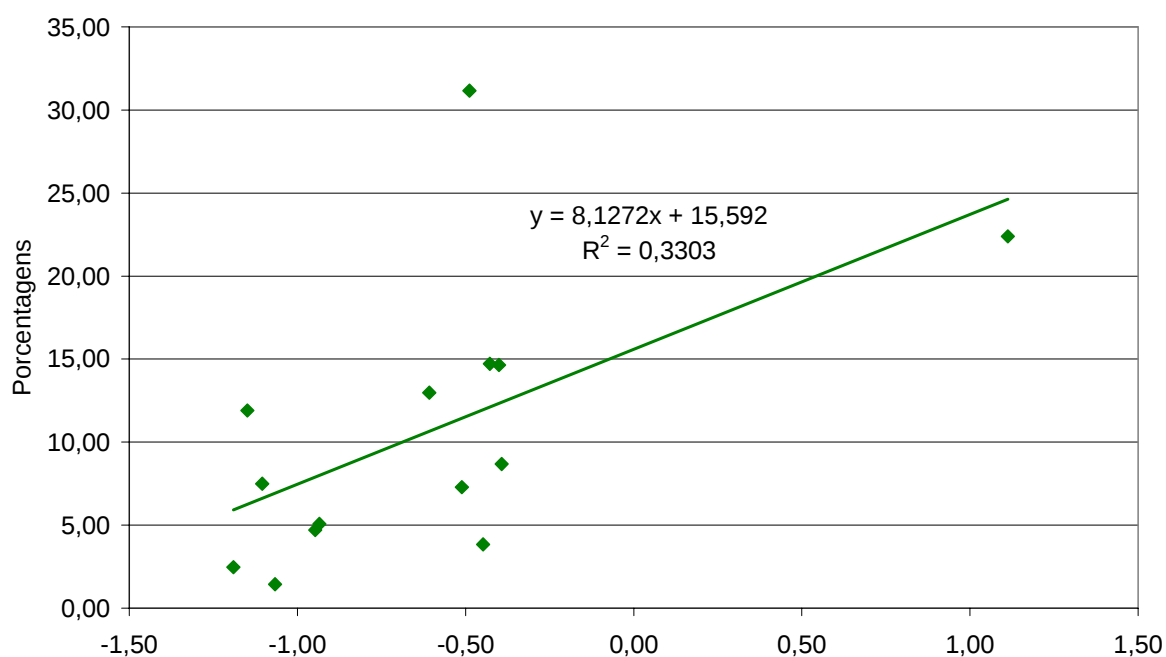


FIGURA 110 – EQUAÇÕES DA RETA PARA ÁREA VERDE E DELTA T MÍNIMO, ÁREA DE INFLUÊNCIA DE 1KM²



APÊNDICE E – ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA AS LOCALIDADES MONITORADAS

TABELA 45 – ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA AS LOCALIDADES MONITORADAS EM 2002

Estratégias Bioclimáticas		Bairro Alto	Cajuru	Fazendinha	Portão	Santa Felicidade	São Brás	São Lourenço
Calor	Ventilação	4,02%	0,00%	0,144%	1,15%	0,431%	0,287%	0,575%
	Massa p/ Resfriamento	2,44%	0,00%	0,00%	1,15%	0,431%	0,287%	0,575%
	Resfriamento Evaporativo	2,44%	0,287%	0,00%	1,15%	0,575%	0,287%	1,01%
	Ar Condicionado	0,431%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Frio	Massa Termica Aquecimento Solar	22,10%	21,70%	23,90%	24,40%	23,40%	25,00%	24,90%
	Aquecimento Solar Passivo	23,60%	27,20%	22,80%	25,10%	20,70%	20,80%	22,40%
	Aquecimento Artificial	29,90%	33,80%	30,70%	27,00%	32,80%	32,00%	31,20%
	Umidificação	0,144%	0,287%	0,287%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

TABELA 46 – ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA AS LOCALIDADES MONITORADAS EM 2003

