



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**

**INVESTIGAÇÃO MULTITEMPORAL DE ILHAS DE CALOR E DE
FRESCOR EM MARINGÁ, PARANÁ, UTILIZANDO IMAGENS DO
SATÉLITE LANDSAT 5 – 2000 A 2010.**

Paulo José Moraes Monteiro e Teixeira Germano

Orientador: Prof. Dr. Bruno Luiz Domingos De Angelis

Maringá, Fevereiro/2012



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**

**INVESTIGAÇÃO MULTITEMPORAL DE ILHAS DE CALOR E DE
FRESCOR EM MARINGÁ, PARANÁ, UTILIZANDO IMAGENS DO
SATÉLITE LANDSAT 5 – 2000 A 2010.**

Paulo José Moraes Monteiro e Teixeira Germano

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Urbana da Universidade
Estadual de Maringá como requisito
parcial para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Urbana.

Maringá, Fevereiro/2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR., Brasil)

G373i Germano, Paulo José Moraes Monteiro e Teixeira
Investigação multitemporal de ilhas de calor e de frescor em Maringá, Paraná, utilizando imagens do satélite Landsat 5 - 2000 a 2010 / Paulo José Moraes Monteiro e Teixeira Germano. -- Maringá, 2012.
vii, 99 f. : il. col., figs., tabs., mapas

Orientador: Prof. Dr. Bruno Luiz Domingos De Angelis.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2012.

1. Sensoriamento remoto - Maringá (PR). 2. Infravermelho termal. 3. Ilhas de calor e frescor. I. De Angelis, Bruno Luiz Domingos, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. III. Título.

CDD 22.ed. 621.3678

SOI-000552

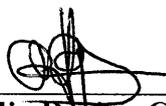
PAULO JOSÉ MORAES MONTEIRO E TEIXEIRA

GERMANO

INVESTIGAÇÃO MULTITEMPORAL DE ILHAS DE CALOR E DE
FRESCOR EM MARINGÁ, PARANÁ, UTILIZANDO IMAGENS
DO SATÉLITE LANDSAT 5 – 2000 A 2010

Dissertação apresentada à Universidade Estadual
de Maringá, como parte das exigências do Pro-
grama de Pós-Graduação em Engenharia Urbana,
na área de concentração Infra-estrutura e Sistemas
Urbanos, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de abril de 2012.



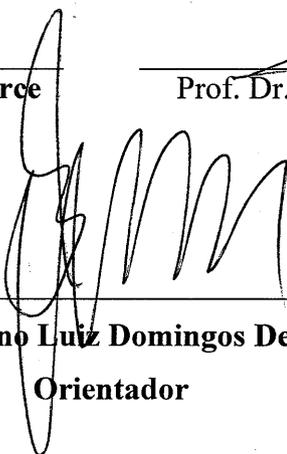
Prof.^a. Dr.^a. Cláudia Regina Grégio d'Arce

Filetti

Membro



Membro



Prof. Dr. Bruno Luiz Domingos De Angelis

Orientador

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá;

Ao professor, Dr. Bruno Luiz Domingos de Angelis, pelo tempo dedicado a orientação desse trabalho;

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, professor, Dr. Generoso De Angelis Neto;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá;

À Talita Yamakawa que me apoiou durante a elaboração desse estudo.

A minha família, pelo incentivo;

A CAPES, pelo importante apoio financeiro;

Aos meus colegas Guilherme Orsi e Fernando Germano;

Aos amigos que fiz no PEU, durante esse período.

Muito obrigado a todos.

RESUMO

O presente trabalho teve como escopo a avaliação da ocorrência de ilhas de calor e frescor na cidade de Maringá/PR, e suas relações com a morfologia urbana atual. As temperaturas das Zonas 1, 2, 5, 10 e 45 foram avaliadas utilizando imagens do satélite Landsat 5, que corresponderam ao período temporal de 2000 a 2010. Com resultados apresentados pode-se atestar que as imagens de satélite proporcionaram dados sobre as temperaturas das áreas estudadas, que tiveram diferentes valores de temperaturas, por possuírem uma configuração morfológica e distribuição de vegetação urbana únicas. Portanto com dados angariados nesse estudo, concluiu-se que a vegetação viária, as áreas com adensamento de vegetação e a morfologia urbana, promoveram um efeito que geriu a distribuição e os valores das temperaturas de cada área avaliada.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Infravermelho Termal, Ilhas de Calor e Frescor, Maringá.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the occurrence of heat islands and freshness in the city of Maringá / PR, and their relationships with the current urban morphology. The temperatures of zones 1, 2, 5, 10 and 45 were evaluated using satellite images from Landsat 5, which corresponded to the time period 2000 to 2010. With the results presented here, it can demonstrate that the satellite images provided data about the temperatures of the studied areas, which have different temperature values, by having a morphological configuration and distribution of unique urban vegetation. Therefore with data raised in this study, it was concluded that the vegetation roads, the areas with denser vegetation and urban morphology, promoted an effect that managed the distribution and values of temperatures measured for each area.

Keywords: Remote Sensing, Infrared Thermal, Heat Islands and Freshness, Maringá.

SUMÁRIO

Sumário.....	i
Lista de FIGURAS	iii
Lista de Quadros e TABELAS	vi
Lista de SIGLAS	vii
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 Objetivo geral	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
1.2 Justificativa.....	12
2 SENSORIAMENTO REMOTO.....	13
2.1 Principais marcos relacionados ao sensoriamento remoto.....	13
2.1.1 O sensoriamento remoto no Brasil.....	16
2.2 Imagens adquiridas utilizando satélites artificiais	17
2.2.1 O satélite Landsat 5.....	23
3 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE AS ILHAS DE CALOR (IC) E ILHAS DE FRESCOR (IF)	28
3.1 O que são ilhas de calor (IC) e de frescor (IF)	28
3.2 Como se formam as IC e IF.....	30
3.3 Diferenças entre as IC e IF atmosféricas e de superfície	42
4 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ, PARANÁ.....	45
4.1 Localização do município de Maringá, Paraná.....	45
4.2 Vegetação	46
4.2.1 Arborização Urbana.....	47

4.3	Clima	49
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	54
5.1	Materiais.....	54
5.2	Metodologia.....	54
5.3	Delimitação das áreas de estudo e descrição morfológica.....	60
5.3.1	Descrição da Zona 1.....	63
5.3.2	Descrição da Zona 2.....	65
5.3.3	Descrição da Zona 7.....	68
5.3.4	Descrição da Zona 10.....	70
5.3.5	Descrição da Zona 45.....	71
6	RESULTADOS SOBRE AS IC E IF ENCONTRADAS NAS ÁREAS DE ESTUDO	74
7	CONCLUSÕES.....	94
	REFERÊNCIAS.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição colorida bandas 3, 2, e 1 do satélite Landsat 5 da região de Sabáudia/PR (04/11/2011).....	16
Figura 2 – Exemplo de sensor passivo e ativo.....	18
Figura 3 – Resolução espectral.....	19
Figura 4 - Diferença de resolução radiométrica, em área urbana.....	20
Figura 5 - Diferença de resolução radiométrica em área urbana (Imagem IKONOS II).....	21
Figura 6 – Exemplos de uma área com diferentes resoluções espaciais	22
Figura 7 – Vida útil dos satélites da série Landsat.....	23
Figura 8 – Equipamentos dos satélite Landsat 5 que apresentam problemas.	24
Figura 9 – Imagens do satélite Landsat 5 da cidade de Maringá/PR (A – Banda 01 e B – Banda 6).....	25
Figura 10- Processos que ocorrem dentro de uma ilha de calor.....	28
Figura 11 - Temperatura do asfalto, concreto e grama (03/11/2010).....	31
Figura 12 - Gráfico da variação de temperaturas dos materiais no decorrer do dia.....	32
Figura 13 - Telhado da prefeitura de Chicago, e a relação das temperaturas com os diversos elementos presentes nessa estrutura.....	33
Figura 14 - Tipos de coberturas e valores de emitância	34
Figura 15 - Condutividade térmica (w/m k)	35
Figura 16 - Capacidade calórica (J/m ³ /K x 10 ⁶).....	36
Figura 17 - Difusividade térmica (m ² /s x 10 ⁻⁶).....	37
Figura 18 – Temperatura de superfície de Atlanta (28/09/2000)	38
Figura 19 - Exemplo de parede verde.	39
Figura 20 - Secção transversal para a caracterização da distribuição de temperaturas realizada na cidade de Maringá – PR.....	40

Figura 21 - Estratégias, processos e resultados referentes a mitigação de ilhas de calor urbana.....	42
Figura 22 - Temperatura do ar em Presidente Prudente – SP obtida pelo método transecto móvel, no dia 14/07/2004 as 20 horas.	43
Figura 23 - Imagem termal de alta resolução realizada na cidade de Atlanta – USA.....	44
Figura 24 - Croqui de localização do município de Maringá-PR.....	45
Figura 25 - Hipsometria de Maringá – PR.....	46
Figura 26 - Corredor de sombra na Rua Dep. Ardinial Ribas – Zona 07.....	48
Figura 27 - Classificação climática segundo Köppen.	49
Figura 28 - Evapotranspiração anual do Estado do Paraná, destacando-se Maringá.	50
Figura 29 - Temperaturas do trimestre mais quente.	51
Figura 30 - Temperaturas do trimestre mais frio.	52
Figura 31 - Umidade relativa anual.....	52
Figura 32 - Esquema sintético do processamento da imagem do satélite.....	55
Figura 33. Processo de aquisição dos valores de temperatura.....	58
Figura 34 - Esquema das cores frias e quentes.	59
Figura 35 - Aplicação dos valores de cores quentes e frias.	59
Figura 36 - Imagem da banda 6 do satélite Landsat 5 da cidade de Maringá trabalhada e com transparência de 57%.	60
Figura 37 - Zoneamento do perímetro urbano municipal destacado as áreas de estudo.	62
Figura 38 – Croqui da Zona 01.	63
Figura 39 – Vista área parcial da área central de Maringá.	64
Figura 40 – Eixo monumental e zona 01.	65
Figura 41 – Croqui da Zona 02.	66
Figura 42 – Vista da Zona 2 destacando o Parque do Ingá e Bosque 2.	67

Figura 43 – Croqui da Zona 07.	68
Figura 44 – Croqui da Zona 07.	69
Figura 45 – Córrego Mandacaru.	70
Figura 46 – Delimitação da Zona 10.	70
Figura 47 – Barracões abandonados das indústrias beneficiadoras de grãos.	71
Figura 48 – Vista aérea da Zona 45.	72
Figura 49 – Aeroporto (esquerda) e zona industrial (direita).	73
Figura 50 – Mapas temais da Zona 1 correspondentes aos períodos de 2000 a 2006.	75
Figura 51 – Mapas temais da Zona 1 correspondentes aos períodos de 2006 a 2010.	76
Figura 52 - Localização dos "hot - spots" da Zona 1	77
Figura 53 - Localização dos "hot - spots" da Zona 2	79
Figura 54 – Mapas temais da Zona 2 correspondentes aos períodos de 2000 a 2005.	80
Figura 55 – Mapas temais da Zona 2 correspondentes aos períodos de 2005 a 2010.	81
Figura 56 - Localização dos "hot - spots" da Zona 7	83
Figura 57 – Mapas temais da Zona 7 correspondentes aos períodos de 2000 a 2006.	84
Figura 58 – Mapas temais da Zona 7 correspondentes aos períodos de 2006 a 2010.	85
Figura 59 - Localização dos "hot - spots" da Zona 10	87
Figura 60 – Mapas temais da Zona 10 correspondentes aos períodos de 2000 a 2008.	88
Figura 61 – Mapas temais da Zona 10 correspondentes aos períodos de 2008 a 2010.	89
Figura 62 - Localização dos "hot - spots" da Zona 45	91
Figura 63 – Mapas temais da Zona 45 correspondentes aos períodos de 2000 a 2005.	92
Figura 64 – Mapas temais da Zona 45 correspondentes aos períodos de 2006 a 2010.	93
Figura 65 – Distribuição das temperaturas por zona.	94

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Distribuição das bandas e comprimentos de ondas.....	24
Quadro 2 – Características dos sensores do Landsat 5 e aplicações.....	26
Quadro 3 - Valores de L_{min}, L_{max}, Ganho (G) e Offset (B) a serem aplicados às imagens TM.....	57
Tabela 1 - Dados gerais de temperaturas da Zona 1.....	74
Tabela 2 - Dados gerais de temperaturas da Zona 2.....	78
Tabela 3 - Dados gerais de temperaturas da Zona 7.....	82
Tabela 4 - Dados gerais de temperaturas da Zona 10.....	86
Tabela 5 - Dados gerais de temperaturas da Zona 45.....	90

LISTA DE SIGLAS

BTU – Unidade De Temperatura Britânica

Cfa – Clima Temperado Úmido De Verão Quente

Cfb – Clima Temperado Úmido De Verão Temperado

EMBRAPA – Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária

EOSAT – *Earth Obsevation Satellite*

GE – *General Eletric*

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística

IAPAR – Instituto Agronômico Do Paraná

IC – Ilha De Calor

IF – Ilha De Frescor

INPE – Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais

NASA – *National Aeronautics And Space Administration*

NOAA – *NATIONAL OCEANIC And ATMOSPHERIC ADMINISTRATION*

LANDSAT – *Land Remote Sensing Satellite*

PR – Paraná

SIMEPAR – Instituto Tecnológico (Sistema Meteorológico Do Paraná)

SP – São Paulo

USA – *United States Of America*

USGS – *United States Geological Survey*

UTM – Universal Transversa De Mercator

1 INTRODUÇÃO

No que tange ao estudo sobre ilhas de calor, observa-se que o primeiro estudo, segundo Gartland (2010), se deu em 1818 e foi realizado em Londres pelo meteorologista Luke Howard, o qual verificou diferença entre a temperatura na cidade, quando comparada com a área rural. Ainda, nos Estados Unidos da América, foram realizados estudos sobre ilhas de calor os quais se iniciaram na década de 1950 com o pesquisador Mitchell em seu estudo intitulado “*On the causes of instrumentally observed secular temperature trends*” seguido por “*The temperature of cities*”, publicado em 1963.

No Brasil tem-se que as primeiras pesquisas relacionadas com o clima urbano foram realizadas por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, explanados em sua tese intitulada “Teoria e Clima Urbano” defendida em 1975 e editada em 1976. Segundo Monteiro (2003), o clima urbano apresenta-se como um sistema complexo, adaptativo e aberto específico para cada ambiente urbanizado, devido suas características peculiares, e apresentam uma modificação de elementos climáticos como temperatura, umidade relativa e direções dos ventos.

Observa-se que os principais elementos estudados no clima urbano estão relacionados com as alterações do conforto térmico, impactos nas estruturas e qualidade do ar, além do consumo de energia. O fenômeno de Ilha de Calor Urbana é uma das consequências geradas pela substituição das condições naturais do terreno e as inserções de novos elementos os quais decorrem muitas vezes dos materiais de construção comuns que absorvem e retêm mais calor que materiais naturais. Na perspectiva de Monteiro (2003, p. 21):

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

Conforme vislumbra Gartland (2010), em sua obra “Ilhas de Calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas”, existem duas razões para que ocorra a formação das ilhas de calor urbanas, a primeira está relacionada com a impermeabilidade e estanqueidade dos materiais, por essa razão não existe

umidade disponível para dissipar o calor, o segundo motivo se dá pela combinação de materiais escuros e a morfologia urbana (pavimentação, edifícios etc). Esses dois fenômenos contribuem para um acúmulo de energia no material, estimulando a movimentação molecular. Esta excitação das partículas gera calor, que pode ser irradiada em forma de ondas longas aquecendo o ar acima delas, podendo provocar anomalias climáticas locais denominadas ilhas de calor.

Uma das maiores modificações observadas em ambientes “antropizados” se dá pela redução e substituição das áreas verdes por elementos artificiais. Essas alterações podem afetar diretamente o microclima de uma determinada área, pois a supressão de locais com vegetação, a impermeabilização do terreno, o redirecionamento e a alteração na velocidade dos ventos, podem diminuir as trocas térmicas como a evapotranspiração e evaporação.

Ayoade (2003) elucida que o aquecimento mais intenso das superfícies pode provocar uma maior evaporação formando nuvens mais carregadas que podem precipitar de forma torrencial. Além disto, o aumento de temperatura provocado pelas ilhas de calor também podem influenciar diretamente no conforto térmico de ambientes, sendo necessária a instalação de equipamentos de resfriamento do ar, o qual acarreta em um maior consumo de energia elétrica.

A escala de intensidade das ilhas de calor utilizada por Garcia (1996), classifica as diferenças de temperaturas entre diferentes pontos em uma determinada área, em que: de 0 °C a 2°C considera-se como fraca, de 2 °C a 4 °C, como intensidade média, de 4 °C a 6 °C como forte, quando maiores que 6 °C como muito forte. As condições que promovem a formação climática intraurbana derivam diretamente da dessemelhança entre os locais, estruturas, morfologia e funcionalidades das cidades, gerando o clima local/urbano e as ilhas de calor e frescor.

No que concerne os estudos de Garcia (1996), tem-se que a temperatura efetiva¹ de 25 °C é considerada no nível de sensação térmica como neutra e como confortável em relação ao conforto. Portanto, cidades como Maringá - objeto do presente estudo - em que as temperaturas médias máximas anuais são superiores a

¹ Temperatura efetiva - Calculada pela função da temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e velocidade do ar.

22°C e nos meses mais quentes acima de 28°C, vislumbra-se um quadro de desconforto térmico, podendo ser potencializada pelas ilhas de calor. Conforme o *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos, em seu estudo “Refrigeração de temperaturas no verão: estratégias para reduzir as ilhas de calor urbanas” de 2008, conclui que essas anomalias climáticas podem afetar a saúde, o meio ambiente e na quantidade de energia que os consumidores utilizam para o resfriamento de ambientes internos durante o verão.

Assim, a proposta de áreas dotadas de vegetação adequada e pouco impermeabilizada podem amenizar os efeitos das ilhas de calor. Conforme pode ser observado nos estudos realizados por Grey e Deneck (1978), os autores chegaram a conclusão de que apenas uma árvore de porte grande, hidratada pode evapotranspirar aproximadamente 380 litros de água por dia, funcionando como o equivalente a 5 aparelhos de ar condicionado de potência média (10.000 BTUs), ligado 20 horas dia, além de umedecer o ar, capturar CO₂ e promover sombra.

Akbari *et al* (2001) elucida em seu estudo, sobre técnicas de arrefecimento que o plantio de árvores em locais adequados, a otimização do aproveitamento da sombra e as implantações de revestimentos reflexivos podem ter um custo benefício variado de 10 a 40%, em relação ao gasto de energia elétrica para o arrefecimento.

Destaca-se a existência de diversos estudos como os de Quattrochi e Ridd (1994), Weng (2003), Voogt e Quattrochi (2003) sobre o microclima, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Essas técnicas possibilitam a extração e identificação de informações contidas nas imagens de satélite – que podem ser adquiridas por meio de sensores orbitais, ou por equipamentos aerotransportados –, tratadas por meio de programas especializados em análise e manipulação de imagens. Após a aplicação de técnicas específicas de geoprocessamento, o resultado geralmente pode se dar em uma outra imagem, na qual ficam evidentes as informações ora pesquisadas.

Weng e Quattrochi (2003) verificou que o sensoriamento remoto é uma das ferramentas mais importantes e conhecidas atualmente para o estudo do fenômeno das ilhas de calor, pois além de oferecer visões em diferentes escalas, permite a extração de temperatura aparente da superfície, sendo possível a identificação dos

elementos mais quentes na paisagem. Em uma dessas técnicas de tratamento de imagens orbitais é possível realizar a conversão dos dados coletados pelo satélite Landsat 5, banda 6 (infravermelho termal), em temperatura aparente de superfície, possibilitando um estudo quantitativo sobre o clima e a identificação de Ilhas de Calor e Ilhas de Frescor.

Devido ao grande número de imagens disponíveis por esse satélite é possível estudar a ocorrência desses eventos correlacionando em uma série histórica.

Diante do exposto, o presente trabalho utilizará os dados coletado por esse equipamento a fim de realizar uma caracterização das ilhas de calor nas Zonas 1, 2, 7, 10 e 45 da cidade de Maringá, onde se observa diferentes configurações morfológicas urbanas, podendo promover ambientes microclimáticos distintos.

Esse método apresentado nessa pesquisa permitirá a visualização dos elementos com as maiores e menores temperaturas na paisagem, bem como fornecerá dados sobre as variações das máximas, mínimas, médias e amplitude térmica, podendo dessa maneira indicar quais são os principais elementos que contribuem para a formação desses eventos (ilhas de calor e frescor), bem como sua distribuição nas áreas de estudo.

1.1 Objetivos

Os objetivos delineados nesse projeto foram particionados em objetivos geral, que delimita os limites da pesquisa, e objetivos específicos que se configura como as ações menores que buscaram atender a proposta estabelecida com esse projeto.

1.1.1 Objetivo geral

Pesquisar a existência de ilhas de calor e frescor dentro da área urbana da cidade de Maringá, Paraná, mais especificamente nas Zonas, 1, 2, 7, 10 e 45 utilizando imagens do satélite Landsat 5 no período de 2000 a 2010.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar as características microclimáticas por meio de imagens de satélite, das zonas 1, 2, 7, 10 e 45 da cidade de Maringá, observando as configurações morfológicas atuais;

-
- localizar as ilhas de calor e frescor nos meses de primavera e verão;
 - avaliar as ilhas de calor e de frescor sob 4 (quatro) parâmetros: localização, temperatura, comparação de temperatura entre as ilhas de calor e frescor, motivos da existência desses fenômenos nas áreas estudadas.

1.2 Justificativa

Diante dos problemas e situações elencadas anteriormente, esse trabalho tem como essência entender alguns dos dispositivos inerentes a esses fenômenos microclimáticos intrínsecos ao ambiente urbano, e como a morfologia e vegetação podem influenciar positivamente ou negativamente nas temperaturas da cidade de Maringá.

As zonas selecionadas para esse estudo englobam diferentes usos e ocupações do solo, definidos pelo Plano Diretor do Município. Como consequência observa-se certa peculiaridade morfológica em cada uma dessas zonas, podendo essas proporcionarem diferentes condições microclimáticas locais, as quais serão abordadas nesse estudo, pois as mesmas podem afetar diretamente na qualidade do conforto ambiental urbano.

Portanto, é proposto neste estudo a utilização de imagens do satélite Landsat 5, para a realização de uma análise temporal desses fenômenos, correlacionando com dados sobre morfologia urbana atual e vegetação de cada área, proporcionando assim uma visão geral do comportamento e distribuição das temperaturas e seus valores máximos, mínimos, médias, e amplitude.

2 SENSORIAMENTO REMOTO

Florenzano (2007), descreve que o Sensoriamento Remoto trata-se de uma ferramenta que tem como base a obtenção de imagens por meio de equipamentos que captam a reflexão das radiações eletromagnéticas de alvos localizados na superfície terrestre. Essa ferramenta permite a realização de diversas análises sem o contato direto do pesquisador com a área de estudo, pois a radiação eletromagnética coletada pelos sensores eletro-ópticos² localizados nas bandas espectrais do satélite são transformadas em dados que podem ser imagens, gráficos ou números.

2.1 Principais marcos relacionados ao Sensoriamento Remoto.

Segundo Jensen (2009), os principais elementos que contribuíram para a criação e desenvolvimento do Sensoriamento Remoto iniciaram por volta de 1687 com o livro *Principia* de Sir Isaac Newton³, que descreveu as leis básicas da mecânica (Princípio da Inércia, a Força e o Princípio da Ação e Reação). Posteriormente a esse fato em 1826, Joseph Nicephore Niepce realizou a primeira fotografia e posteriormente Louis Jacques Mande Daguerre apresentou melhorias na captação de imagens. Por volta de 1855 o físico James Cleck Maxwell postula a teoria aditiva da cor e sugeriu que as fotografias poderiam ser coloridas⁴, que foi possível apenas em 1861.

A primeira fotografia aérea foi tirada em 1858 por Gaspard Felix Tournachon a bordo de um balão, o qual registrou uma imagem próxima a cidade de Paris e a partir de 1867 o termo fotogrametria começou ser utilizado no meio científico. Com o desenvolvimento dos equipamentos e métodos de aquisição de imagens, o pesquisador Herman Vogel em 1873 conseguiu capturar ondas com maiores comprimentos, abrindo precedentes para a fotografia no infravermelho próximo.

² Os sensores eletro-ópticos normalmente são pastilhas produzidas de uma liga metálica, que tem como função transformar o fluxo incidente em valores de voltagem e posteriormente em valores de radiância ($W/(cm^2 sr^{-1} \mu m^{-1})$).