Estratégias Bioclimáticas		Alto Boqueirão	Barreirinha	Campo Comprido	Cidade Industrial	Mercês	Pinheirinho	Santa Quitéria	Xaxim
Calor	Ventilação	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Massa p/ Resfriamento	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Resfriamento Evaporativo	0,00	0,926%	0,926%	0,00%	0,463%	0,00%	0,00%	0,00%
	Ar Condicionado	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Frio	Massa Termica Aquecimento Solar	0,14	14,40%	14,80%	14,80%	15,70%	14,80%	16,20%	17,10%
	Aquecimento Solar Passivo	0,28	34,70%	32,40%	31,00%	33,30%	33,30%	30,60%	29,60%
	Aquecimento Artificial	0,21	20,80%	19,90%	24,10%	16,70%	19,00%	19,00%	25,90%
	Umidificação	0,00	0,463%	0,463%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

APÊNDICE F – TESTE DE MONITORAMENTO

FIGURA 111 – TEMPERATURAS HORÁRIAS ENTRE OS EQUIPAMENTOS REVESTIDOS COM ALUMÍNIO E SEM ALUMÍNIO

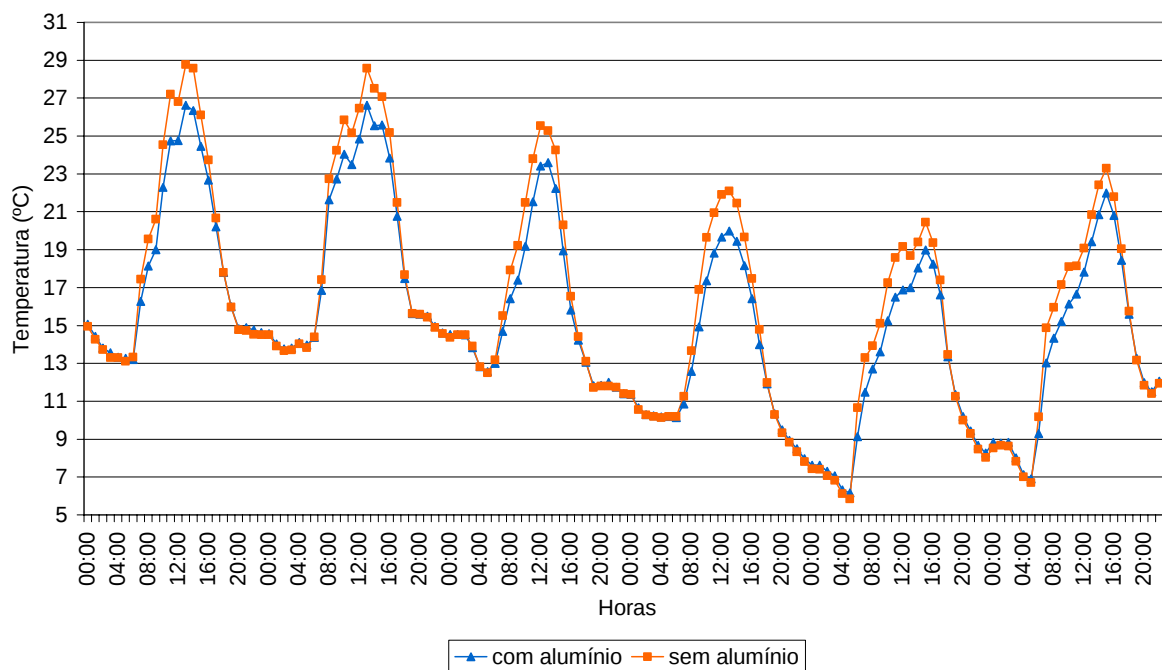


FIGURA 112 – DIFERENÇAS DE TEMPERATURAS HORÁRIAS ENTRE OS EQUIPAMENTOS REVESTIDOS COM ALUMÍNIO E SEM ALUMÍNIO