³ Segundo Epiphano *et al.*, essa obra foi traduzida pela editora EDUSP como: Princípios matemáticos de filosofia.

⁴ A primeira fotografia colorida foi realizada por James Cleck Maxwell em 1861, com o auxílio do fotógrafo Thomas Sutton.

Segundo Jensen (2009), nos anos de 1890 Arthur Batut, contribuiu com a ciência do Sensoriamento Remoto, publicando o livro “A fotografia aérea por pipas”, o qual descrevia as vantagens para diversos segmentos profissionais, dentre elas a possibilidade de uma visão ampla do terreno. Já em 1888 a revista *La Nature* vislumbrou uma experiência realizada por Amadee Denisse em que uma câmera fotográfica acoplada a um foguete, visando coletar informações de uma área por meio de imagens. Diante dessas novas propostas de aquisição de imagens o pesquisador Julius Neubronner nos anos de 1903 realizou as primeiras fotografias aéreas utilizando câmeras acopladas em pombos.

Após a decolagem dos pombos correios, eles primeiramente descrevem uma linha espiral, o que permite a obtenção de uma série de visadas de diferentes pontos de uma determinada região. Uma vez que o pombo conseguiu identificar a localização do seu abrigo (o qual reconhece a mais de 32 Km de distância) ele voa em linha reta a uma velocidade uniforme, equivalente a um trem expresso, em direção a seu objetivo (abrigo), de tal forma que o projeto a ser registrado fotograficamente pode ser definido a priori. (Scientific American 1909; apud. JENSEN 2009).

Um dos eventos mais importantes, que impulsionaram a ciência da aerofotogrametria ocorreu após 23 de outubro de 1906, data essa que marca o primeiro vôo realizado por um avião impulsionado por um motor aeronáutico, construído por Santos Dumont, porém a primeira fotografia a bordo de uma aeronave foi realizada em 1908 sobre o *Camp d' Auvours* na França, por um fotógrafo que acompanhou Wilbur Wright.

Durante a primeira e segunda Guerra Mundial, o reconhecimento fotográfico utilizando aviões se tornaram imprescindíveis, e visavam a obtenção de dados de deslocamento de tropas, localização de alvos estratégicos, análises do relevo entre outras, possibilitando a realização de estratégias de ataques mais efetivos e de defesas mais consistentes.

Por volta de 1954, durante a Guerra Fria, os EUA criaram o programa de reconhecimento aéreo com aviões denominados U-2, que realizaram vôos de reconhecimento a uma altitude aproximada de 21.000 metros, obtendo fotografias com resoluções espaciais variando de 60 a 90 centímetros (RICH ; JANOS, 1994).

O sensoriamento remoto por satélite se inicia em 1957 quando a União Soviética lançou o primeiro satélite (Sputnik); nesse mesmo período os EUA estavam no desenvolvimento do projeto secreto denominado “Corona” que conseguiu obter suas primeiras imagens por satélite em 1960.

Apesar do seu grande valor e importância, os primeiros satélites de reconhecimento estavam longe de serem perfeitos. As imagens que eles adquiriam do espaço voltavam para a Terra numa capsula por meio de pára-quadras. Isto podia demorar muitas vezes dias ou até mesmo semanas e esta demora era crucial. (JENSEN, 2009 pg. 83).

No início dos anos de 1960 ocorreu a desclassificação (militar – civil) de sensores de radar e infravermelho termal, e nesse mesmo ano foi lançado o primeiro satélite meteorológico não tripulado do programa *Television Infrared Observation Satellite Program*, denominado Tiros 1, que ficou ativo por 78 dias, em 1972 os EUA colocaram em órbita o primeiro satélite de recursos terrestre denominado ERTS-1 (Earth Resource Technology Satellite 1), posteriormente esse satélite foi renomeado para Landsat 1, o qual fez parte de um monitoramento sistemático da superfície da Terra.

A série de satélites Landsat apresentaram, e ainda apresentam⁵, ao meio científico, diversas informações sobre a superfície da Terra (Figura 1), como a obtenção de dados sobre vegetação, uso do solo, agricultura, temperaturas superficiais entre outras.

A composição colorida obtida pelas bandas 3, 2,1 (RGB) do Landsat 5 (Figura 1), permite uma diferenciação e visualização clara de elementos tais como, vegetação (em verde – “A”), solo exposto (tonalidade marrom - “B”) e áreas urbanas (em cinza a branco - “C”), possibilitando desta maneira a obtenção de dados relativos ao uso do solo de uma dada região.

O satélite Landsat 5 atualmente é um dos equipamentos mais utilizados em estudos científicos que necessitam de dados de grandes áreas, com resolução espacial média.

⁵ O satélite Landsat 5 ainda encontra-se em funcionamento (2011), capturando imagens com resoluções de 30 x 30 metros nas bandas 1,2,3,4,5, e 7. A banda 6 infravermelho termal apresenta resolução espacial de 120 x 120 metros.



Figura 1 – Composição colorida bandas 3, 2, e 1 do satélite Landsat 5 da região de Sabáudia/PR (04/11/2011).

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

2.1.1 O Sensoriamento Remoto no Brasil

A história do Sensoriamento Remoto no Brasil se inicia por volta de 1961 com o decreto de criação do GOCNAE⁶ (Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais), e no dia 22 de Janeiro de 1962 a primeira diretoria assume o funcionamento do grupo.

Esta primeira década da história do INPE representa uma fase pioneira para o estabelecimento da infraestrutura física, formação de recursos humanos, criação e desenvolvimento de programas e projetos nas áreas de ciências espaciais, meteorologia, mecânica orbital, sensoriamento remoto e análise de sistemas. Nesse período foram criados e desenvolvidos projetos nas áreas de ciências espaciais e atmosféricas e geofísica (projetos MARE, MIRO, TELA, OBRA, LUME, SAFO, RADA/SOL, EXAME, RASA, SONDA e GEOS). (INPE, 2011 a).

As primeiras imagens da série de satélites Landsat foram adquiridas pelo Brasil em 1973, provenientes do primeiro satélite da série Landsat. Atualmente o INPE

⁶ Embrião do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, que iniciou suas atividades em 1969.

adquiri e disponibiliza gratuitamente imagens dos satélites Landsat 1, 2, 3, 4, 5 e 7, CBERS, CBERS 2B, Terra 1, Aqua 1 e ResourceSat 1.

Além da disponibilização de imagens orbitais gratuita, o INPE também desenvolve estudos nas áreas de engenharia de satélites, análises do espaço terrestre, monitoramento da Amazônia, Mata Atlântica, queimadas, tempo-clima, observações astronômicas, desenvolvimento de programas livres para manipulação de dados geográficos e imagens orbitais como é o caso dos softwares Spring, Spring WEB, Marlin, TerraView e TerraLib além de possuir cursos de pós-graduação nas áreas de astrofísica, engenharia e tecnologia espaciais, geofísica espacial, computação aplicada, meteorologia, sensoriamento remoto e ciência do sistema terrestre.

A divulgação e a disponibilização de ferramentas e dados promovidos pelo INPE possibilitam atualmente o desenvolvimento e popularização de informações referentes a diversos segmentos relacionados a pesquisas espaciais, facilitando dessa maneira e entendimento aplicação dessas ferramentas por diversos pesquisadores.

2.2 Imagens adquiridas utilizando satélites artificiais

Os satélites artificiais são equipamentos construídos com a intenção de captar dados pelos seus sensores e dessa maneira adquirir informações sobre uma determinada superfície ou área sem o contato direto do pesquisador.

A aquisição das informações de uma dada localidade por instrumentos constantes nos satélites pode ocorrer a princípio de duas maneiras; a primeira consiste na captura da energia eletromagnética refletida ou emitida, por um objeto, que teve como elemento principal a energia emanada do sol, que incide em um determinado objeto, que devido suas características físico-químicas, absorve, emite e reflete diferentes comprimentos de ondas (sensores passivos) (Figura 2 A). O segundo modo se dá quando o equipamento (satélite) produz e emite certa quantidade de energia que atinge uma dada superfície e quando refletida pelos objetos é capturada pelos sensores do equipamento (sensores ativos – Figura 2 B).

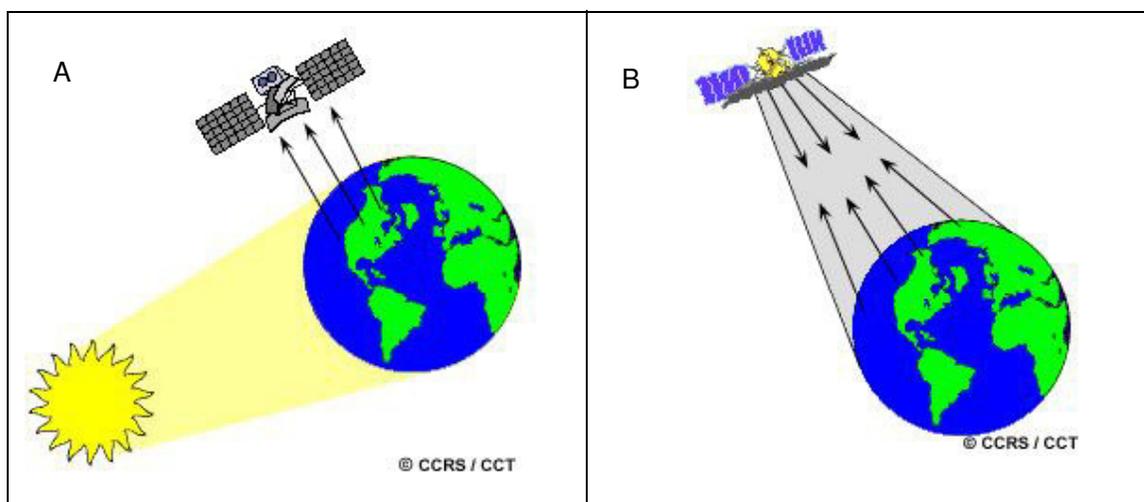


Figura 2 – Exemplo de sensor passivo e ativo.

Fonte: *Natural Resources Canada*.

Além dos tipos de sensores a bordo dos satélites os dados coletados por esses equipamentos estão relacionados diretamente também com alguns elementos que determinam suas aplicações e limitações, são eles: resolução temporal, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução espacial.

(a) Resolução temporal -

Esse elemento está relacionado com o espaçamento temporal que o equipamento leva para obter duas imagens do mesmo local; essa característica também é conhecida como tempo de revista. O conhecimento dessa limitação do satélite é imprescindível em estudos que possuem como principal objeto de estudo a ocorrência de eventos dinâmicos, que podem ocorrer em questão de horas, dias, semanas, meses etc. Como exemplo de eventos dinâmicos podemos citar a ocorrência de queimadas, movimentação de nuvens, inundações, crescimento das cidades, corte de vegetação entre outros, cada um necessitando de resoluções temporais distintas.

(b) Resolução espectral -

As características da resolução espectral de um satélite estão correlacionadas com sua capacidade de captar pelos seus sensores, diversos comprimentos de ondas de uma dada área, portanto quanto maior sua capacidade espectral, maior será a quantidade de ondas eletromagnéticas registradas pelos seus sensores. Novo (1989) define a resolução espectral como uma medida da largura das faixas

espectrais e da sensibilidade do sistema sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade do sinal de retorno.

Cada satélite apresenta um número limitado de sensores, definidos levando em consideração sua aplicabilidade, ou seja, qual serão as informações que serão necessárias coletar. Geralmente equipamentos com uma alta resolução espacial, possuem uma baixa resolução espectral, pois os dados que são priorizados por esses equipamentos visam informações métricas e uma acuidade visual alta, para definições de diversos elementos na superfície da terra (cidades, bairros, ruas, carros e etc). Já os equipamentos com uma ampla gama de bandas espectrais procuram extrair diferentes comprimentos de ondas de um dado local, sendo possível até obter informações espectrais variadas (Figura 3).

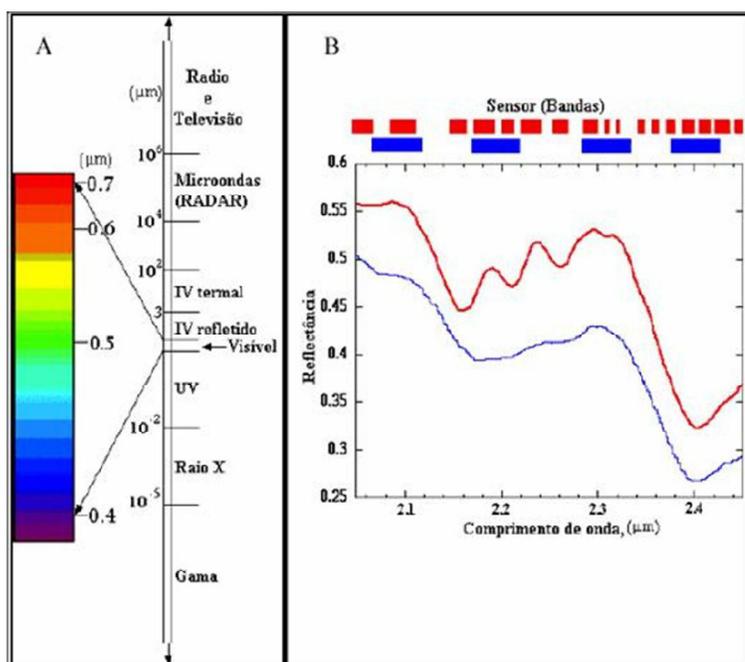


Figura 3 – Resolução espectral.
Fonte: Jensen e Jackson 2001.

Nesse exemplo temos no lado direito “A” a visualização do espectro eletromagnético (ondas de radio e televisão, microondas, etc) e um recorte com a porção que se encontra no espaço conhecido como “visível”, que compreende o intervalo aproximado de 0,4 a 0,7 μm . Na porção direita dessa imagem “B”, é possível observar elementos que correspondem as bandas ou sensores de dois satélites, sendo o vermelho com o maior número de bandas e o azul o menor. O gráfico apresentado logo abaixo demonstra quais são os resultados possíveis para

esses dois sensores, sendo o sensor vermelho o que apresentou melhor definição do comportamento da refletância de um dado objeto, devido sua superioridade em números de bandas. Compete nesse exemplo também observar que mesmo o satélite representado pela cor azul, que possui menos sensores, apresentou um gráfico que possui elementos homólogos ao do sensor da cor vermelha, portanto os resultados obtidos, de maneira geral possuem certo grau de similaridade.

(c) Resolução radiométrica -

Segundo Fitz (2008), a resolução radiométrica do sensor possui ligação com a quantidade de níveis de cinza de uma imagem e é expressa em *bits*, em potência de 2, ou seja 1 *bit* equivale a 2^1 , portanto 2 níveis de cinza (preto e branco) (Figura 4).

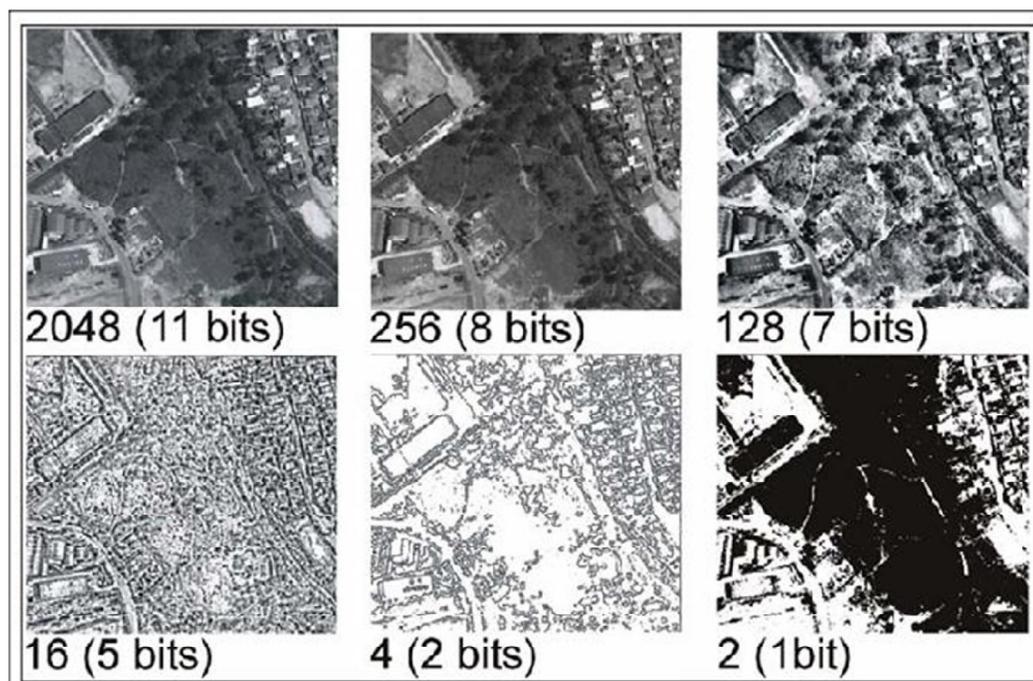


Figura 4 - Diferença de resolução radiométrica, em área urbana.

Fonte: Melo, 2002.

As imagens com alta resolução radiométrica segundo Melo (2002), são utilizadas para a visualização de elementos que possuem uma baixa frequência radiométrica, como por exemplo a observação da turbidez da água (Figura 5).

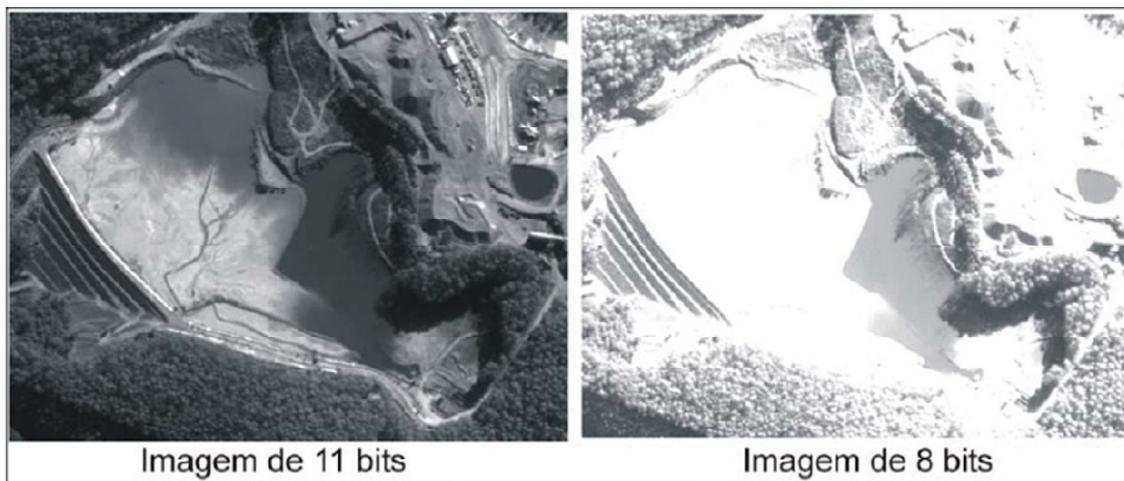


Figura 5 - Diferença de resolução radiométrica em área urbana (Imagem IKONOS II).
Fonte: Melo, 2002.

Observa-se que ambas imagens representam uma mesma área e possuem mesma escala, porém a imagem de 8 *bits*, apresenta um maior albedo, já a imagem de 11 *bits* permite a visualização de elementos em suspensão na água.

(d) Resolução espacial -

Esse elemento informa qual é o tamanho da representação mínima que o equipamento consegue obter entre os objetos dispostos na imagem, portanto quanto mais alta a resolução espacial melhor é o detalhamento da imagem (Figura 6). Fitz (2008, p. 116) define a resolução espacial da seguinte maneira:

Resolução espacial, entendida como a capacidade óptica do sensor em função do seu campo de visada, o Instantaneous Field of View (Ifov). Essa resolução pode ser traduzida como a área real abrangida no terreno por cada *pixel* correspondente na imagem.

Nos exemplos apresentados que definem a resolução espacial (Figura 6), é possível observar que as imagens adquiridas por equipamentos de alta resolução espacial, como o realizado por fotografia aérea e IKONOS II apresentam uma qualidade superior de detalhes quando comparadas com as imagens da mesma área adquiridas por equipamentos de média e baixa resolução espacial onde algumas feições começam a ficar menos nítidas.

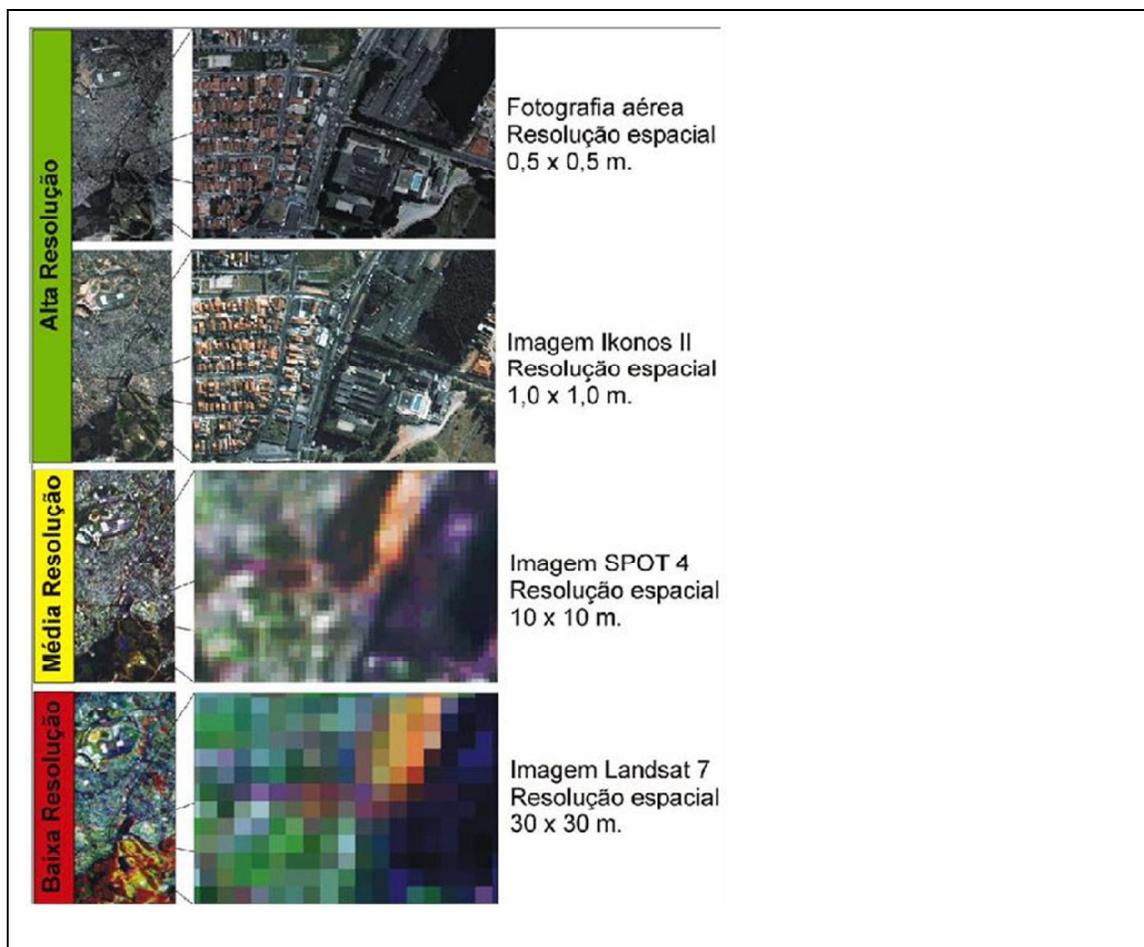


Figura 6 – Exemplos de uma área com diferentes resoluções espaciais

Fonte: Melo, 2002.

Nos exemplos apresentados que acercam a resolução espacial (Figura 6), é possível observar que as imagens adquiridas por equipamentos de alta resolução espacial como o realizado por fotografia aérea e IKONOS II, apresentam uma qualidade superior de detalhes quando comparadas com as imagens da mesma área adquiridas por equipamentos de média e baixa resolução espacial, onde algumas feições começam a ficar menos nítidas.

Todos os tipos de resoluções apresentados (temporal, espacial, espectral e radiométrica) são parâmetros que limitam o nível de informações que os equipamentos podem oferecer, cabendo ao pesquisador escolher qual ou quais serão os instrumentos que atenderão as necessidades requeridas para o desenvolvimento de sua pesquisa.

2.2.1 O satélite Landsat 5

Os satélites da série Landsat (Figura 7) foram construídos com o objetivo de realizar uma análise dos recursos do planeta Terra. Foram colocados em órbita um total de 7 satélites e o quinto da série lançado pela NASA, em 1 de Março de 1984 na base da força aérea de Vandenberg na Califórnia, é o único que ainda encontra-se em funcionamento, capturando imagens com boa qualidade⁷.

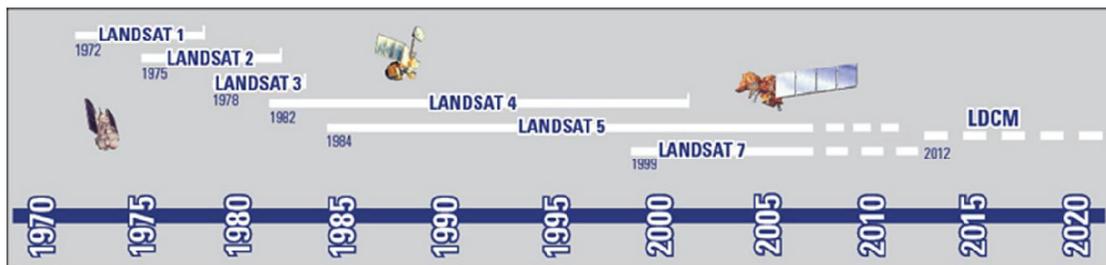


Figura 7 – Vida útil dos satélites da série Landsat

Fonte: USGS, 2005.

O programa teve como participantes além da NASA, o National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Earth Observation Satellite Company (EOSAT), Department of Interior (DOI), U.S. Geological Survey (USGS) e foi construído pela General Electric (GE), Astrospace and Hughes Santa Barbara Remote Sensing, e teria vida útil de no mínimo 3 anos.

Trata-se de um equipamento com 2.200 Kg, composto por 3 Eixos de estabilização, estruturas em alumínio com grafite, sistema de propulsão Hidrazina⁸; painel solar articulado; 3 Baterias de níquel cádmio; sistema de comunicação S, X, L e Ku Bands (Figura 8). Apesar desse equipamento ter superado seu período de vida útil, ele vem demonstrando falhas em diversos equipamentos, principalmente devido ao desgaste do equipamento. A partir de maio de 2010 por causa de um mau funcionamento no *Traveling-wave Tube*⁹ (TWAT), foi instalado um novo algoritmo no satélite, objetivando estender sua vida útil. Trata-se de uma ferramenta que visa

⁷ O satélite Landsat 7 ainda está em funcionamento mas a partir de 2003 apresentou avarias de hardware e começou a operar com o espelho corretor de linha (SLC) desligado. Desde então, as imagens continuam adquiridas e enviadas para a Terra, mas para torná-las aptas à utilização necessitam de correções prévias e análise de acurácia no posicionamento e calibração dos pixels EMBRAPA, 2011.

⁸ Composto químico N_2H_4 , utilizado como propelente para satélites artificiais.

⁹ Equipamento responsável pela amplificação de sinais de rádio frequência e transmissão de dados para a Terra.

desativar seu imageamento em áreas com nuvens, diminuindo dessa maneira o desgaste do equipamento.

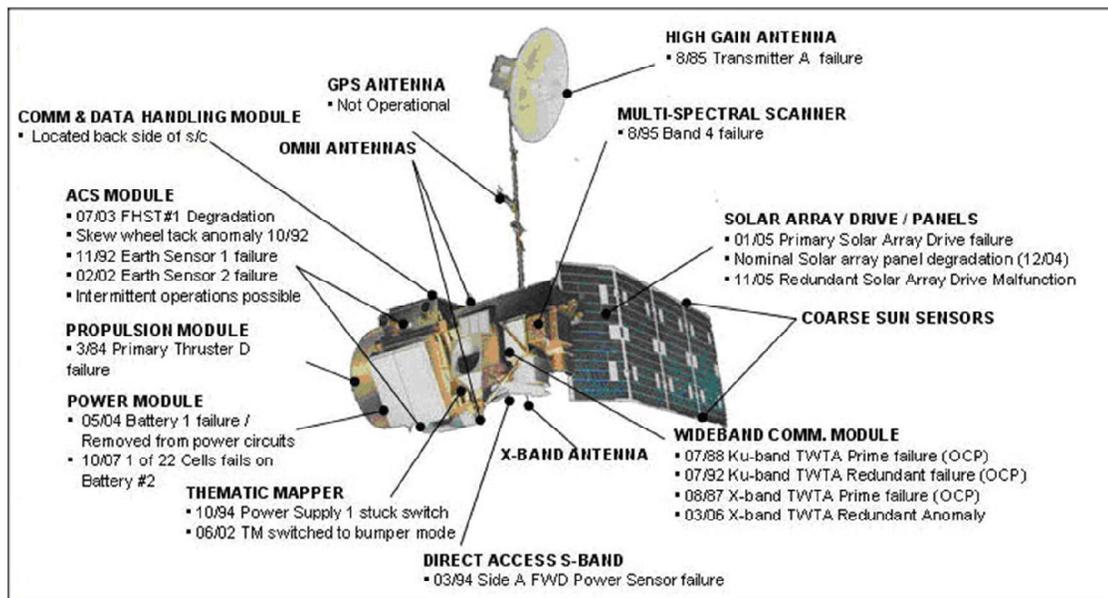


Figura 8 – Equipamentos dos satélite Landsat 5 que apresentam problemas.

Fonte: USGS, 2009.

O satélite Landsat 5 trata-se de um equipamento passivo que percorre uma órbita quase polar, circular, heliossíncrona e encontra-se a uma altitude de 705 km. Sua resolução temporal é de 16 dias e seus sensores captam diversos comprimentos de ondas (faixas espectrais), que estão divididos em 7 bandas (Quadro 1).

Quadro 1 – Distribuição das bandas e comprimentos de ondas.

Banda	Faixa espectral
1	0,45 a 0,52 μm – azul
2	0,50 a 0,60 μm – verde
3	0,63 a 0,69 μm – vermelho
4	0,76 a 0,90 μm infravermelho próximo
5	1,55 a 1,75 μm – infravermelho médio
6	10,4 a 12, 5 μm – infravermelho termal
7	2,08 a 2,35 μm – infravermelho distante

Fonte: INPE, 2009.

Ponzoni (2007), relata a importância desse satélite (Landsat 5) em estudos ambientais, pois, devido sua alta diversidade de sensores, sua órbita que cruza vários países e sua série histórica de coleta de dados, propicia diversas análises e correlações tendo como foco principal, estudos sobre vegetação, sedimentos nas águas, crescimento das cidades entre outros.

Cada pixel de uma imagem do satélite Landsat 5 possui uma resolução espacial de 30 metros, o que corresponde a um quadrado no solo de 30 por 30 metros (Figura 9 A), com exceção da banda 6 que possui uma resolução espacial de 120 metros (Figura 9 B).

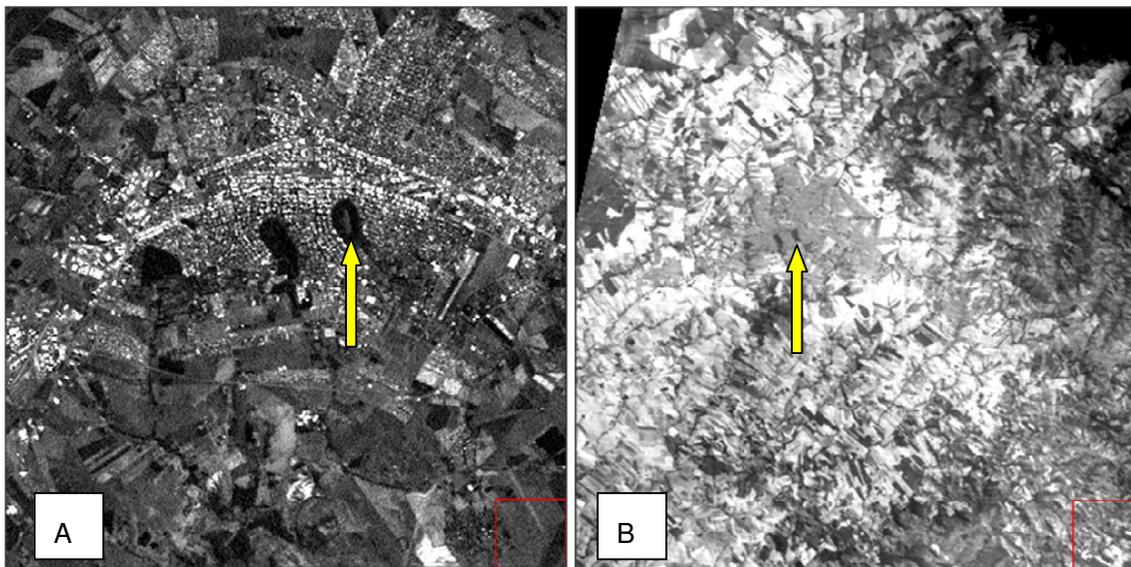


Figura 9 – Imagens do satélite Landsat 5 da cidade de Maringá/PR (A – Banda 01 e B – Banda 6)

Elaborado por: Paulo José M. M. e T. Germano, 2011.

Ambas as imagens demonstram uma mesma área, mas é possível observar que uma delas (Figura 09 A), possui uma melhor resolução espacial, permitindo observar a cidade de Maringá/PR, com uma melhor riqueza de detalhes.

Devido sua característica de possuir sensores que coletam dados em diversos comprimentos de onda (ampla resolução espectral), sua aplicabilidade em estudos relacionados com a superfície terrestre (Quadro 2), o torna uma importante ferramenta utilizada em diversos estudos científicos atualmente.

Quadro 2 – Características dos sensores do Landsat 5 e aplicações.

Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas TM do satélite LANDSAT-5
1	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: INPE, 2009.

O comprimento de ondas utilizado nesse estudo são coletados pela banda 6 do satélite, que possui um sensor que capta ondas que se encontram nos intervalos de 10,4 a 12,5 μm (ondas longas), pertencentes ao infravermelho termal¹⁰.

Esse intervalo espectral de 10,4 a 12,5 μm foi definido devido à existência de uma janela atmosférica para esses comprimentos de onda, ou seja, existe pouca interferência dos gases que compõe a atmosfera, possibilitando dessa forma, uma boa captação da radiação eletromagnética refletida pela superfície da Terra.

O dado coletado nas matrizes trata-se de um processo analógico, porém para que essas informações sejam passíveis de manipulação se faz necessária a transformação dos dados analógicos para o digital. Essa alteração ocorre em sensores que criam *pixels*, onde são atribuídos valores de brilho que, geralmente, no

¹⁰ A radiação do infravermelho é subdividida em três regiões: infravermelho próximo (0,7 – 1,3 μm), médio (1,3 – 6,0 μm) e distante ou termal (6,0 - 1000 μm). (FLORENZANO, 2007).

caso do Landsat 5 são de 8 a 12 bits, o que corresponde respectivamente a 2^8 (256) tons de cinza.

3 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE AS ILHAS DE CALOR (IC) E ILHAS DE FRESCOR (IF)

3.1 O que são ilhas de calor (IC) e de frescor (IF)

Conforme apresenta Gartland (2010), as IC são áreas em que a temperatura do ar encontra-se mais elevada do que as áreas circundantes, e sua intensidade varia durante o dia e a noite. Geralmente a intensidade desse fenômeno pode ser facilmente observada no período da noite, já que as superfícies artificiais continuam a liberar calor, diminuindo o arrefecimento natural de uma área que ocorre no período noturno.

Trata-se, portanto, de fenômenos que afetam principalmente a temperatura de uma região, devido à inserção de novas estruturas como é o caso, por exemplo, da construção de prédios, pavimentos, telhados, etc, que devido suas características físicas costumam reter parte da energia solar e emitem energia na forma de comprimentos de ondas longas. Já as IF acontecem quando existem elementos que promovem uma amenização de temperatura, como quando ocorre um adensamento de árvores, grama, corpos hídricos ou quando existe um sombreamento provocado por uma barreira. Portanto, pode-se observar que existem diversos fatores que podem interagir nas dinâmicas internas das ilhas de calor (Figura 10).

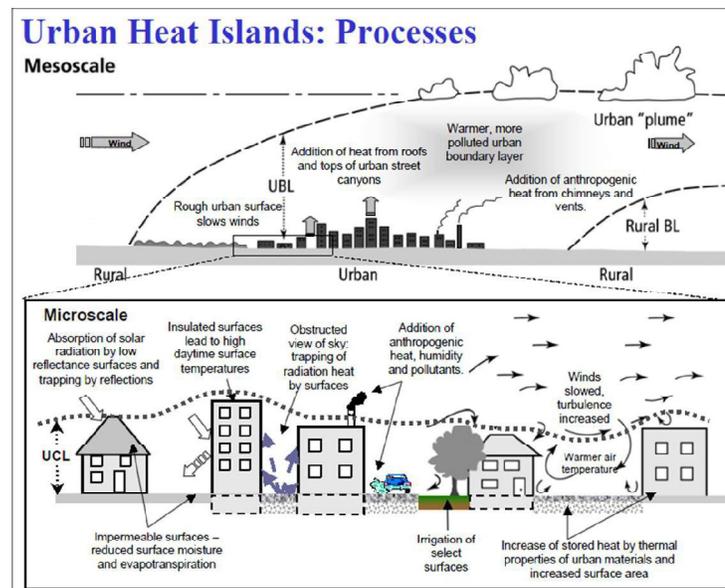


Figura 10- Processos que ocorrem dentro de uma ilha de calor.
Fonte: EPA, 2000.

Andrade *et al.* (2006, p. 4) relata em seu estudo sobre uma análise comparativa entre o fenômeno de ilha urbana de calor no verão e inverno que:

O gradiente térmico obtido por imagens de sensoriamento remoto na faixa do infravermelho termal comprova a diferença de temperatura entre a área urbana e seu entorno. As modificações no balanço de energia da cidade, causadas pela urbanização, ao substituir a cobertura natural da superfície por outros materiais e por equipamentos urbanos dão origem ao clima urbano no qual suas principais conseqüências são a redução do albedo, da radiação, da insolação e da umidade do ar e no aumento da temperatura, nebulosidade, precipitação e velocidade do vento.

Verifica-se, portanto que ocorrência de ilhas de calor está diretamente ligada ao uso do solo, podendo ser criadas ou reprimidas de maneira rápida, pois as alterações realizadas no solo correspondem diretamente aos valores de temperatura da superfície.

Uma das características dos locais que apresentam a ocorrência de IC, são as temperaturas superficiais dos elementos (coberturas, calçadas, asfalto e etc), que compõem a paisagem. Esses geralmente apresentam temperaturas elevadas durante o dia, devido as suas propriedades físico-químicas, podendo atingir temperaturas superiores a 50°C. Porém durante a noite esses elementos perdem calor, caracterizando uma grande amplitude térmica.

Diferentemente dos elementos apresentados anteriormente, as árvores, grama e outros tipos de vegetação geralmente tendem a manterem-se mais frescos sob o sol, apresentando-se como um elemento fresco, que possui pouca amplitude térmica no decorrer do dia e da noite. Portanto, diversos estudos como os de Gartland, consideram que as inserções corretas de vegetação no ambiente urbano podem agir para mitigar as ocorrências de IC melhorando a qualidade do conforto térmico.

Conforme apresenta Gartland (2010), as IC, são mais intensas nos dias claros e calmos, e são mais fracas nos dias nublados e com ventos, pois a energia solar capturada nessa primeira situação é maior e os ventos não dissipam o ar quente. Já no segundo caso os ventos e a pouca penetração dos raios solares criam uma situação que pode amenizar a ocorrência desse evento, mesmo que no solo existam elementos que contribuam para a formação das IC.

Diversos estudos sobre os eventos de IC e IF, convergem para o ponto em que existe uma relação entre o crescimento das cidades e a intensidade das IC, configurando-se como um evento intrínseco ao crescimento urbano, e que algumas técnicas de planejamento podem contribuir para mitigar esse problema, podendo dessa maneira criar uma situação mais sustentável entre o ambiente urbano e o natural.

3.2 Como se formam as IC e IF

Diversos fatores podem influenciar na formação tanto das ilhas de calor como das ilhas de frescor, esses estão ligados a elementos tais como:

- cobertura vegetal;
- impermeabilização de superfícies;
- propriedades de materiais utilizados para as construções;
- geometria do terreno;
- clima;
- geografia local.

A cobertura vegetal pode influenciar na temperatura de um dado local, pois propicia a ocorrência de alguns fatores, tais como a evapotranspiração que consiste na perda de água para manter a temperatura, e a redução da incidência de raios solares diretamente nas superfícies, evitando que estas se aqueçam.

A impermeabilização das superfícies pode influenciar também diretamente na formação das ilhas de calor, pois a maioria dos pavimentos utilizados tais como o asfalto e concreto adquirem calor rapidamente devido algumas características como a condutividade térmica, capacidade calorífica e difusividade térmica. A incidência dos raios solares nessas superfícies ao mesmo tempo em que aquece o material, promove uma elevação da temperatura do ar próximo a ele. O asfalto é um dos pavimentos que possui uma baixa reflectância¹¹, podendo atingir temperaturas superiores a 60°C, já o concreto apresenta-se menos impactante em relação às

¹¹ Reflectância é a proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido, podendo ser expresso pela fórmula $R = \frac{Fr}{Ft}$, onde R = Reflectância, Fr = Fluxo de Radiação Eletromagnética Refletida e Ft = Fluxo de Radiação Eletromagnética Incidente. (Gartland, 2010).

temperaturas, pois possui maiores valores de reflectância, ou seja, retendo menos calor e aquecendo menos o ar acima dele.

Portanto, diferentes materiais podem apresentar variações de temperaturas superiores a 10°C, devido suas características físico-químicas (Figura 11), podendo afetar diretamente nas temperaturas do ar acima deles.

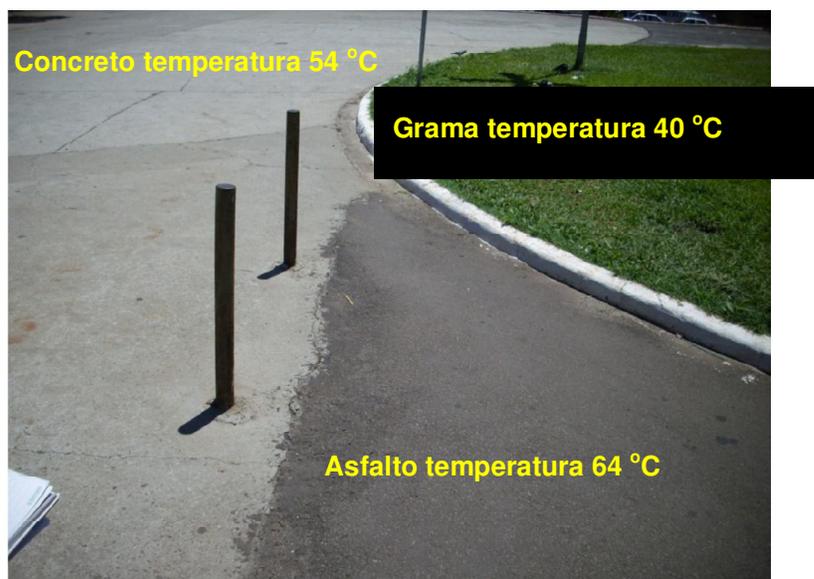


Figura 11 - Temperatura do asfalto, concreto e grama (03/11/2010)
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

Observa-se nessa imagem (Figura 11), que o asfalto apresenta-se como elemento mais quente da paisagem, seguido pelo concreto (10°C mais frio que o asfalto) e a grama, que apresentou a menor temperatura. Esses mesmos elementos asfalto, concreto e grama sob uma área sombreada por árvores apresentaram temperaturas mais baixas, 34°C, 29°C e 27°C respectivamente, o que demonstra a efetividade de um sombreamento como estratégia para diminuição das temperaturas.

Pelo gráfico da Figura 12, pode-se observar que as temperaturas dos materiais variaram sob as condições de exposição ao sol ou na sombra e apresentaram temperaturas mais elevadas próximo ao intervalo 3 (12h00min). A grama foi o elemento que se apresentou mais fresco sob as duas condições (sol e sombra), observa-se que a partir do intervalo número 3 (12h00min), a grama exposta ao sol apresenta uma queda substancial em seus valores de temperatura, chegando ao último intervalo com valores próximos aos da grama que se encontrava à sombra.

Gartland (2010) descreveu que pavimentos como concreto e asfalto possuem diferentes valores de reflectância podendo influenciar nos valores de temperatura que o material pode adquirir, durante o dia.

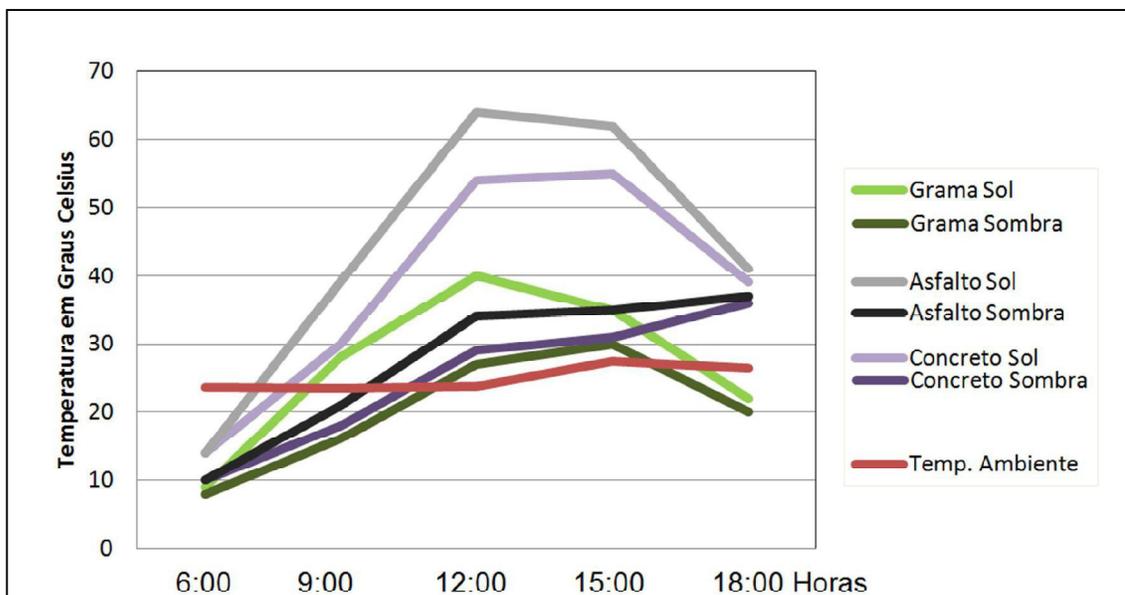


Figura 12 - Gráfico da variação de temperaturas dos materiais no decorrer do dia.

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

As variações de temperaturas entre os elementos que compõe a paisagem urbana podem ocorrer durante o dia, onde se pode observar uma zona inicial, em que todos os elementos apresentam temperaturas similares (6h:00min), e em seguida ocorre uma mudança de temperatura entre os mesmos. No final do dia com a queda da disponibilidade da energia proveniente do sol é possível verificar um novo ponto de intercessão entre os valores de temperatura dos materiais (18h:00min).

As propriedades dos materiais utilizados para as construções, além de englobar as características dos pavimentos como já mencionado, afetam também algumas estruturas como coberturas, paredes entre outros. Partindo do princípio que materiais que apresentam maior difusividade térmica, ou seja, a relação entre a velocidade que o material se ajusta por inteiro à temperatura do seu entorno, é de se prever que quanto maior sua utilização, menor o efeito de retardamento das variações externas de temperatura para o interior das construções. Algumas medidas como a instalação de coberturas frescas tais como (telhados verdes), ou a escolha de telhas com cores que apresentem um maior albedo, podem reduzir os

valores de temperatura do material e, conseqüentemente, da temperatura do ar, reduzindo assim a possibilidade de formação de ilhas de calor. Monteiro (2003, p. 24) descreve bem o processo de construção e modificação do clima urbano:

A natureza urbana do sistema clima urbano implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que varias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.

Os telhados normalmente apresentam materiais de construção que atingem temperaturas mais elevadas no decorrer do dia, podendo contribuir para a formação das ilhas de calor e elevando as temperaturas internas e externas.

Aplicação de jardins nas coberturas de edifícios conhecida como “coberturas verdes” podem afetar diretamente nos valores de temperatura dessas edificações, como pode ser observada na prefeitura de Chicago, nos Estados Unidos (Figura 13).



Figura 13 - Telhado da prefeitura de Chicago, e a relação das temperaturas com os diversos elementos presentes nessa estrutura.

Fonte: EPA, 2008.

Tem-se na figura anterior (Figura 13) duas imagens coletadas com equipamentos diferentes, a primeira (esquerda), registrada por uma máquina fotográfica usual, onde é possível observar que na porção esquerda da cobertura optou-se pela utilização de jardins “cobertura verde” e na porção direita observa-se uma cobertura com manta asfáltica. A imagem da direita foi coletada por um equipamento capaz de medir a temperatura dos materiais, onde verificou-se que existe uma variação significativa de temperatura entre os dois tipos de coberturas instaladas, conforme o espectro de cores apresentado a direita.

Diferentes materiais utilizados para construção de pavimentos, coberturas e paredes apresentam distintas características de condutividade térmica e capacidade calorífica. Essas peculiaridades de cada material estão intrinsecamente ligadas com sua capacidade de absorver e emitir calor (Figura 14).

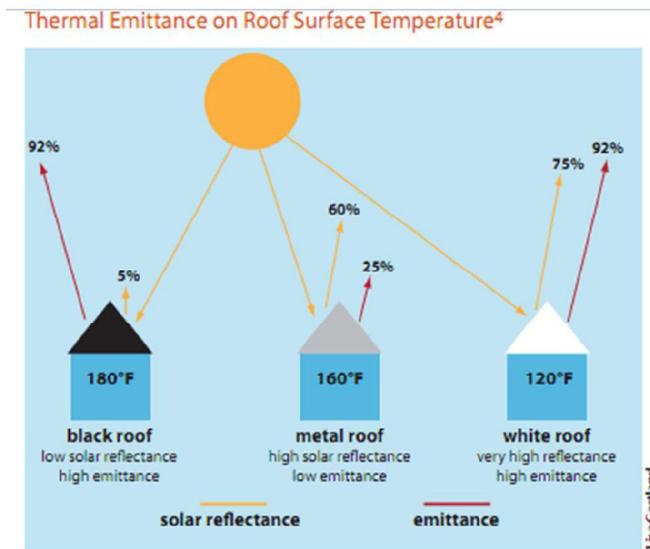


Figura 14 - Tipos de coberturas e valores de emitância
Fonte: Gartland, 2010.

Os materiais com alta condutividade térmica (Figura 15) tendem a conduzir o calor para o seu interior e os materiais com alta capacidade calorífica (Figura 16), conseguem armazenar esse calor por mais tempo em seu volume.

A combinação dessas duas características é conhecida como difusividade térmica (Figura 17) e é definida pela divisão da condutividade térmica por sua capacidade calorífica, portanto, os materiais que apresentam altos valores de difusividade térmica conduzem mais calor para o seu interior, e as temperaturas se mantêm mais constantes com o tempo, influenciando diretamente na formação das ilhas de calor, pois esses elementos adquirem calor durante o dia, aquecendo o ar ao redor delas e durante o período noturno eles continuam liberar calor.

Esse fenômeno pode ser constatado em pontos específicos de algumas cidades, aonde se observa um adensamento de estruturas urbanas como casas, prédios, asfaltos entre outros. Esses elementos promovem uma alteração climática local que pode ser verificada quando nos deslocamos dentro da área urbana, geralmente as áreas centrais possuem uma maior temperatura que as regiões mais afastadas.

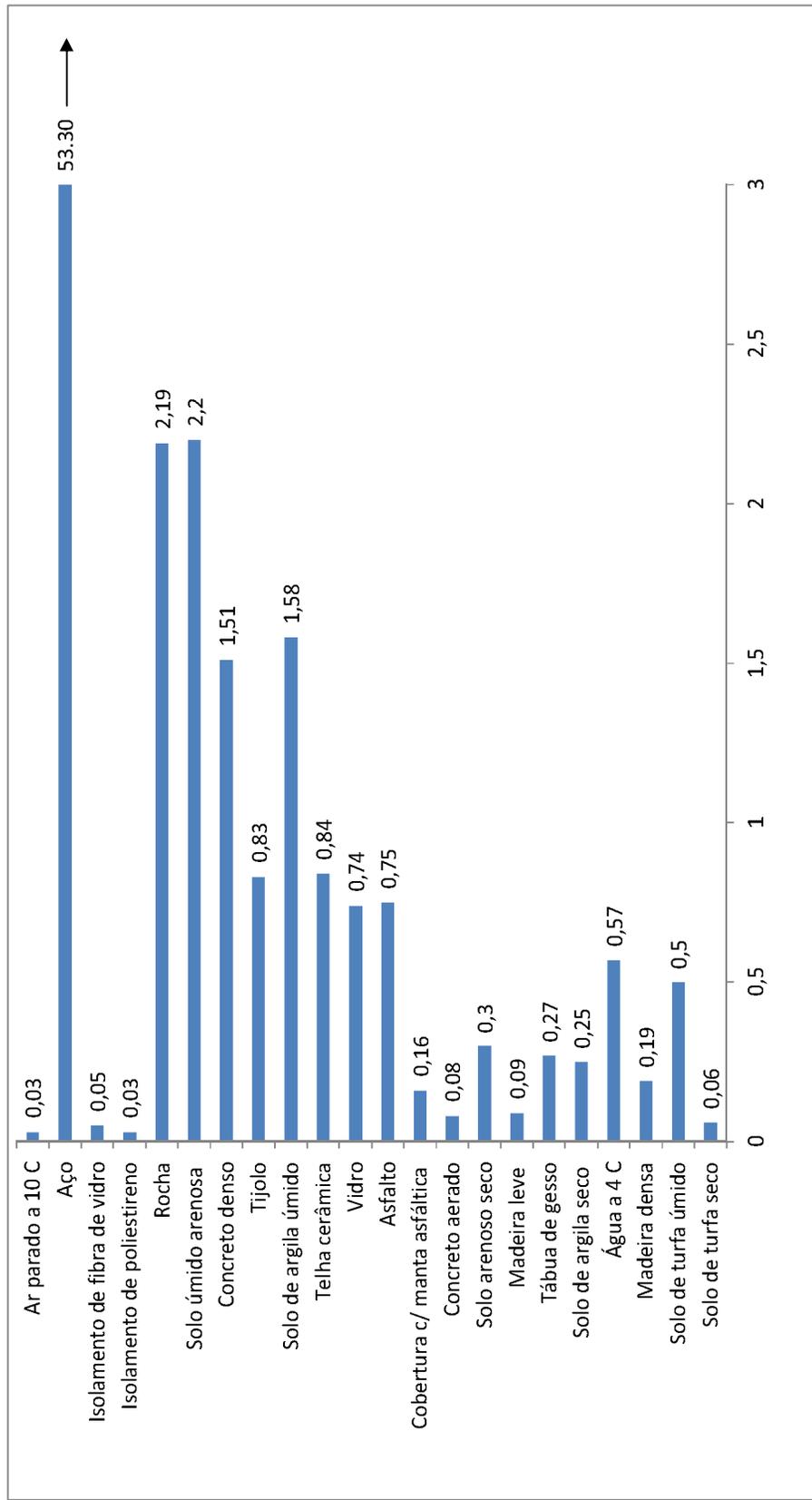


Figura 15 - Condutividade térmica (w/m k)

Fonte: Garfand, 2010.

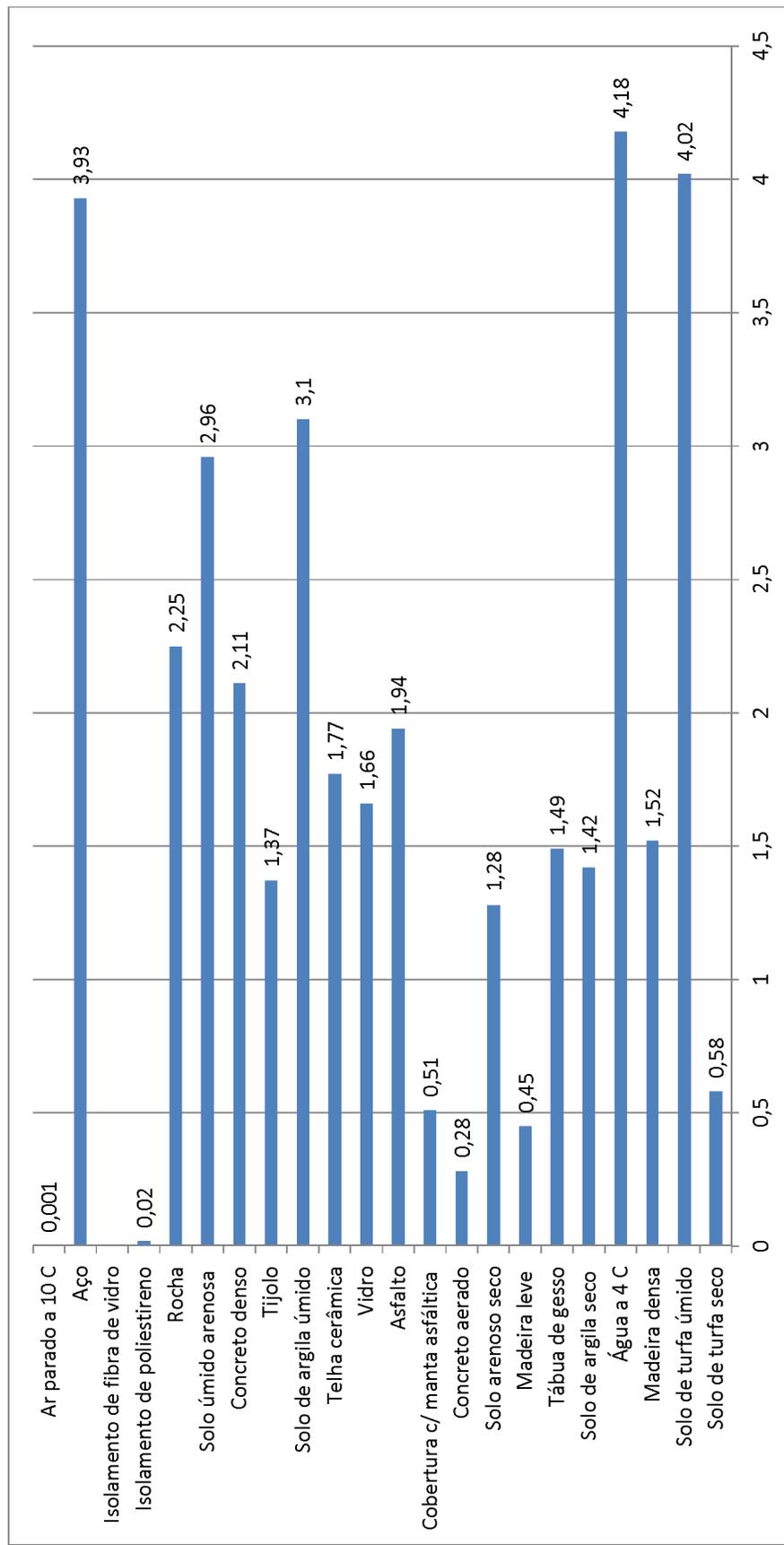


Figura 16 - Capacidade calórica (J/m³/K x 106).

Fonte: Gartland, 2010.

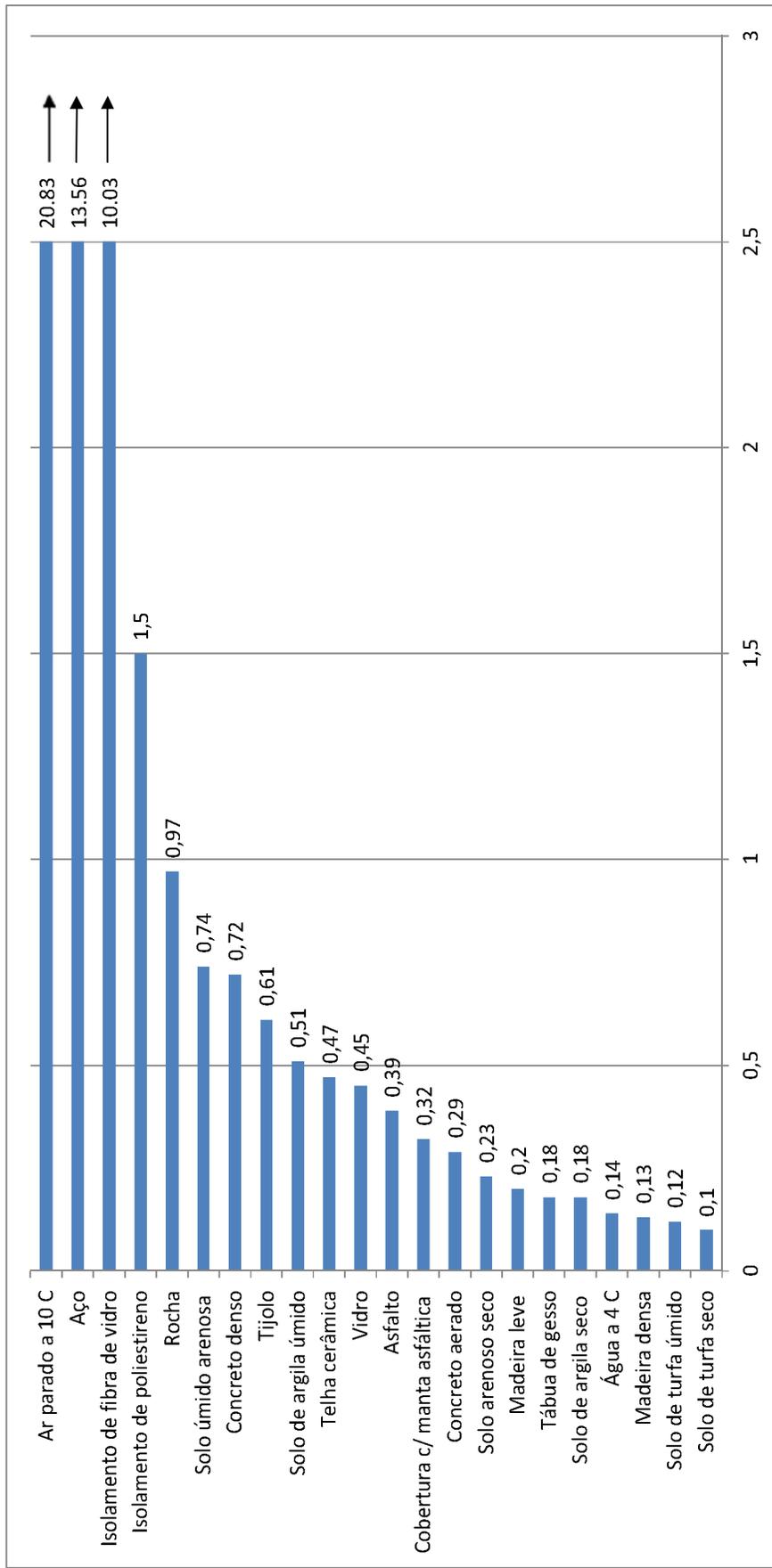


Figura 17 - Difusividade térmica (m²/s x 10⁻⁶).

Fonte: Garfand, 2010.

A magnitude e importância das temperaturas de superfícies, segundo Gartland (2010), não eram totalmente compreendidas até serem captadas do alto; esse fato ocorreu no século XX, onde foram utilizados equipamentos acoplados em aeronaves e satélites que puderam, dessa maneira, mapear a distribuição de temperaturas na superfície terrestre, e cada vez mais ajudam os cientistas observarem como o crescimento urbano pode afetar nas temperaturas de uma determinada área (Figura 18). Observa-se na figura a seguir que a mancha urbana representada pela cor cinza, apresenta os maiores valores de temperatura, quando observada por um sensor de infravermelho.

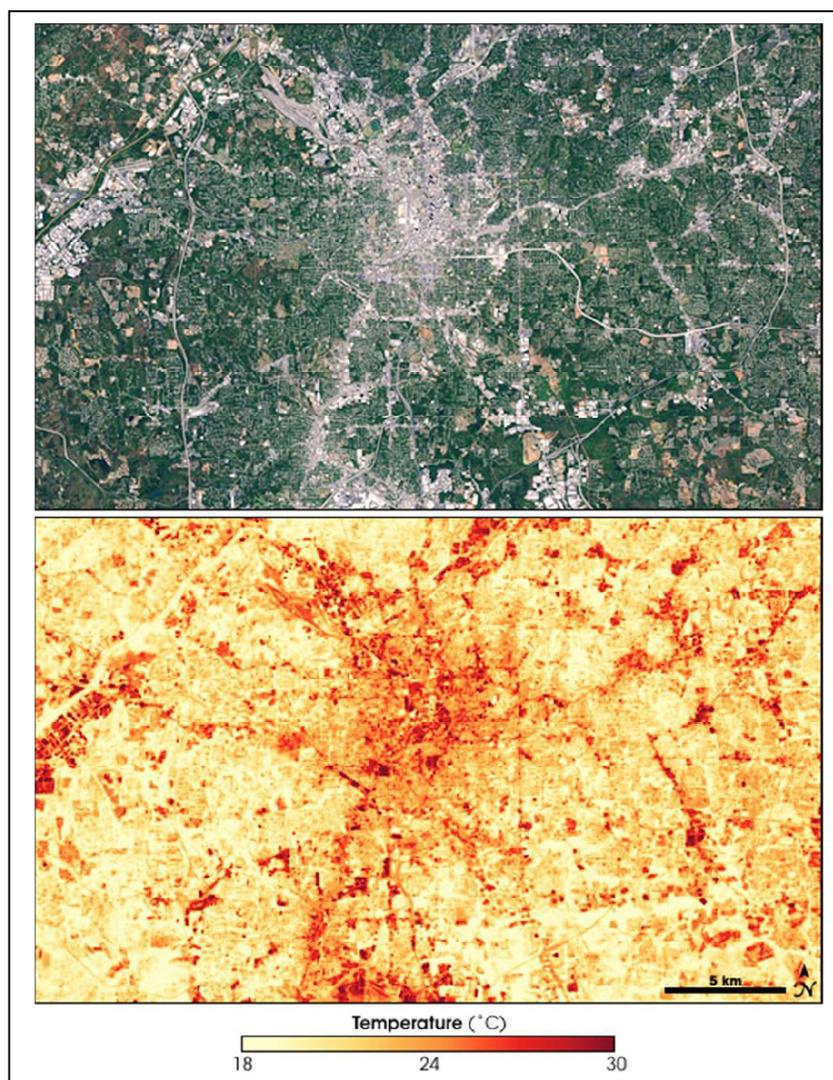


Figura 18 – Temperatura de superfície de Atlanta (28/09/2000)

Fonte: NASA, 2000.

Além das técnicas de “coberturas verdes” a proposta de jardins verticais ou a utilização de árvores que promovam o sombreamento das paredes (Figura 19), podem também amenizar as temperaturas internas de ambientes, pois protegem os materiais da incidência direta dos raios solares, além de possuir uma regulação natural de temperatura.



Figura 19 - Exemplo de parede verde.

Fonte: EPA, 2008.

A morfologia do terreno é outro fator que pode influenciar na formação das ilhas de calor, e se referem às dimensões e espaçamentos entre prédios, essa configuração pode influenciar na absorção de energia, velocidade e direção dos ventos, sombreamento além de promoverem o confinamento de energia. Monteiro (2003, p. 25) diz:

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

Segundo Gartland (2010), observa-se em ambientes urbanos algumas características na distribuição das temperaturas, onde se verifica temperaturas mais amenas nas áreas menos urbanizadas e mais elevadas quando se aproxima do ponto central da cidade, a qual apresenta um maior adensamento de construções. A distribuição de temperaturas de superfície na cidade de Maringá apresenta essas

características como pode ser observado no perfil transversal A – E, (Figura 20). Essa secção transversal englobou um trecho que percorre a área rural e o perímetro urbano do município.

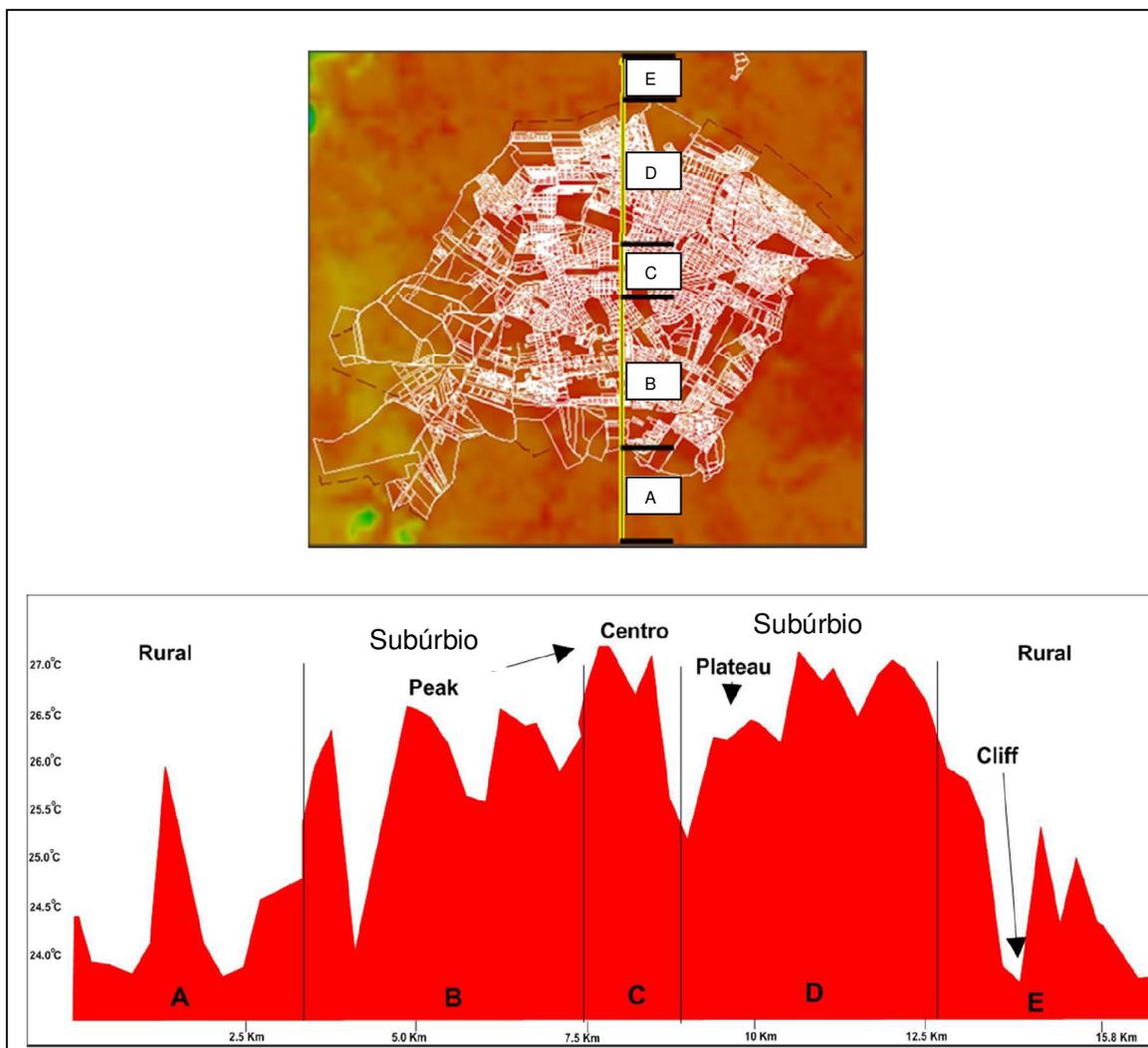


Figura 20 - Secção transversal para a caracterização da distribuição de temperaturas realizada na cidade de Maringá – PR.

Elaborado por: Paulo José M. M. e T. Germano, 2011.

Observa-se que a área rural (porção A e E) apresentaram temperaturas mais amenas quando comparada com as áreas localizadas no subúrbio (B e D) e centro (C) respectivamente. Os picos de temperaturas encontrados nas áreas rurais e subúrbio estão geralmente relacionados com áreas com solo exposto, onde os valores de temperatura superficial atingem valores elevados, devido suas características físico-químicas. Observa-se nesse perfil a existência de alguns

elementos evidenciados por Oke (1987), tais como os setores de “*cliff*¹²”, “*plateau*¹³” e “*peak*¹⁴”.

Outros aspectos importantes para os estudos microclimáticos estão relacionados às características do clima geral da área que também é englobado pela geografia, como abordado por Monteiro (2003, p. 22):

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

Esses são fatores intrínsecos de cada região, podendo exercer grande, ou pouca influência na ocorrência ou não das IC e IF, pois entende-se por clima o resultado do estudo da ação de vários elementos atmosféricos (ventos, cobertura por nuvens, frentes frias, tempestades, regime de chuvas, temperaturas máximas e mínimas, incidência de raios solares umidade relativa entre outros), e a geografia local leva em consideração a ocorrência de elementos geográficos, tais como a topografia a qual pode afetar a circulação de ventos ou a existência de corpos hídricos que podem agir como moderadores de temperatura.

Akbari (2001), em seu estudo sobre os efeitos das técnicas de mitigação de ilhas de calor urbana provou que seria possível economizar dinheiro e energia elétrica, caso fossem tomadas medidas para amenizar a ocorrência desses fenômenos (Figura 21).

Observa-se que após a aplicação de técnicas para mitigar a ocorrência das IC, pode-se encontrar efeitos diretos e indiretos relacionados ao ambiente, além de resultados satisfatórios referentes ao menor consumo de energia, emissões de CO₂, NO_x, COV e O₃.

¹² *Cliff* – Ponto onde se observa uma queda das temperaturas.

¹³ *Plateau* – Local onde se verifica uma homogeneidade dos valores de temperatura.

¹⁴ *Peak* – Ponto onde se observa os maiores valores de temperatura.

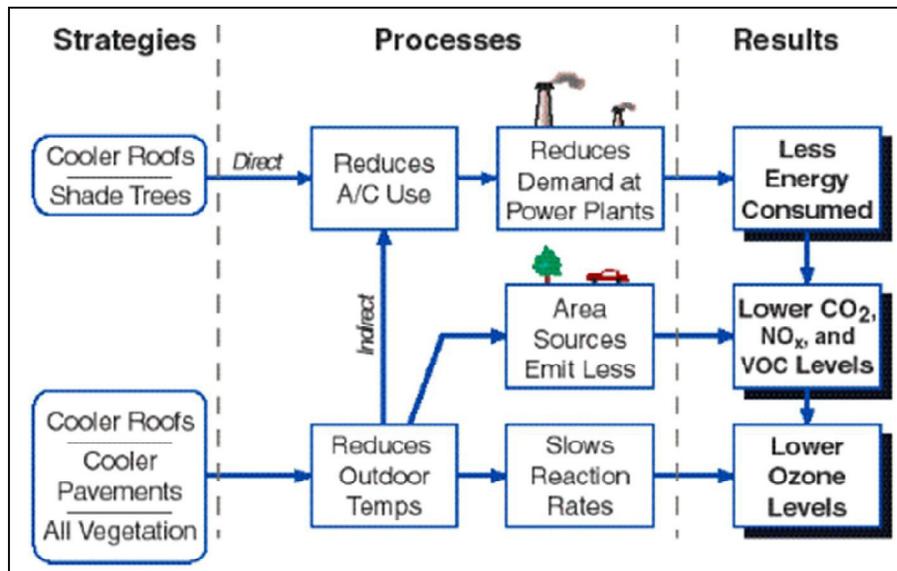


Figura 21 - Estratégias, processos e resultados referentes a mitigação de ilhas de calor urbana.
Fonte: Akbari *et al*, 2001.

3.3 Diferenças entre as IC e IF atmosféricas e de superfície

As ilhas de calor atmosféricas podem ser identificadas por meio de equipamentos como estações fixas ou mesmo por meio de transectos móveis. As estações fixas podem coletar e gravar diversas informações climáticas de um determinado local. Geralmente para realizar um estudo sobre ilhas de calor, são colocadas diversas estações em locais estratégicos para avaliar a existência ou não de variação climática de um determinado ponto em relação a outro. Essas estações fixas são programadas para coletar dados, simultaneamente possibilitando a elaboração de um mapa com isotermas ou gráficos de temperatura. As variações de temperatura encontradas por esse método, segundo o EPA (2001) em muitos casos são pequenas durante o dia e mais perceptíveis à noite.

O método transecto móvel, é realizado por meio da acoplagem de um equipamento que coleta dados das condições climáticas (temperatura, umidade relativa etc) a um veículo, como por exemplo, carros, ônibus ou trens. Essa técnica também pode possibilitar a elaboração de mapas com isotermas, gráficos ou perfis transversais de variação de temperatura (Figura 22).

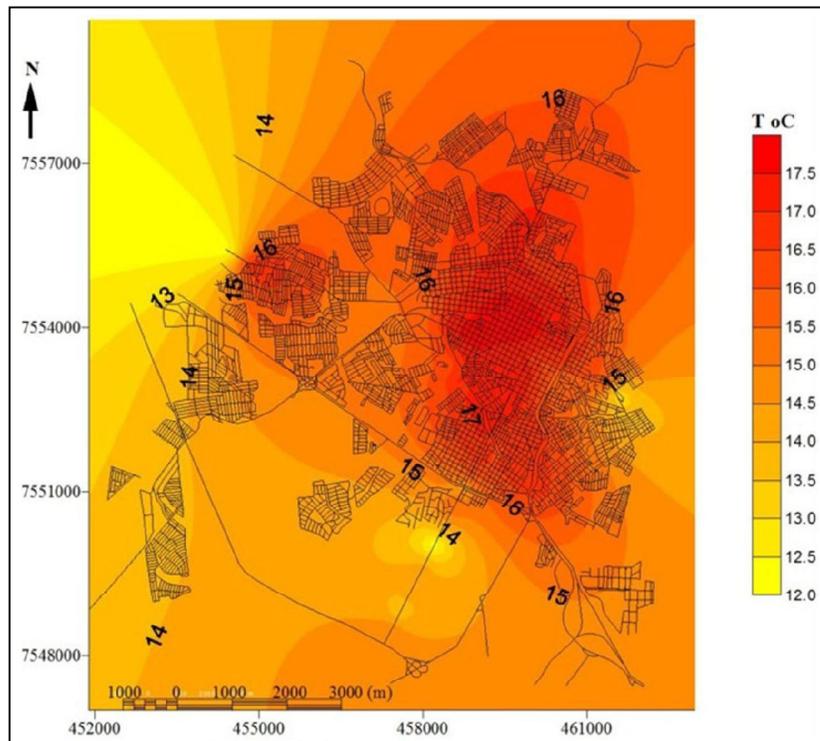


Figura 22 - Temperatura do ar em Presidente Prudente – SP obtida pelo método transecto móvel, no dia 14/07/2004 às 20 horas.

Fonte: Amorim, 2009.

Os métodos de identificação desse tipo de ilhas de calor são comumente caros, pois necessitam diversos equipamentos, recursos humanos além de envolver gastos com deslocamento, porém sua vantagem está ligada à mensuração desses dados, os quais são obtidos de maneira direta.

Diferentemente dos métodos de obtenção de dados para análises de ilhas de calor atmosféricas, as ilhas de calor de superfície são perceptíveis tanto de dia quanto à noite, e sua intensidade é mais observada durante o verão. As variações de temperatura de uma ilha de calor de superfície geralmente apresentam valores superiores quando comparadas com as atmosféricas. Seu método de identificação é feito utilizando mensurações indiretas, como é o caso do Sensoriamento Remoto, e os resultados são imagens termais (Figura 23).

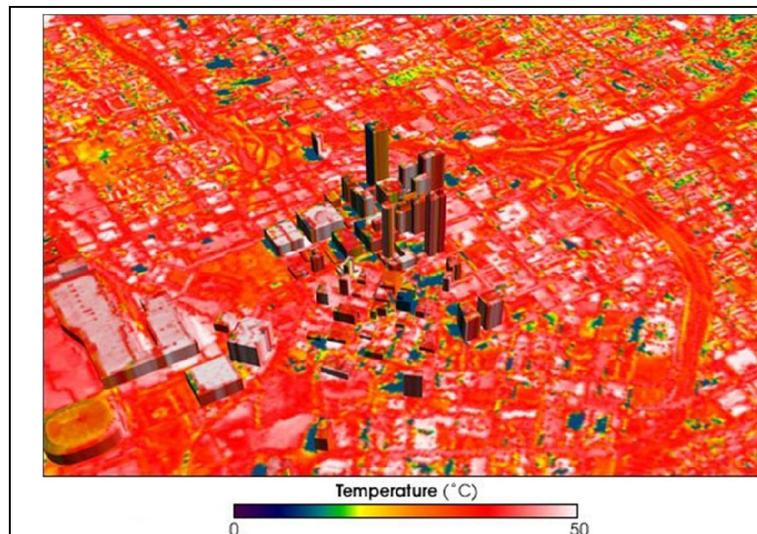


Figura 23 - Imagem termal de alta resolução realizada na cidade de Atlanta – USA.
Fonte: NASA, 2011.

Esse método tem como vantagens a velocidade de coleta dos dados, a periodicidade e o custo, além de permitir a identificação dos elementos mais quentes e mais frios que de maneira direta ou indireta podem afetar na formação das ilhas de calor ou frescor. Para estudos de temperaturas em ambientes urbanos, verifica-se diversos trabalhos utilizando o satélite Landsat 5 TM que, apesar de não possuir uma alta resolução espacial, pode, de maneira geral, indicar, após a aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto, a distribuição dos valores de temperatura em uma imagem.

4 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ, PARANÁ

Neste capítulo serão apresentadas informações sobre a localização da área de estudo bem como as características do relevo, dimensões, vegetação e clima

4.1 Localização de Maringá, Paraná

O Município de Maringá esta localizada na região sul do Brasil, no norte do estado do Paraná a aproximadamente 430 Km da capital do Estado, Curitiba (Figura 24). A área total municipal é de 487,83 Km², e a população atual é de 357.077 habitantes, segundo dados preliminares do censo IBGE (2010).

O Município é o pólo de uma região metropolitana que engloba 25 municípios e faz fronteira com as cidades de Sarandi, Marialva, Floresta, Mandaguaçu Ângulo, Astorga e Paiçandu.

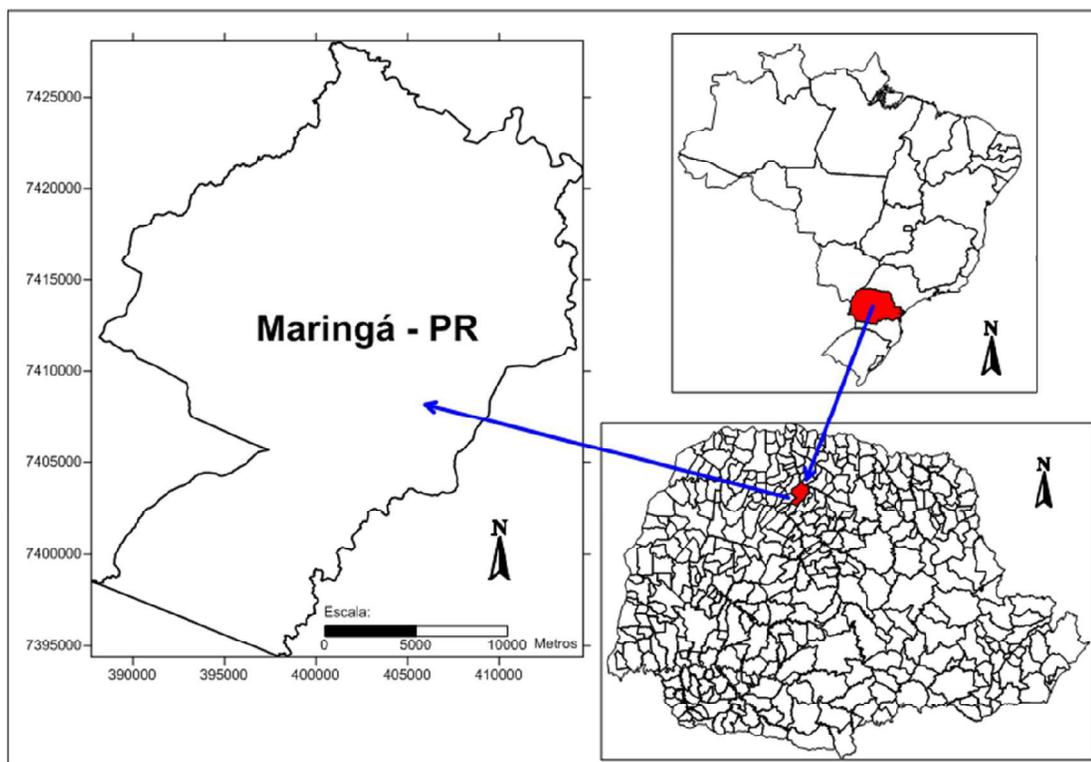


Figura 24 - Croqui de localização do município de Maringá-PR.

Bases: IBGE, 2011 e ITCG, 2011.

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

O relevo do Município apresenta cotas altimétricas que variam de pouco menos de 400 metros até 600 metros (Figura 25). Entretanto o relevo se caracteriza como suave, ou seja, apresenta grandes extensões de áreas com classes de declividade

do tipo baixa, onde as maiores acentuações do terreno podem ser encontradas próximas aos córregos.

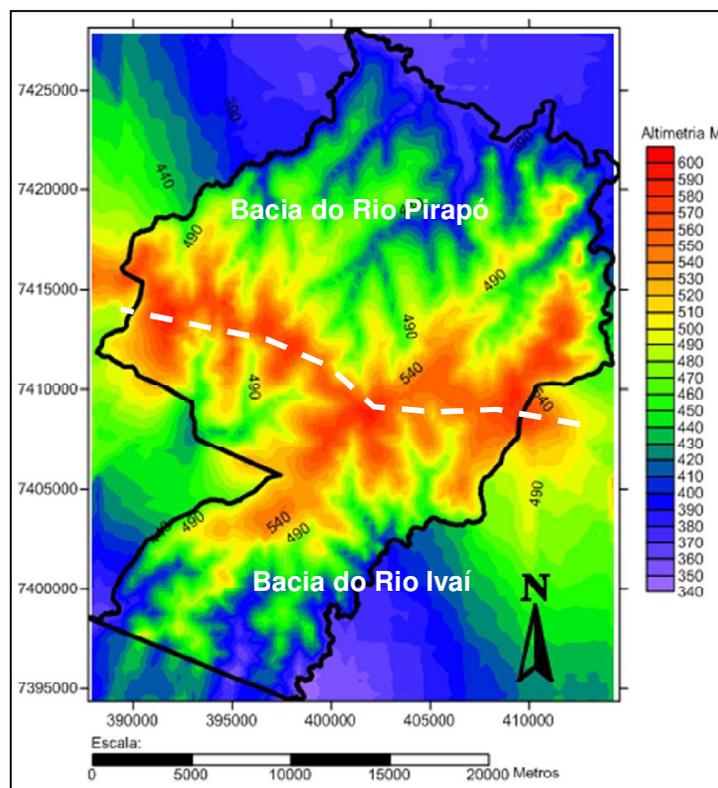


Figura 25 - Hipsometria de Maringá – PR.
 Base: IBGE, 2011 e EMBRAPA, 2001.
 Elaborado por: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

Observa-se que existe um alinhamento no relevo que secciona o Município em duas porções; a porção ao norte desse divisor de águas, (linha tracejada em branco) encontra-se na bacia do Rio Pirapó e a porção sul na bacia do Rio Ivaí. Segundo Barbosa (2010), a cidade possui 68 nascentes em sua área urbana e 32 córregos e ribeirões resultando em cerca de 70 Km de extensão de fundos de vale.

4.2 Vegetação

A cidade de Maringá esta localizada em região com predominância da fitofisionomia denominada Floresta Estacional Semidecidual, que se caracteriza por comunidades vegetais onde 20 a 50% dos indivíduos do estrato arbóreo superior perdem as folhas na estação desfavorável (IBGE, 1992). Seu limite é estabelecido entre a relação da sazonalidade e a estreita variação fisionômica que essa formação apresenta.

De forma geral a Floresta Estacional Semidecidual caracteriza-se por apresentar dossel irregular com indivíduos emergentes que podem alcançar em torno de 35 metros de altura. No estrato superior destacam-se as espécies: *Aspidosperma polyneuron* Mull (peroba), *Tabebuia heptaphylla* (ipê-roxo), *Gallesia integrifolia* (pau-d'algo), *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Cordia trichotoma* (louro-pardo), *Diatenopteryx sorbifolia* (maria-preta), *Parapiptadenia rígida* (gurucaia), *Anadenanthera colubrina* (monjoleiro), *Lonchocarpus muehlbergianus* (rabo-de-bugio), *Machaerium stipitatum* (sapuva), *Apuleia leiocarpa* (grápia) e *Rauvolfia sellowii* (peroba-d'água), entre outras. Os estratos dominados são caracterizados por espécies como: *Guarea macrophylla* (baga-de-morcego), *Chrysophyllum gonocarpum* (caxeteira), *Actinostemon concolor* (laranjeira-do-mato) e *Sorocea bonplandii* (xinxo). São comuns as descontinuidades do dossel formando clareiras colonizadas por “taquarais” (*Merostachys* spp e *Chusquea* spp) (MAACK, 1981; LEITE e KLEIN, 1990).

4.2.1 Arborização Urbana.

Segundo Meneghetti (2009), a cidade de Maringá possui suas bases no modelo de cidade-jardim, elaborado por Ebenezer Howard que deu bases ao projeto de arborização da cidade.

O plano de arborização iniciou-se em 1949, com o Engenheiro Agrônomo Luiz Teixeira Mendes; verifica-se em seu projeto a existência de espécies nativas e exóticas bem como a criação das três principais reservas com vegetação nativa (Horto Florestal, Parque Florestal dos Pioneiros e Parque do Ingá). Esse histórico de preocupação com o verde urbano proporcionou a Maringá uma situação privilegiada em termos de qualidade ambiental e paisagístico.

No que tange os estudos de Sampaio (2006), a arborização urbana da área referente ao plano inicial de Maringá possui uma taxa de ocupação (por vegetação) de 17,57% e, quando somadas as áreas referentes ao Parque do Ingá, Parque Florestal dos Pioneiros e Horto Florestal, esses valores sobem para 22,54%. As espécies mais frequentemente encontradas neste estudo foram: *Caesalpinia*

pluviosa (sibipiruna), *Tipuana tipu* (tipuana) e *Tabebuia impetiginosa* (ipê roxo). Observou-se também que a cidade possui uma boa variabilidade de espécies, mas algumas com frequência muito baixa. Essas árvores possuem como característica, porte arbóreo superior a 10 metros de altura e uma copa frondosa (aproximadamente 11 metros), que dependendo da distancia entre elas, podem criar verdadeiros “corredores de sombra”, tanto nas ruas como nas calçadas (Figura 26).

De maneira geral a vegetação urbana pode melhorar a qualidade ambiental no meio urbano, pois oferece sombreamento, diminuição da poluição sonora, proteção contra ventos, purificação do ar, emissão de H₂O para atmosfera, além de questões estéticas como quebra na monotonia da paisagem urbana.

Observa-se que além dos benéficos enfocados anteriormente, as árvores também contribuem para o fornecimento de abrigo e alimentação a fauna autóctone, possibilitando em parte a vida silvestre no ambiente urbano.

Segundo Gartland (2010), os principais efeitos benéficos de uma boa arborização estão relacionados ao sombreamento, reduzindo temperaturas, economia de energia em edifícios e casas (arrefecimento), melhoria na qualidade do ar devido à captação de CO₂ da atmosfera (variando de 16 Kg/ano a 360 Kg/ano), liberação de O₂, redução de enchentes devido à permeabilidade do solo, diminuição de ruídos, proteção contra as luzes ultravioletas, aumento de vida útil dos pavimentos asfálticos, barreira contra ventos e valorização imobiliária.



Figura 26 - Corredor de sombra na Rua Dep. Ardinial Ribas – Zona 07.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

4.3 Clima

Para o entendimento do microclima de uma localidade é imprescindível o entendimento dos fatores macroclimáticos, pois esses, de certa maneira, regem o microclima, podendo alterá-lo de maneira rápida; portanto, esse tópico trará uma visão geral das condições climatológicas do estado do Paraná e do município de Maringá.

A umidade relativa média do Município encontra-se em torno de 70%, com temperaturas médias anuais superiores a 20°C. O regime de chuvas apresenta boa distribuição durante todo o ano e os meses mais chuvosos encontram-se no verão (dezembro, janeiro e fevereiro), com uma pequena redução nos meses de inverno (junho julho e agosto). A pluviometria média anual varia de 1.200 a 1.500 mm (IAPAR, 2000).

Observa-se que a maior parte do estado do Paraná encontra-se sob o domínio do clima Cfa (clima temperado úmido com verão quente), englobando também a área de estudo (Figura 27). Segundo IAPAR (2000), as temperaturas médias no mês mais frio são inferiores a 18°C e temperatura média no mês mais quente está acima de 22°C, apresentando verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Já a porção sul apresenta como clima dominante o do tipo Cfb (clima temperado úmido com verão temperado).

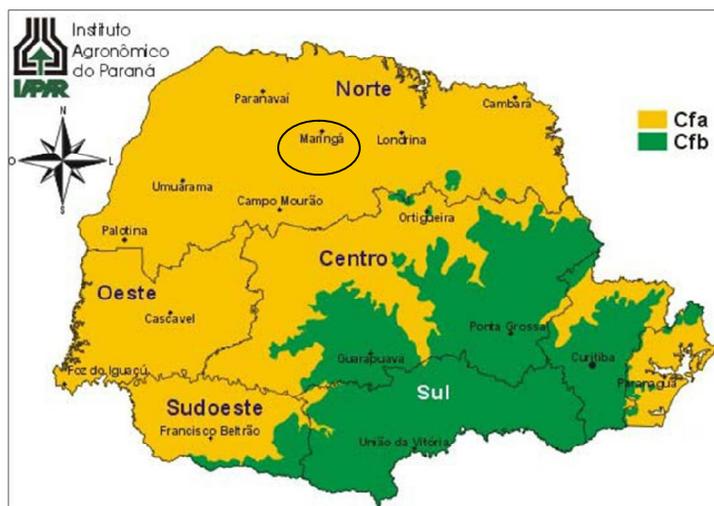


Figura 27 - Classificação climática segundo Köppen.
Fonte: IAPAR, 2000.

A evapotranspiração é o nome dado a dois processos que podem ocorrer de maneira concomitante e fazem parte do ciclo da água na natureza, são eles: evaporação e a transpiração. A evaporação é fenômeno pelo qual ocorre a transformação da água em sua forma líquida, para a gasosa. Esse acontecimento está intrinsecamente relacionado a alguns fatores como, a incidência de radiação solar, a temperatura do ar, a umidade do ar e a velocidade dos ventos. A evaporação pode ser medida por equipamentos como o Tanque Classe A e o Evaporímetro de Piche. Diferentemente do processo de evaporação a transpiração é o processo pelo qual a água em um determinado corpo é eliminada devido ao aumento de temperatura, interna ou externa, aflorando para superfície dos seres vivos por meio de glândulas (vertebrados), ou pelos estômatos (vegetais).

O estado do Paraná possui taxas de evapotranspiração anual variando de 800, a 1600 mm, e o município de Maringá, possui taxas de evapotranspiração variando em 1200 a 1300 mm (Figura 28).

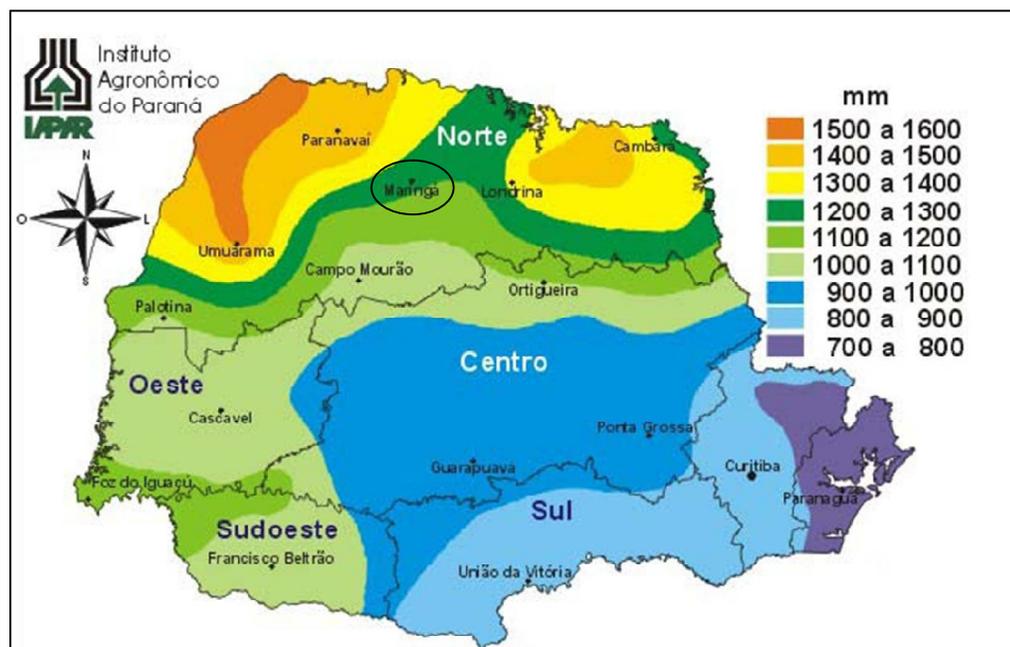


Figura 28 - Evapotranspiração anual do Estado do Paraná, destacando-se Maringá.
Fonte: IAPAR, 2000.

O trimestre que apresenta as temperaturas mais elevadas englobam os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (Figura 29), onde se verifica temperaturas

temperatura ambiente. O valor da umidade relativa pode mudar pela adição ou remoção de umidade do ar ou pela mudança de temperatura (IAPAR, 2000). O estado do Paraná possui taxas anuais de umidade relativa variando de 85 a 65% (Figura 31).

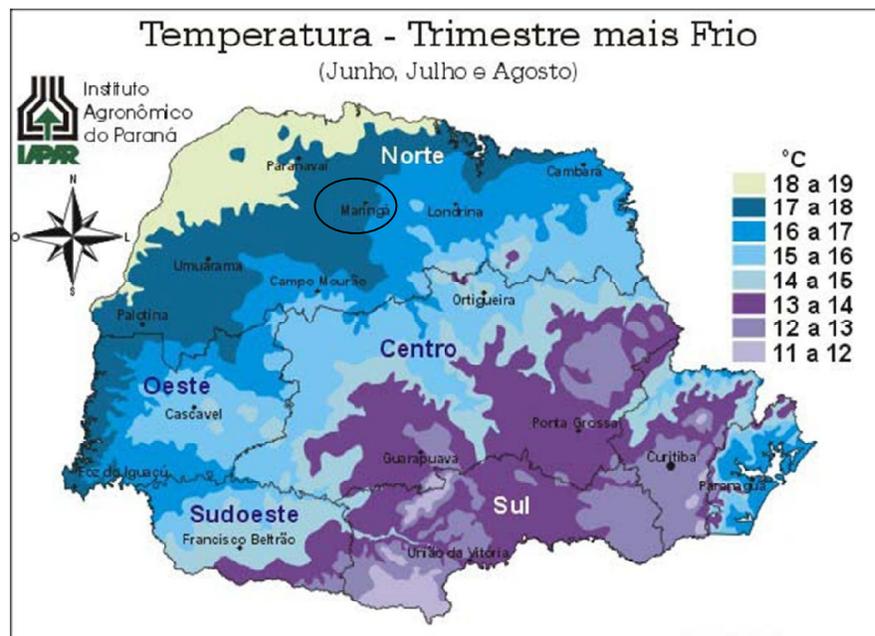


Figura 30 - Temperaturas do trimestre mais frio.
Fonte: IAPAR, 2000.

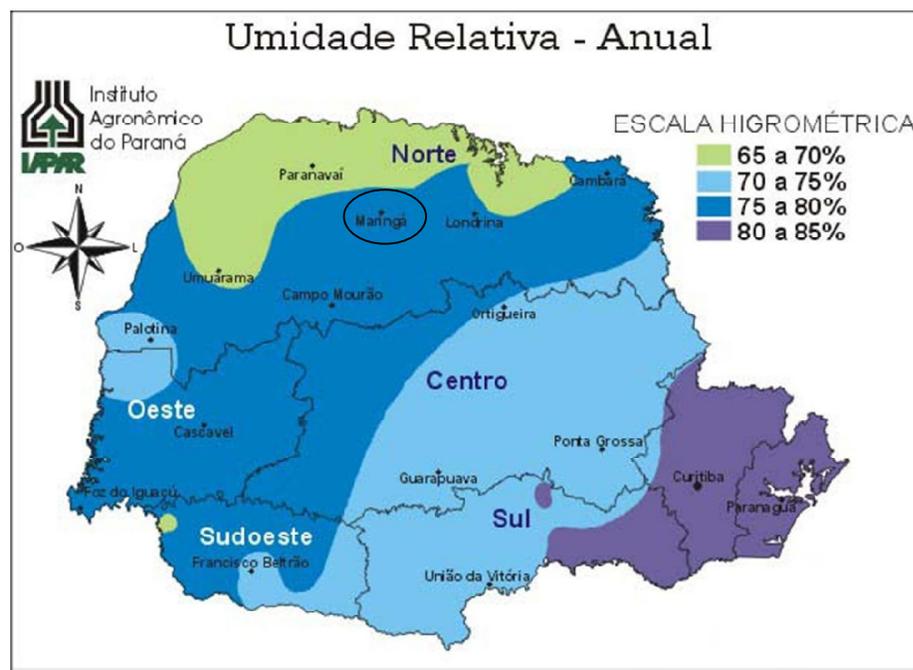


Figura 31 - Umidade relativa anual.
Fonte: IAPAR, 2000.

Em Maringá-PR observa-se que as taxas de umidades relativas variam de 75 a 80%, portanto encontra-se na zona com o segundo maiores valores de umidade relativa.

Segundo o Instituto Tecnológico do Paraná SIMEPAR (2002), em seu estudo com dados dos anos de 1982 a 2002, verificou-se que o Estado do Paraná possui rajadas de ventos variando de 4 a 10 m/s. Os ventos mais intensos são encontrados nas regiões de Ponta Grossa e entre Maringá e Londrina. O município de Maringá se enquadra em uma área com ventos anuais médios por volta de 8 m/s.

Essa velocidade média anual dos ventos encontrado em Maringá é caracterizada como do tipo fresco, ou seja, as rajadas máximas de vento são de força 5, segundo a escala de Beaufort. Essa escala caracteriza os ventos por sua velocidade na escala de metros por segundo tendo como limites as velocidades de 0,3 e 32,7 m/s.

De acordo com Monteiro (2003), os ventos são elementos importantes em estudos sobre ilhas de calor já que podem interferir diretamente na ocorrência desses fenômenos, pois podem agir dissipando o ar quente, promovendo uma amenização das temperaturas do local.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os materiais e metodologias empregadas neste estudo buscaram atender os objetivos apresentados que, de maneira sintética, foi constituída pela aquisição de dados cartográficos, imagens de satélites e a aplicação de técnicas de geoprocessamento, que serão apresentas a seguir.

5.1 Materiais

Para a elaboração desse projeto utilizou-se imagens do satélite Landsat 5, banda 6 (Infravermelho termal), da região que engloba a área de estudo. As bases cartográficas foram adquiridas nos sites de instituições como: IBGE, SIMEPAR, IAPAR, ITCG e IBGE. Além desses dados apresentados anteriormente, foram coletadas em campo, por meio de máquina fotográfica, imagens das áreas de estudo.

As áreas delimitadas nesse estudo (Zonas 1, 2, 7, 10 e 45), foram selecionadas levando em consideração as características morfológicas que cada uma representa (centro, áreas residenciais consolidadas, expansão urbana e etc.). Sendo possível assim elaborar uma visão geral de como cada situação morfológica interage com os fenômenos de IC e IF.

5.2 Metodologia

Minayo (2000), considera que metodologia é entendida como “o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade”, portanto a metodologia se ocupa dos estudos dos métodos e das regras estabelecidas para realização de uma pesquisa.

A pesquisa consistiu-se inicialmente em uma revisão da literatura de forma a embasar o direcionamento das técnicas a serem aplicadas nesse estudo, além de proporcionar um entendimento do panorama geral que acercam os eventos de IC e IF.

Visando o atendimento dos objetivos delineados nessa pesquisa, priorizou-se a aquisição das imagens referentes à área de estudo. Estas foram adquiridas junto ao *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e contemplam os anos

de 2000 a 2010, totalizando 50 imagens. Esse recorte temporal foi definido levando em consideração o crescimento populacional que a cidade de Maringá apresentou nesses 10 anos (68424 habitantes). Posteriormente a coleta das imagens, essas passaram por uma avaliação, em que foi observada a qualidade do material.

Dentre as 50 imagens disponíveis 4 não foram utilizadas por apresentarem problemas como recobrimento por nuvens na área de estudo, trabalhou-se com as imagens referentes aos meses de primavera e verão, pois nesses períodos as temperatura apresentam seus valores mais elevados.

Para a obtenção dos valores de temperatura da superfície foi utilizado o *software* ENVI 4.7 da empresa ITT, em que os dados de entrada foram as imagens Landsat 5, banda 6 (infravermelho termal), e em seguida foi realizado o processamento das imagens no qual foi possível a obtenção dos valores de temperatura (Figura 32).



Figura 32 - Esquema sintético do processamento da imagem do satélite
Organização: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

O guia utilizado para a determinação de temperatura de superfície foi o mesmo empregado pelo *Center for Earth Observation*, da Universidade de Yale. Trata-se de um método embasado na Lei de Planck.

Esta Lei explana que de maneira geral, todas as superfícies emitem energia térmica, e o máximo de energia que pode ser emitido por uma superfície perfeita pode ser considerado um corpo negro. Trata-se de um corpo hipotético que pode tanto emitir como absorver a radiação eletromagnética em todos os comprimentos de onda de maneira isotrópica, podendo ser traduzida como a quarta potência da temperatura da superfície do objeto (Equação 1).

$$\text{Energia emitida de um corpo negro} = \delta T^4 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde δ : constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$).

Porém, como nenhuma superfície real comporta-se como um corpo negro, deve-se considerar a seguinte fórmula (Equação 2):

$$\text{Energia real emitida} = \epsilon \delta T^4 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde ϵ : emissividade da superfície, que varia entre 0 e 1.

Os materiais presentes na terra apresentam emissões que variam de 0,8 a 0,95. Alguns materiais como metais sem revestimento podem apresentar valores variando de 0,2 a 0,6.

O tutorial utilizado pela Universidade de Yale apresenta um conjunto de duas formulas, sendo a primeira responsável pela transformação dos valores ND (números digitais coletados pelos satélite), que vão de 0 (branco) a 255 (preto), em valores de radiância (Equação 3). Os valores de *gain* e *bias*, são dados de calibração dos sensores (Quadro 3), e que afetam diretamente nos resultados de temperatura.

$$CV_{R1} = \text{gain} \times \text{ND} + \text{bias} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

CV_{R1} => Valor de radiância do pixel

gain => Coeficiente de calibração termal (0.05518)

ND => Número Digital (0 a 255)

bias => Coeficiente de calibração termal (1.2378).

Quadro 3 - Valores de Lmin, Lmax, Ganho (G) e Offset (B) a serem aplicados às imagens TM.

Processing Date	From March 1 st 1984 To May 4 th 2003				After May 5 th 2003				
	Band	Lmin	Lmax	G _{rescale}	B _{rescale}	Lmin	Lmax	G _{rescale}	B _{rescale}
	1	-1.52	152.10	0.602431	-1.52	193.0	0.762324	-1.52	
	2	-2.84	296.81	1.175100	-2.84	365.0	1.442510	-2.84	
	3	-1.17	204.30	0.805765	-1.17	264.0	1.039880	-1.17	
	4	-1.51	206.20	0.814549	-1.51	221.0	0.872588	-1.51	
	5	-0.37	27.19	0.108078	-0.37	30.2	0.119882	-0.37	
	6	1.2378	15.303	0.055168	1.2378	15.303	0.055168	1.2378	
	7	-0.15	14.38	0.056980	-0.15	16.5	0.065294	-0.15	

Fonte: INPE, 2009.

Portanto, um local que apresente um ND de 157, apresentará um valor de radiância de aproximadamente 9,90106 W/(m².sr. μm), quando aplicada a fórmula anterior.

Após a transferência dos valores de ND em radiância, aplicou-se a fórmula abaixo para a conversão desses valores em temperatura (Equação 4).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1 + CV_{R1}}{\epsilon}\right)}$$

(Eq. 4)

Onde:

T => Temperatura em Kelvin

CV_{R1} => Valor de radiância dos pixels da imagem anterior

ε => Emissividade (foi adotado o valor de 0.95)

K₁ 607.76 => Constante de calibração

K₂ 1260.56 => Constante de calibração.

Após a aplicação desta fórmula todos os valores de radiância das imagens foram transformados em temperatura dada em Kelvin.

A seguir é possível verificar uma imagem capturada no écran durante o processamento da imagem datada de 11/04/2000 (Figura 33). Nesta imagem observa-se a variação dos valores de um determinado pixel em cada momento do processo para obtenção dos valores de temperatura. Na primeira janela verifica-se os valores de ND (157), na a segunda tem-se os valores de radiância (9.901059) e a ultima os valores de temperatura (35 °C).

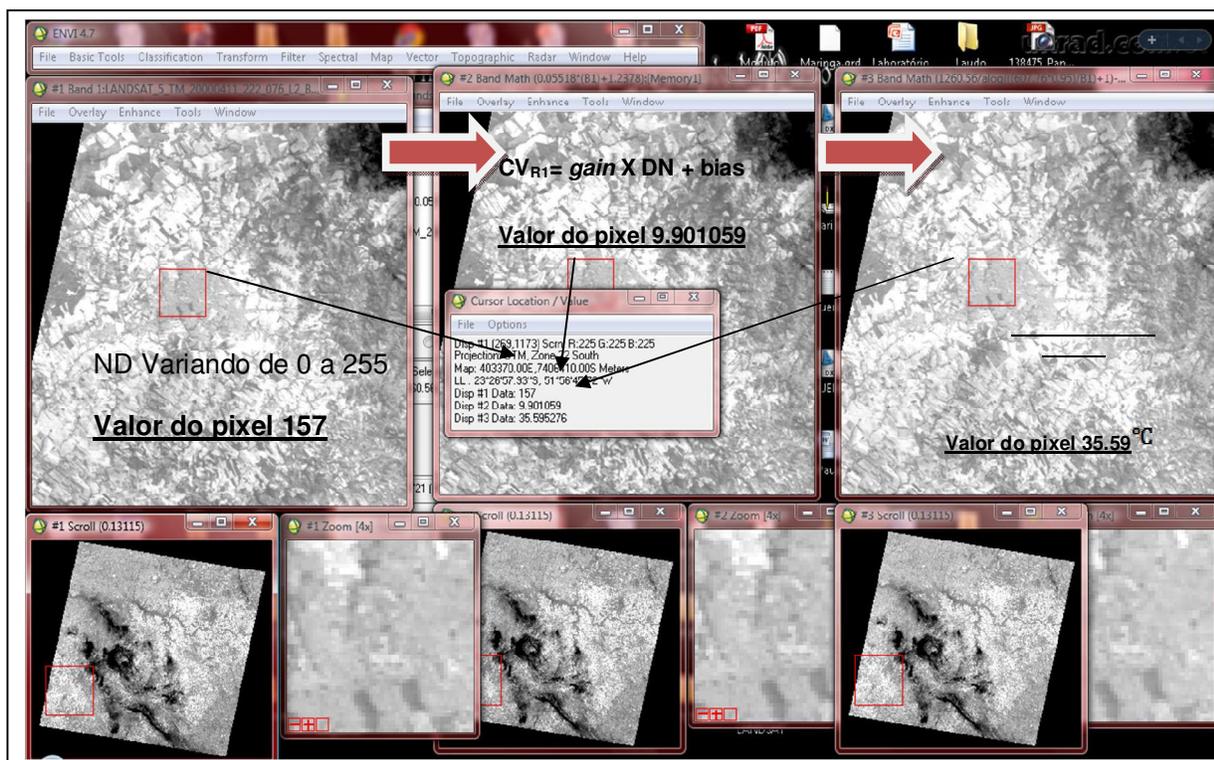


Figura 33. Processo de aquisição dos valores de temperatura.

Base: Imagem Landsat 5

Organização: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

Para a conversão das temperaturas de Kelvin para Celsius, optou-se por realizar uma ligeira alteração na formula anterior, subtraindo o valor de 273,15 dos valores expressados em Kelvin.

Após essa parte de processamento das imagens orbitais, foram realizados ajustes para o georreferenciamento, e em seguida foi atribuído cores para cada intervalo de valores de temperatura, após a interpolação dos dados utilizando

Krigagem (Figura 34). As cores mais quentes indicam as temperaturas mais elevadas e as cores frias as temperaturas mais amenas.

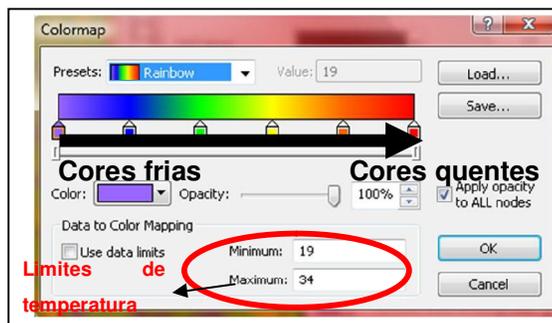


Figura 34 - Esquema das cores frias e quentes.
Organização: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

Observa-se que as cores frias (violeta) indicam temperaturas por volta de 19°C e as quentes 34°C (vermelho). A imagem já trabalhada (Figura 35) apresenta os valores de temperatura, as coordenadas em UTM e o limite da área urbana municipal.

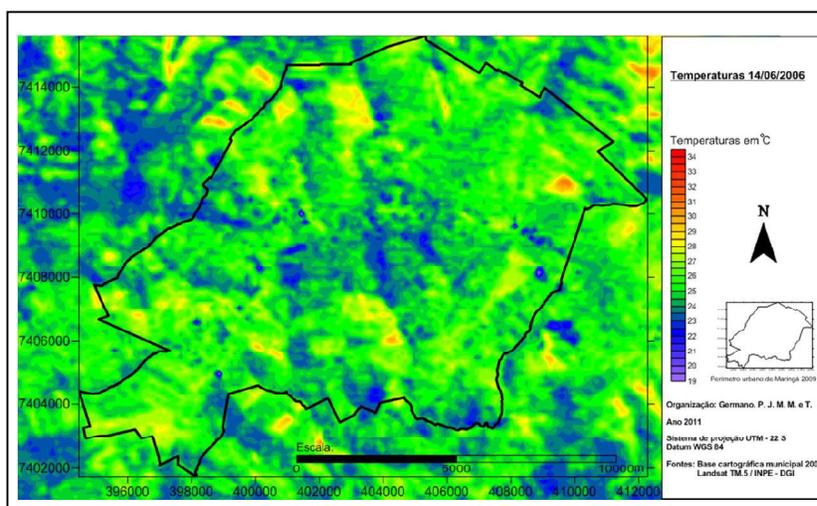


Figura 35 - Aplicação dos valores de cores quentes e frias.
Organização: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

Devido à resolução espacial de 120 metros da banda infravermelho termal a qual dificulta a localização e a definição de alguns elementos presentes na imagem como por exemplo, prédios, vegetação, etc (Figura 36), optou-se pela inserção de uma imagem de alta resolução espacial coletada a partir do *Software Google Earth*, que foi usada como plano de fundo, e em seguida foi aplicada uma transparência de 57% na imagem termal, aonde foi possível obter o seguinte resultado (Figura 36).

Esta técnica de transparência foi utilizada apenas para facilitar a localização dos fenômenos das ilhas de calor e frescor e sua distribuição na área de estudo, após esse procedimento, as ilhas de calor foram avaliadas sob os parâmetros já apresentados

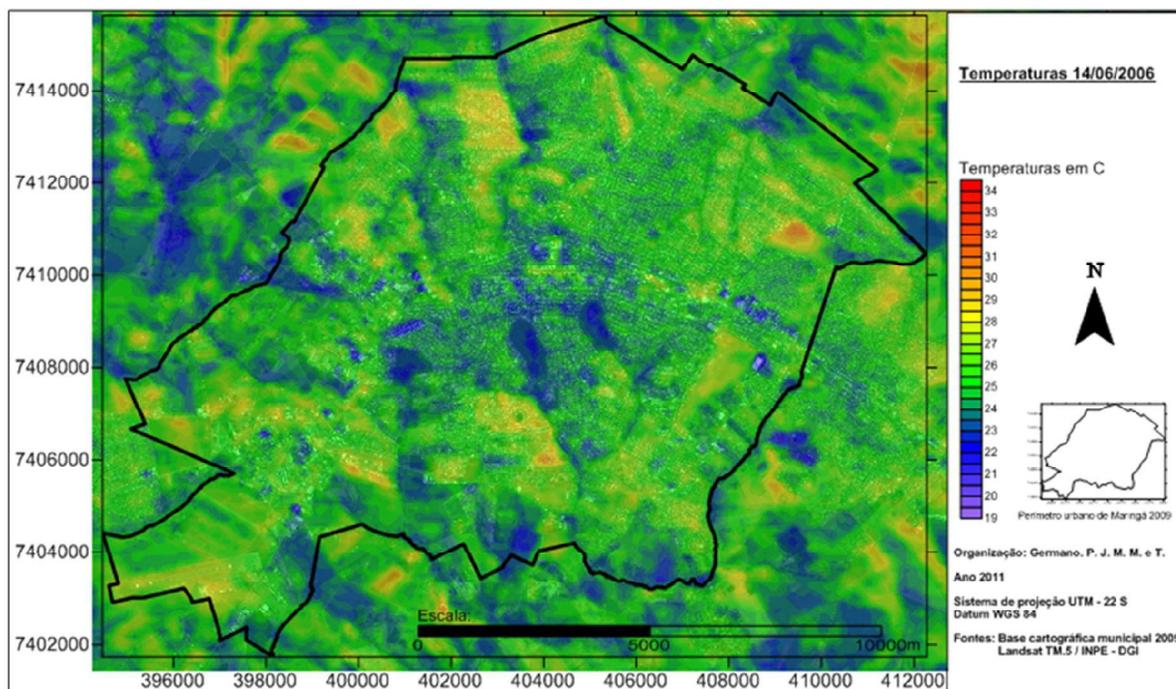


Figura 36 - Imagem da banda 6 do satélite Landsat 5 da cidade de Maringá trabalhada e com transparência de 57%.

Organização: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

5.3 Delimitação das áreas de estudo e descrição morfológica

A cidade de Maringá apresenta 53 zonas que englobam alguns bairros. As zonas escolhidas para esse estudo foram as Zonas 1, 2, 7, 10 e 45, localizadas em pontos distintos na área urbana do Município, cada qual com usos e ocupações específicos (Figura 37) que proporcionam diferentes condições morfológicas urbanas.

Segundo, Meneguetti (2009), p. 63 relata em seu estudo sobre a cidade de Maringá que:

Os projetos urbanos da Companhia, riscados no solo limpo da vegetação natural, desenvolvidos a partir de algumas condicionantes (o sítio e o relevo, a via férrea e a estação ferroviária) e do plano geral da empresa (...).

O projeto de Jorge Macedo de Vieira previa uma cidade zoneada, com usos definidos dos tipos: residencial, comercial, industrial e setores de armazéns ao longo do traçado da ferrovia, porém esse projeto sofreu alterações devido o crescimento da cidade.

O Plano Diretor municipal em seu contexto mais abrangente tem por finalidade a sistematização do desenvolvimento físico, social e econômico da área urbana e rural do município. Dessa maneira o Plano Diretor possibilita portanto, estabelecer leis sobre o parcelamento do solo, sendo que em Maringá essa organização se dá atualmente pela Lei Complementar Nº 899/2011. As áreas analisadas nesse estudo possuem as seguintes características:

- Zona 1 (Zona Central predominam os usos de comércio e serviços centrais, as atividades de animação e a concentração de empregos, além do uso habitacional de alta densidade);
- Zona 2 (Possui 3 tipos de classificações: Zona Residencial 2 - Predominantemente residencial, com padrão de ocupação unifamiliar ou bifamiliar de baixa densidade), Zona Residencial do tipo 3 – Predominantemente residencial, com padrão de ocupação unifamiliar, bifamiliar ou multifamiliar de média densidade, Zona Residencial 5 - exclusivamente residencial, com padrão de ocupação unifamiliar de baixa densidade, e Zona de Preservação 1 - faixas com largura mínima de 30,00m (trinta metros) de cada lado das nascentes e cursos d água do Município, destinadas à manutenção e recomposição das matas ciliares, onde são vedados quaisquer tipos de edificação);
- Zona 7 (Possui 4 tipos de classificações: Zona Residencial 3, Zona Residencial 4 - predominantemente residencial, com padrão de ocupação unifamiliar, bifamiliar ou multifamiliar de alta densidade, permitidos comércio e serviços em caráter restrito, Zona Residencial 5 e Zona Especial - destinadas à manutenção de padrões urbanísticos específicos em áreas onde haja a presença de atividades, usos ou funções urbanas de caráter excepcional);
- Zona 10 (Zona de Comércio e Serviços Setoriais - predominam os usos de comércio e serviços especializados de atendimento à economia e à população, além do uso residencial de alta densidade);
- Zona 45 (Apresenta 4 tipos de classificações, Zona Residencial 2, Zona Especial, Zona de Preservação 1, Zona Residencial 5 e Zona Industrial 1 - destinadas ao uso industrial, compreendendo atividades industriais não nocivas ou perigosas, compatíveis com zonas urbanas de uso diversificado).

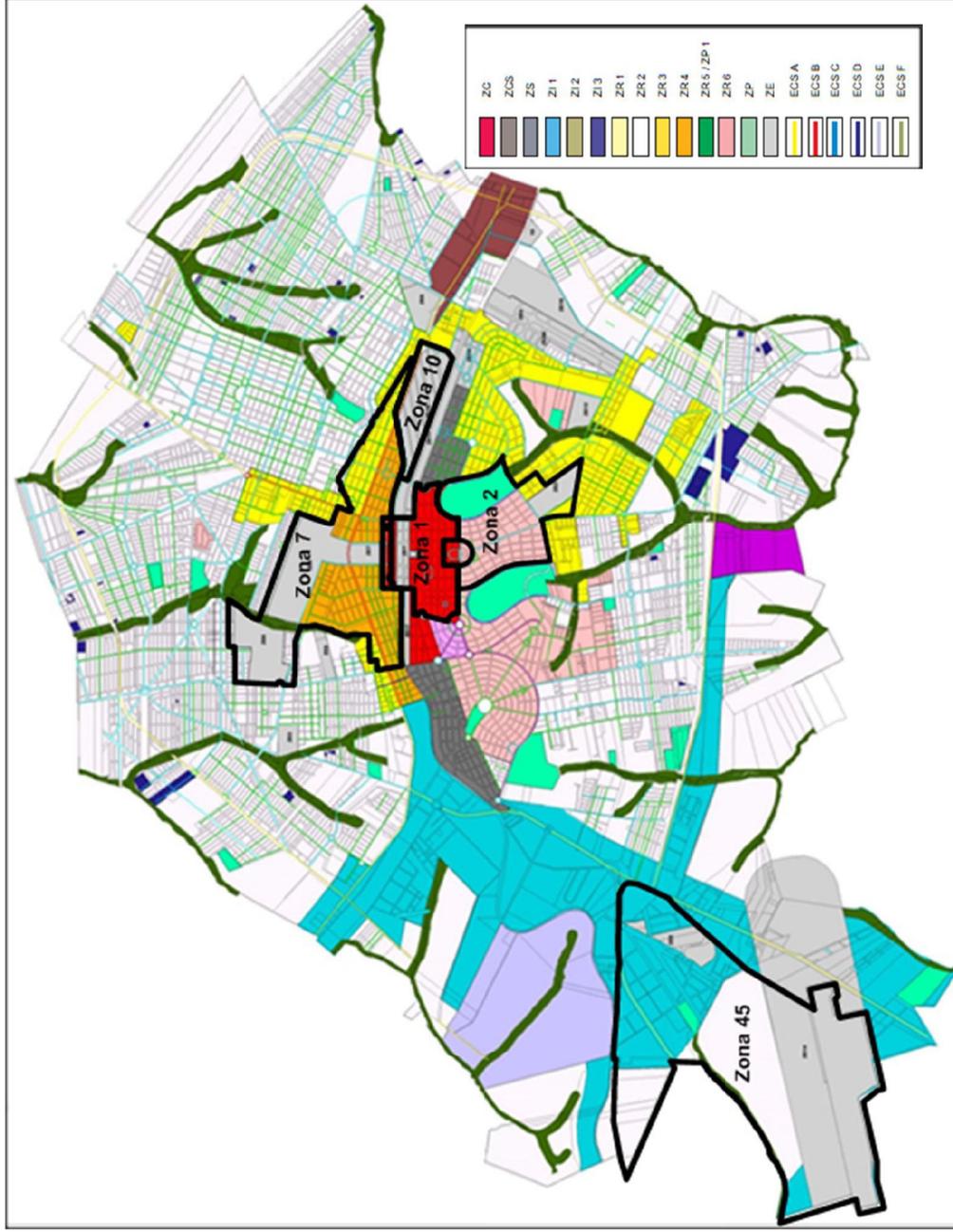


Figura 37 - Zoneamento do perímetro urbano municipal destacado as áreas de estudo.

Base: Lei Complementar 889/2011.

Adaptado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

5.3.1 Descrição da Zona 1

A Zona 1 possui uma área total de aproximadamente 1,37 Km² localizada na porção central da cidade, delimitada ao norte pela Avenida João Paulino Viera Filho, a oeste pela Avenida Cidade de Leiria, a leste pela Avenida Laguna e ao sul pela Avenida Tiradentes (Figura 38).



Figura 38 – Croqui da Zona 01.
Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

No projeto piloto de Maringá (MENEGETTI 2009), já se observa uma preocupação em criar uma área comercial no centro da cidade, que fazia limites a leste, oeste e sul com zonas residenciais e ao norte encontrava-se o pátio de manobras da linha férrea e alguns armazéns. Atualmente essa área ainda guarda como característica seu formato e traçado inicial, estando classificada como Zona Central, que possui os seguintes parâmetros de ocupação: cota máxima da edificação de 610 metros, coeficiente máximo de aproveitamento de 4,5, taxa de ocupação máxima do terreno de 90% no subsolo, térreo e segundo pavimento e de 50% na torre.

Também se observa um adensamento de edifícios comerciais, e o zoneamento definido pela Lei Complementar nº 889/2011, define essa área como

Zona Central, que apresenta como característica o predomínio de comércio e serviços centrais, as atividades de animação e a concentração de empregos, além do uso habitacional de alta densidade (Figura 39).

Trata-se de uma área que de maneira geral possui uma boa arborização, contando com algumas praças, como é o caso das praças Rocha Pombo (leste), Raposo Tavares (centro), Napoleão Moreira da Silva (centro oeste), José Bonifácio, Kennedy e Manoel Ribas (oeste).



Figura 39 – Vista área parcial da área central de Maringá.

Fonte: Skyscrapercity, 2006.

Observa-se (Figura 39) que existe um adensamento predial nas porções leste e oeste, e no centro da zona 1 encontra-se parte de um eixo monumental, que é delimitado a leste pela Avenida Herval e seu prolongamento, Avenida Demétrio Ribeiro; a oeste pela Avenida Duque de Caxias e seu prolongamento; Avenida Prof. Lauro Werneck; ao norte pela Avenida Colombo e ao sul pela Avenida Papa João XXII (Figura 40). Esse eixo engloba as zonas 1, 7 e 50, e faz a ligação de alguns elementos na paisagem como a Catedral, o prédio da prefeitura, a Praça Raposo Tavares e o complexo esportivo da cidade (Vila Olímpica).

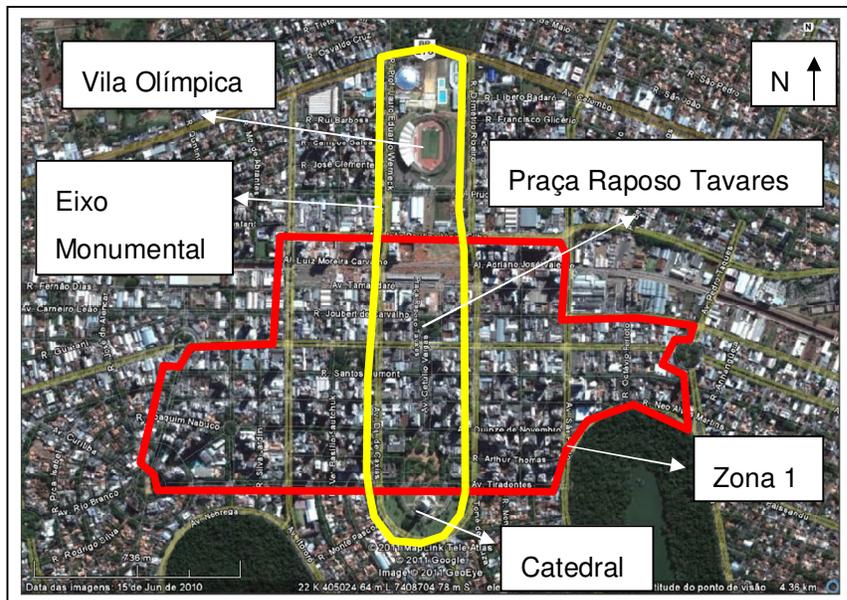


Figura 40 – Eixo monumental e zona 01.

Base: Google Earth, 2011.

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

Os parâmetros de uso e ocupação do solo definem que nessa área a altura máxima pode variar, entre cotas de 520 a 600 metros, com coeficiente de aproveitamento máximo do terreno de 4,5 a 6,0 e taxa máxima de ocupação do lote de 90% para o térreo e segundo pavimento e 50% na torre.

5.3.2 Descrição da Zona 2

A Zona 2 possui área aproximada de 2,16 Km² e está localizada na porção central sul da cidade, delimitada ao norte pela Avenida Tiradentes, a oeste pela Avenida Itororó, a leste pela Avenida Laguna e ao sul pela Rua Dr. Saulo Porto Virmond (Figura 41).

Atualmente essa área ainda guarda característica da zona delineada no projeto inicial da cidade, com exceção da porção sul em que se observa uma expansão e uma mudança no tipo de zoneamento estabelecido.

Esta zona apresenta um adensamento a priori composto por residências na sua porção mais antiga, estruturada por residências com um ou dois pavimentos. Na região próxima ao cemitério observa-se uma mudança na morfologia das residências, pois se verifica uma área composta por edifícios residenciais.



Figura 41 – Croqui da Zona 02.

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

O zoneamento definido pela Lei Complementar 889/2011, define a Zona 2 como Zona Residencial do Tipo 1 em sua maior parte, que apresenta como característica o predomínio de residências unifamiliares, onde é permitido a realização de atividades de profissionais liberais e autônomos concomitante à residência e com os seguintes parâmetros de ocupação: altura máxima da edificação térreo mais um andar, coeficiente máximo de aproveitamento de 1,4 e taxa de ocupação máxima do terreno de 70%.

Nas porções oeste e leste do cemitério a lei ora referenciada define essa área como Zona residencial do tipo 3 que se caracteriza por apresentar as seguintes definições: predominantemente residencial, com padrão de ocupação unifamiliar, bifamiliar ou multifamiliar. Como parâmetros de ocupação do solo dessa área temos que a cota máxima de edificação é composta do pavimento térreo mais sete andares ou cota máxima de 650 metros, o coeficiente máximo de ocupação é de 2,5 a 3,5 para terrenos com 12 metros de testada e 300 metros quadrados de área e 16 metros de testada e 360 metros quadrados de área respectivamente. A taxa máxima de ocupação do terreno é de 70% no térreo e segundo pavimento, e nos demais é de 50%, para os terrenos menores¹⁵, já os terrenos maiores¹⁶ o percentual varia de 50% para térreo e segundo pavimento e 40% na torre.

¹⁵ Terrenos com 12 metros de testada e 300 metros quadrados de área.

¹⁶ Terrenos com 16 metros de testada e 360 metros quadrados de área.

A arborização desta zona conta com espécies de grande porte e possui três praças, além de englobar o Parque do Ingá que compreende uma área de aproximadamente 473.300 m², contando espécies arbóreas de grande porte (Figura 42). Na porção oeste no limite da Zona 2, encontra-se também uma outra área composta por um adensamento de vegetação de grande porte, o Parque Florestal do Pioneiros conhecido também como Bosque 2, com área total aproximada de 590.000 m².



Figura 42 – Vista da Zona 2 destacando o Parque do Ingá e Bosque 2.

Base: Google Earth, 2011.

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

Tanto o Parque do Ingá como o Bosque 2, já faziam parte dos primeiros projetos elaborados por Jorge Macedo de Vieira, que definia essas duas áreas verdes como pulmões da cidade.

Diante desses dados é possível notar nessa localidade uma morfologia urbana composta por um adensamento residencial praticamente uniforme, e a disposição e as alturas das copas das árvores proporcionam diversos corredores de sombra em grande parte dessa zona, configurando-se, portanto, uma região peculiar na cidade de Maringá, pois apresenta uma vegetação viária frondosa e é composta

por duas grandes áreas verdes; o Parque do Ingá na porção leste e a oeste o Bosque 2.

5.3.3 Descrição da Zona 7

A Zona 7, localizada na porção centro norte da área urbana de Maringá apresenta área aproximada de 4,9 Km². Essa área é delimitada ao norte pela Universidade Estadual de Maringá, a oeste pela Avenida Mandacaru e zona 14, a leste pelas zonas 29, 11 e 23 e ao sul pelas zonas 9 e 10 (Figuras 43 e 44).

A comercialização dos lotes dessa zona começou a partir de 1947 e atualmente essa área possui um zoneamento fragmentado em duas partes, a primeira composta por uma Zona Residencial do Tipo 3 (que já foi apresentado anteriormente) e a outra por uma Zona Residencial do Tipo 4.

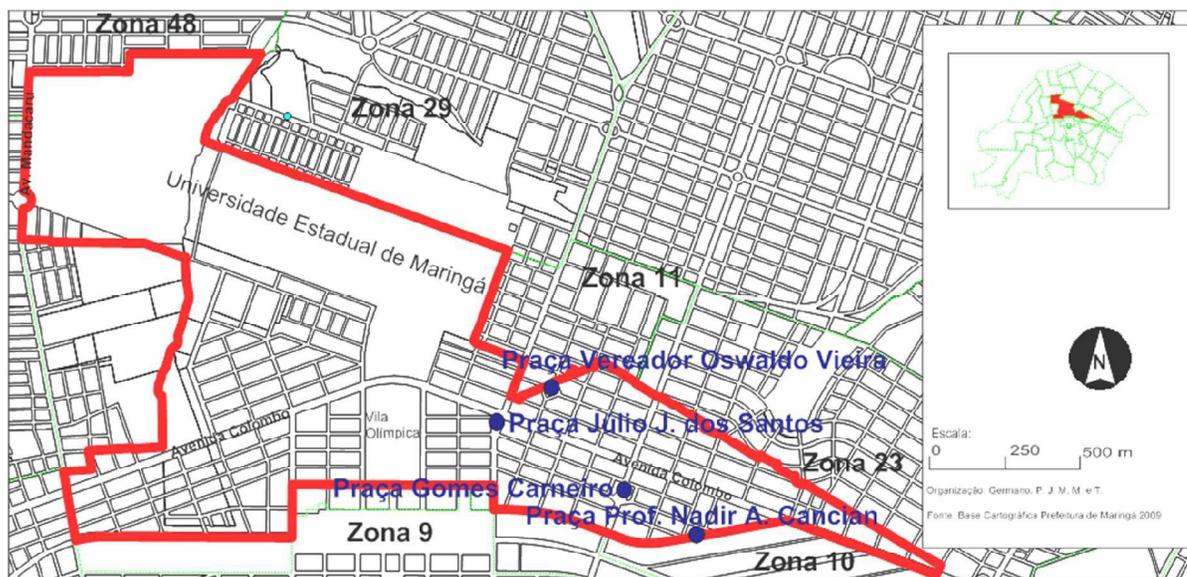


Figura 43 – Croqui da Zona 07.
Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

A Lei Complementar 889/2011, define que a Zona Residencial do Tipo 4, apresenta como característica a possibilidade de ocupação unifamiliar, bifamiliar, multifamiliar e a criação de consultórios ou escritórios, e os usos permissíveis englobam os apresentados na Zona Residencial do Tipo 3, além de estabelecimentos de ensino. Os parâmetros de ocupação: cota máxima de 650

metros, coeficiente máximo de aproveitamento de 4,5 e taxa de ocupação máxima é de 70% no térreo e segundo pavimento e 50% na torre.



Figura 44 – Croqui da Zona 07.

Base: Google Earth, 2011.

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

A arborização desta zona de maneira geral conta com indivíduos de grande porte composto principalmente por sibipirunas e tipuanas, conta com quatro praças, e permeia parcialmente a mata ciliar do córrego Mandacaru na porção oeste (Figura 44), além de englobar o campus da Universidade Estadual de Maringá.

Diante desses dados, é possível notar nessa localidade uma morfologia urbana composta por residências com um ou dois pavimentos e segundo Tadini (2006) é uma área destinada a habitação coletiva e ao comércio, trata-se portanto, de uma região da cidade que possui diversas edificações composta por mais de um pavimento.

Trata-se de uma zona que ainda não se encontra totalmente edificada, sendo possível portanto, a edificações em algumas porções localizadas principalmente na região Noroeste, próximo ao Hospital Universitário.



Figura 45 – Córrego Mandacaru.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T. Germano, 2011.

5.3.4 Descrição da Zona 10

A Zona 10, localizada na porção centro leste na área urbana de Maringá possui cerca de 0,78 m², tendo como limites ao norte a Avenida Colombo (BR 276), a oeste a Avenida Pedro Taques a leste a Avenida Tuiuti e ao sul a Avenida Horácio Racanello (Figura 46).



Figura 46 – Delimitação da Zona 10.
Base: Google Earth, 2011.
Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

Essa zona trata-se de uma área prevista no projeto de Jorge Macedo de Vieira, que se destinou construção de indústrias beneficiadoras de grãos que ainda compõe a morfologia urbana da área (Figura 47). Essa localidade foi definida levando em consideração a proximidade da linha férrea e a Vila Operária na sua porção sul



Figura 47 – Barracões abandonados das indústrias beneficiadoras de grãos.

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

Observa-se nessa localidade a inexistência de praças e vegetação viária, as ruas que se encontravam no interior dessa zona apresentavam-se desconectadas com a malha viária do restante da cidade, pois essas se destinavam apenas ao atendimento das indústrias. Atualmente verificam-se na Zona 10 alguns galpões e estruturas em desuso, porém existe um projeto do município de Maringá que visa à recuperação dessa área, que teve como primeira ação a conexão do tecido viário.

Trata-se de uma área que se encontra próxima ao centro da cidade configurando-se, portanto uma nova área de expansão que segundo a Lei de Uso e Ocupação do Solo 889/2011 aufer a possibilidade da instalação de comércios e serviços centrais e vicinais e ocupação multifamiliar, além de comércios e serviços setoriais. Os parâmetros de ocupação do solo são: Altura máxima da edificação, cota máxima de 650 metros, coeficiente de aproveitamento de 4,5 e taxa máxima de ocupação de 80% para térreo e segundo pavimento e 40% na torre.

5.3.5 Descrição da Zona 45

Localizada na porção sudoeste na área urbana de Maringá, apresenta área total aproximada de 10.34 Km², tendo como limites ao norte a Zona 42, a oeste trata-



Figura 49 – Aeroporto (esquerda) e zona industrial (direita).

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

Os parâmetros de Uso e Ocupação do Solo para Zona 45 se diferem das demais zonas elencadas neste estudo, pois se trata de uma área onde se prevê em sua maior porção locais destinados a implantação de indústrias. A Zona Industrial do Tipo 1 compreende as atividades predominantemente industriais não nocivas ou perigosas, compatíveis com as zonas urbanas de uso diversificado, permitindo o comércio e serviços setoriais¹⁷, e os limites de construção que definem esse tipo de zoneamento são: altura máxima da construção composta por térreo mais um pavimento, o coeficiente máximo de aproveitamento é de 1,5 e a taxa de ocupação máxima do terreno é de 80% para o térreo e segundo pavimento. A Zona de Preservação do Tipo 1 é definida por apresentar a possibilidade de instalação de estruturas que visem estritamente ao apoio às funções dos parques e reservas florestais.

As Zonas Especiais localizadas nessa localidade não apresentam parâmetros de ocupação do solo definidos na Lei Complementar 889/2011, mas se destinam a atender padrões urbanísticos específicos de caráter excepcional.

¹⁷ Lei Complementar 889/2011 do Município de Maringá, define como serviço setorial: atividade destinada à economia e à população que pelo seu porte ou natureza exige confinamento em área própria e cuja adequação à vizinhança depende de um conjunto de fatores e serem analisados pelo Município, a exemplo de: grandes oficinas de funilaria e pintura, transportadoras, armazéns gerais, depósitos, entrepostos, cooperativas, silos, campos desportivos, parques de diversões, circos, *campings*, albergues, *shopping centers*, e demais atividades congêneres não relacionadas.

6 RESULTADOS SOBRE AS IC E IF ENCONTRADAS NAS ÁREAS DE ESTUDO

É fundamental ressaltar que a análise dos diversos resultados encontrados nesse trabalho oferece uma oportunidade de verificação das ocorrências de fenômenos de IC e IF nas zonas estudadas. Nas análises efetuadas a partir das 20 imagens selecionadas, dos períodos de primavera e verão de 2000 a 2010, observou-se que as temperaturas na Zona 1 apresentaram variações em sua intensidade e localização. A temperatura média das ilhas de frescor foram de 24,3°C e as ilhas de calor apresentaram valores de temperatura em torno de 30°C, portanto verificou-se uma amplitude média de 5,4°C. As temperaturas médias encontradas nessas imagens tiveram como limite mínimo 18,5°C e máximos 36,5°C, e a média geral foi de 25,7°C (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados gerais de temperaturas da Zona 1.

IMAGENS	Mínima(°C)	Máxima(°C)	Amplitude(°C)	Média de temperatura da imagem(°C)
Imagem 20/ 10/ 2000	25	32	7	28,5
Imagem 07/ 12/ 2000	29	36	7	32,5
Imagem 23/ 12/ 2000	26	30	4	28
Imagem 08/ 01/ 2001	25	28	3	26,5
Imagem 27/ 01/ 2002	24	27	3	25,5
Imagem 13/ 10/ 2003	23	31	8	27
Imagem 17/ 01/ 2004	24	31	7	27,5
Imagem 20/ 02/ 2005	24	28	4	26
Imagem 08/ 03/ 2005	17	24	7	20,5
Imagem 03/ 11/ 2005	24	30	6	27
Imagem 11/ 03/ 2006	16,5	20,5	4	18,5
Imagem 21/ 10/ 2006	28	36	8	32
Imagem 22/ 11/ 2006	27	33	6	30
Imagem 24/ 09/ 2008	20	24	4	22
Imagem 27/ 11/ 2008	23	28	5	25,5
Imagem 29/ 12/ 2008	23,5	29,5	6	26,5
Imagem 19/ 03/ 2009	23,5	29,5	6	26,5
Imagem 27/ 09/ 2009	28	33	5	30,5
Imagem 29/ 10/ 2009	34	39	5	36,5
Imagem 01/ 11/ 2010	24	34	10	29
Médias geral (°C)	24,39473684	30,07894737	5,444444444	26,72222222

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

Os valores de temperatura extraídos após o processamento das imagens permitiram a observação e a ocorrência da distribuição dos mesmos sobre a área de estudo (Figura 50 a 51).

Visando facilitar a visualização da ocorrência dos fenômenos de IC e IF, optou-se por elaborar um mapa síntese, onde foram evidenciados os pontos que apresentaram as maiores e menores temperaturas “hot – spots” e “cold – spots”. Observa-se que nessa área de estudo as ilhas de calor ocorrem na porção nordeste e mais intensamente na região noroeste (Figura 51). Nestas localidades constata-se a presença de telhados metálicos de galpões e supermercados, além do solo exposto na área denominada “novo centro”. Não foi notada ocorrência de ilhas de calor na região sudeste da imagem, que trata-se uma localidade que apresenta diversos prédios alinhados com uma configuração de “canyon urbano”, além de estar localizado próxima ao Parque do Ingá. Em contraponto as ilhas de calor, a seguir serão vislumbradas as ilhas de frescor dessa mesma zona (Figura 51), que se apresentou de maneira um tanto quanto difusa, com adensamentos nas porções sudeste e sudoeste.

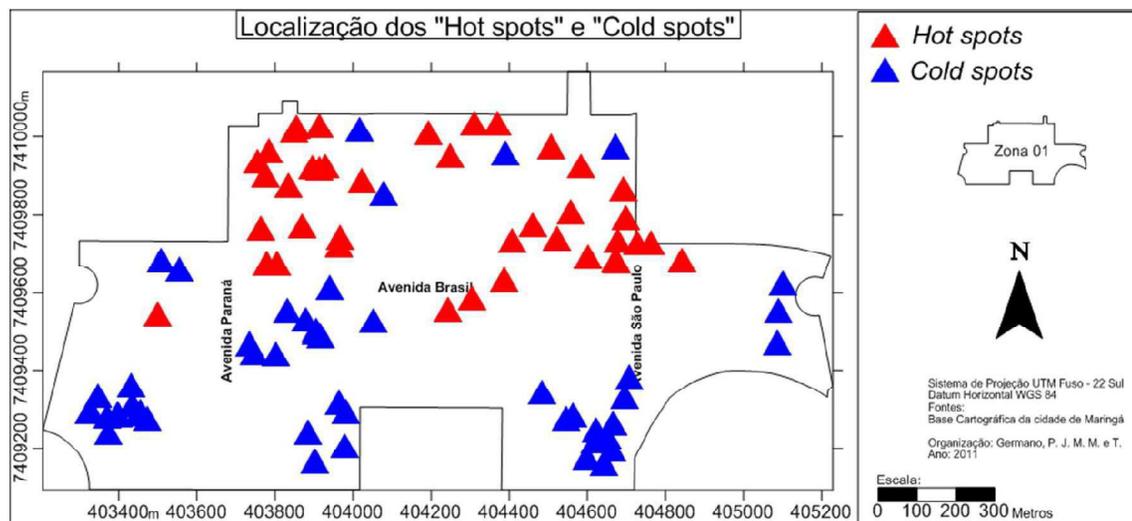


Figura 52 - Localização dos "hot - spots" da Zona 1

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

Na região sudeste há a predominância de edifícios residenciais e está localizada próxima ao Parque do Ingá, apresentando uma arborização viária com espécies de grande porte. A porção sudoeste dessa zona observa-se as Praças Presidente Kennedy e Napoleão Moreira da Silva, compostas, principalmente, por árvores de grande porte, como: *Caesalpineia peltophoroides* (sibipiruna), *Tipuana tipu* (tipuana), *Tabebuia impetiginosa* (ipê-roxo) e *Holocalyx balansae* (alecrim). As análises realizadas por meio dessas imagens termais possibilitaram também observar que a morfologia urbana da Zona 1 propiciou a ocorrência de eventos IC e

IF em áreas não homogêneas, reforçando a correlação entre as IC e IF com o uso do solo da área.

Para a realização das análises da Zona 2 foram utilizadas 20 imagens. A temperatura média das ilhas de frescor foi de 20,7°C e as ilhas de calor apresentaram valores de temperatura em torno de 28,5°C, portanto verificou-se uma amplitude média de 9,3°C. As temperaturas médias encontradas nessas imagens tiveram como limite mínimo 17°C e máximo 31,5°C, e a média geral foi de 24,6 °C (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados gerais de temperaturas da Zona 2.

IMAGENS	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Amplitude (°C)	Média de temperatura da imagem (°C)
Imagem 20/ 10/ 2000	21	33	12	27
Imagem 07/ 12/ 2000	34	24	10	29
Imagem 23/ 12/ 2000	22	30	8	26
Imagem 08/ 01/ 2001	21	28	7	24,5
Imagem 27/ 01/ 2002	23	27	4	25
Imagem 13/ 10/ 2003	20	29	9	24,5
Imagem 17/ 01/ 2004	22	33	11	27,5
Imagem 20/ 02/ 2005	21	27	16	24
Imagem 08/ 03/ 2005	14	22	8	18
Imagem 03/ 11/ 2005	18	27	9	22,5
Imagem 11/ 03/ 2006	14	20	6	17
Imagem 21/ 10/ 2006	22	34	12	28
Imagem 22/ 11/ 2006	22	31	9	26,5
Imagem 24/ 09/ 2008	15	23	8	19
Imagem 27/ 11/ 2008	17	26	9	21,5
Imagem 29/ 12/ 2008	19	28	9	23,5
Imagem 19/ 03/ 2009	21	28	7	24,5
Imagem 27/ 09/ 2009	24	31	7	27,5
Imagem 29/ 10/ 2009	25	38	13	31,5
Imagem 01/ 11/ 2010	20	32	12	26
Média Geral (°C)	20,75	28,55	9,3	24,65

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

As ilhas de calor nessa zona se apresentaram a priori próximo a região sul da área, aonde se verifica um uso e ocupação do solo distinto apresentando alguns prédios e pouca vegetação, diferentemente da área que corresponde ao Parque do Ingá, o cemitério e a Praça Pedro A. Cabral, (Figura 53).

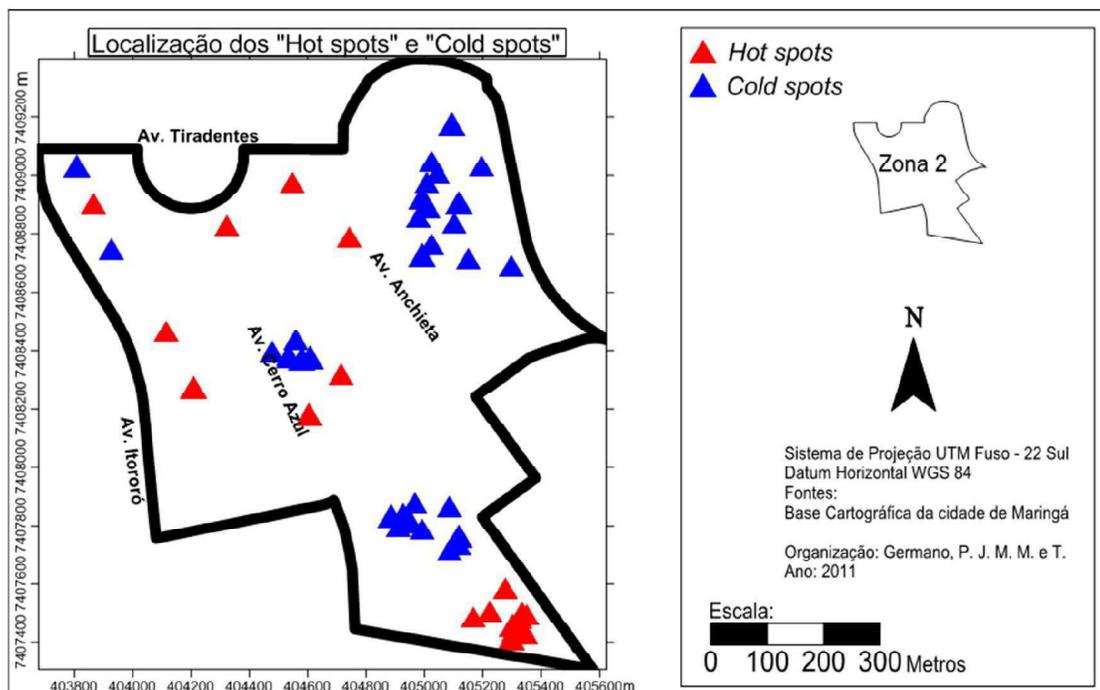


Figura 53 - Localização dos "hot - spots" da Zona 2

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

A disposição dos "hot-spots" e "cold-spots" encontradas nesse zona foram regidos pelas estruturas urbanas locais que compõe a paisagem urbana. É possível observar que os eventos de IF, se apresentaram de forma agrupada em 3 locais específicos, já as IC, se ofereceram de forma mais difusa, com apenas 1 agrupamento evidente na porção sul.

Observa-se nas imagens termiais (Figura 54 e 55), que as ilhas de frescor apresentam uma correlação direta com a vegetação viária e com o adensamento presente no Parque do Ingá. Não é possível constatar muitos pontos que se configuram como ilhas de calor nessa zona, esses se encontram mais concentrados na porção mais ao sul, área que possui pouca vegetação e um uso do solo que possibilita a construção de edifícios.

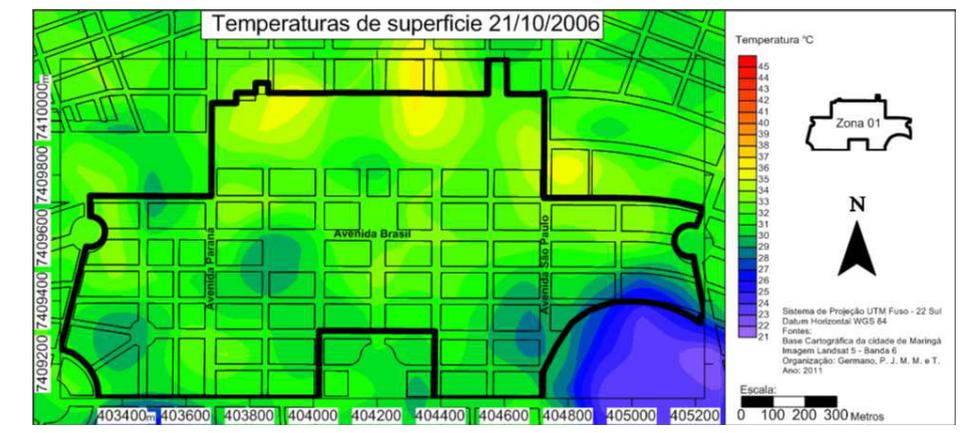
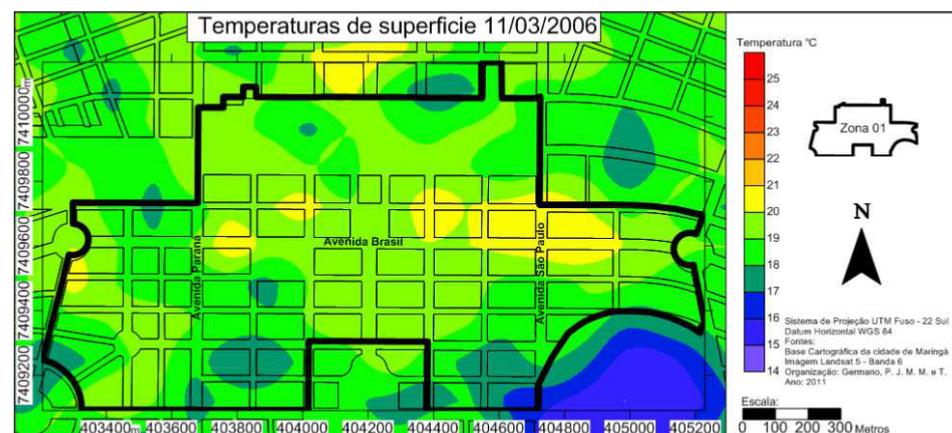
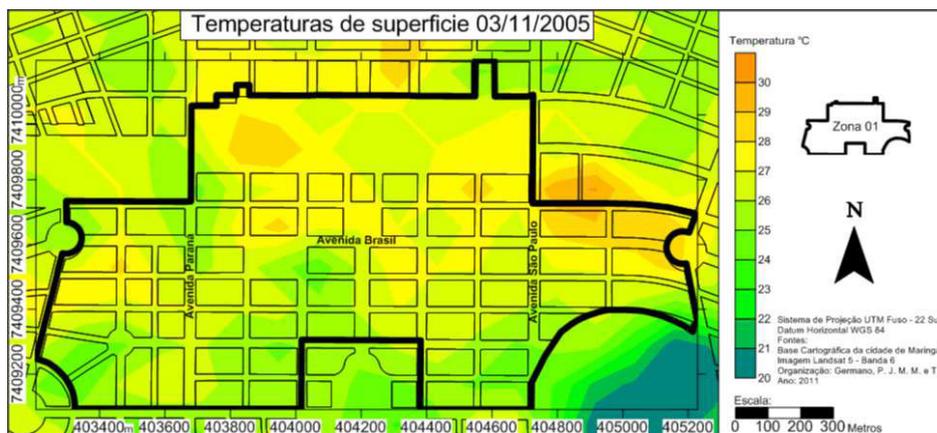
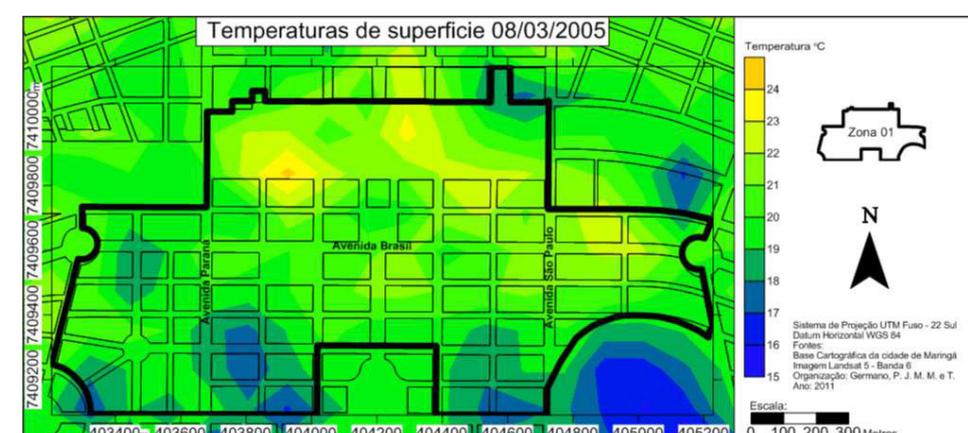
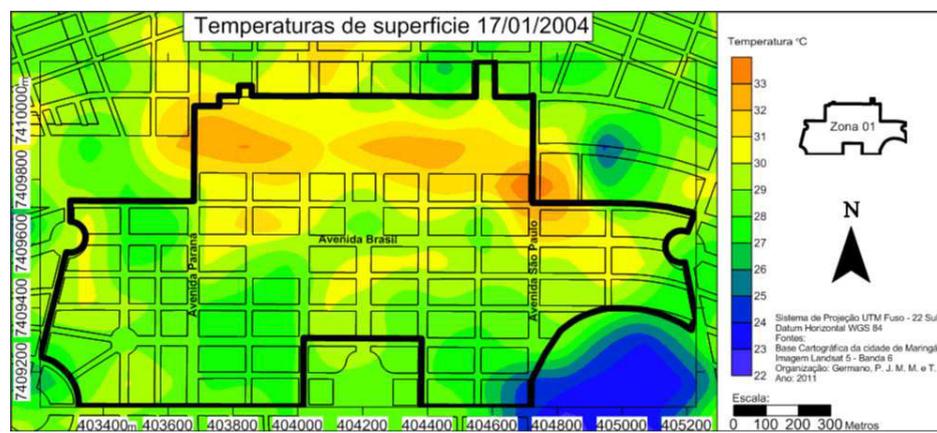
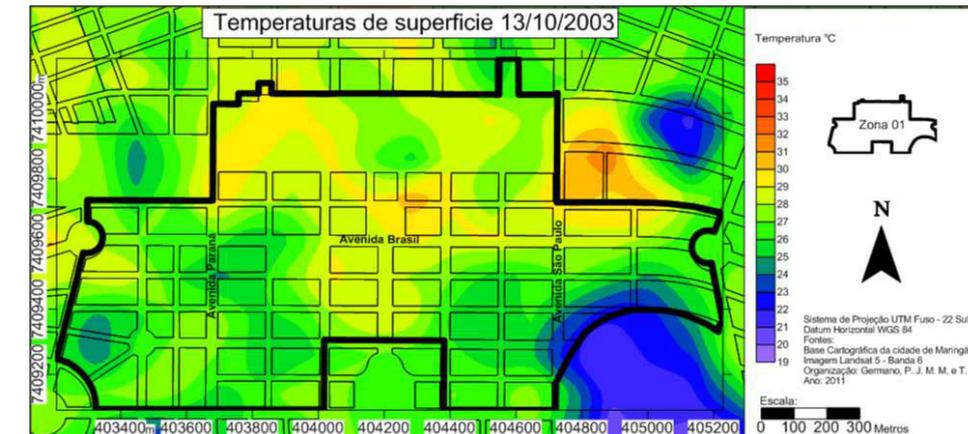
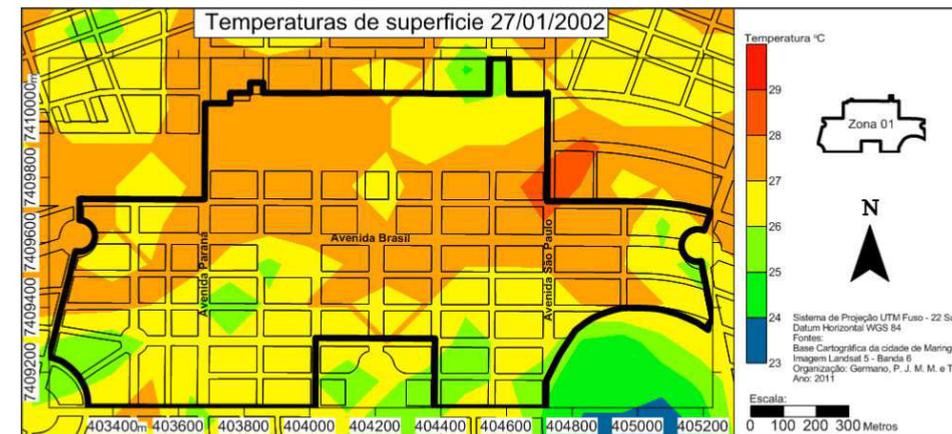
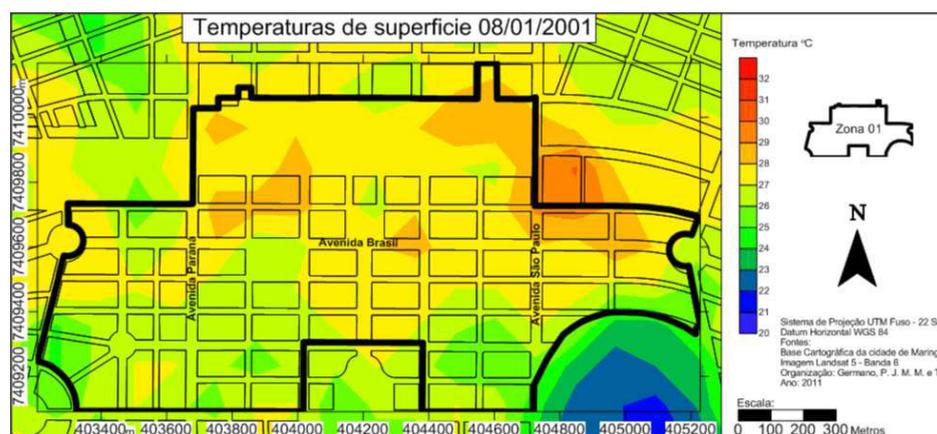
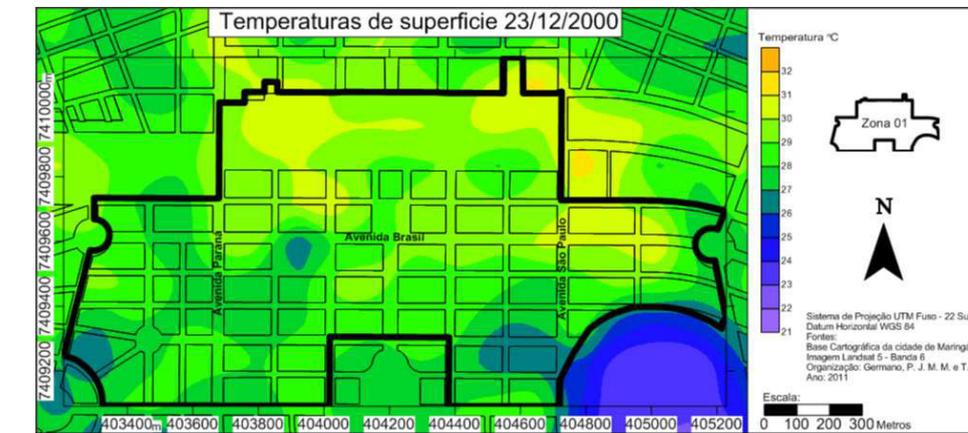
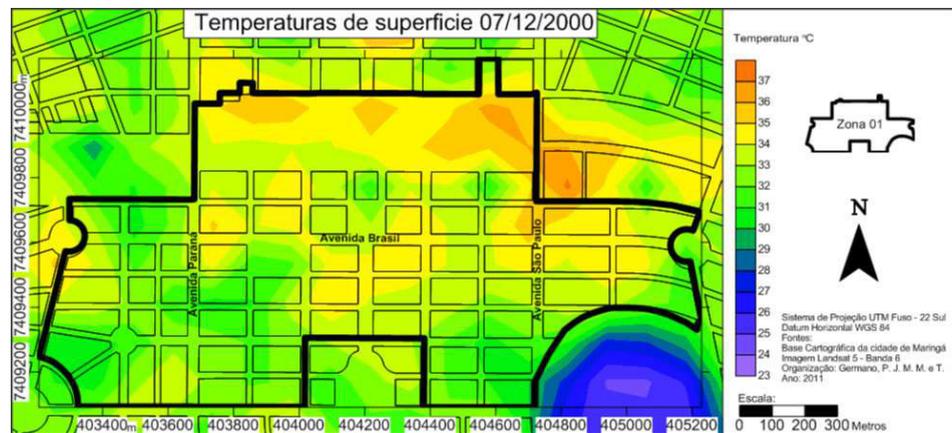
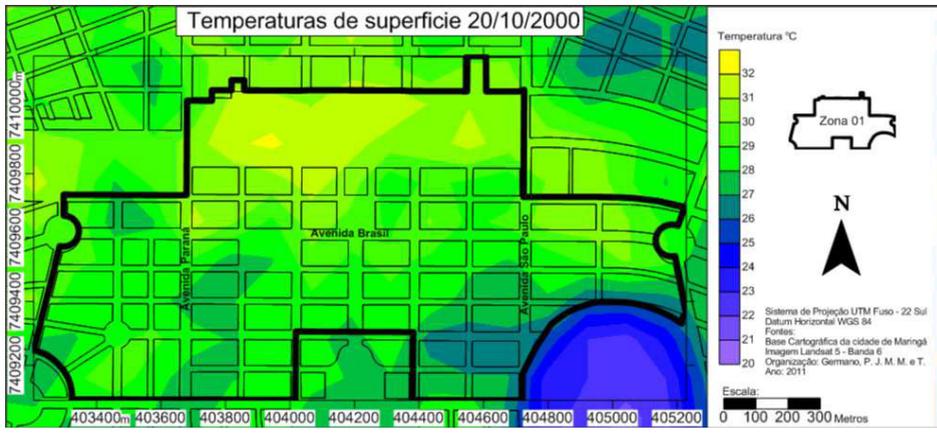


Figura 50 - Mapas termais da Zona 1 correspondentes aos períodos de 2000 a 2006.
Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

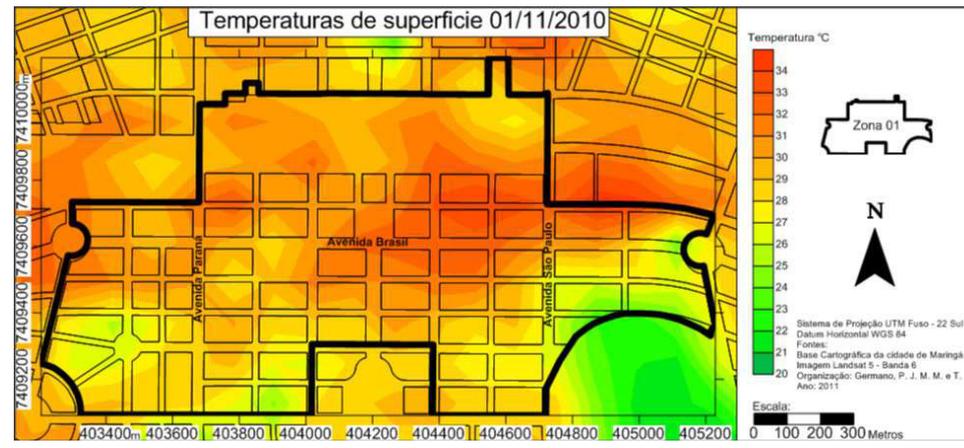
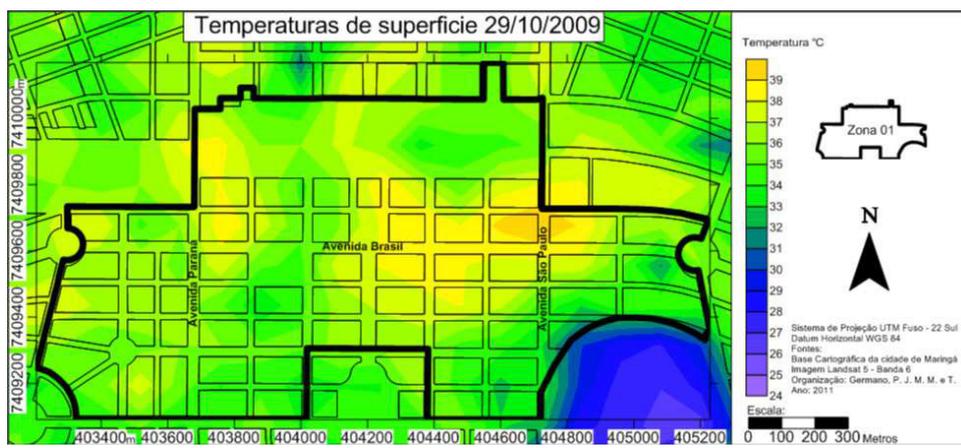
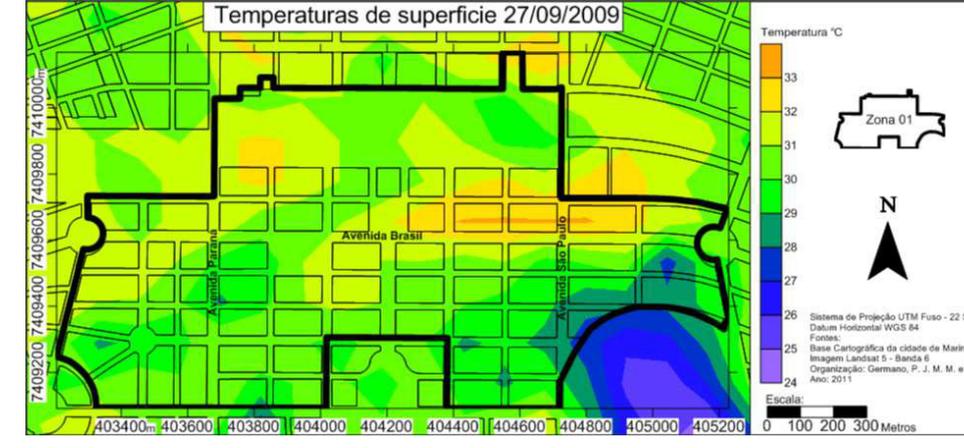
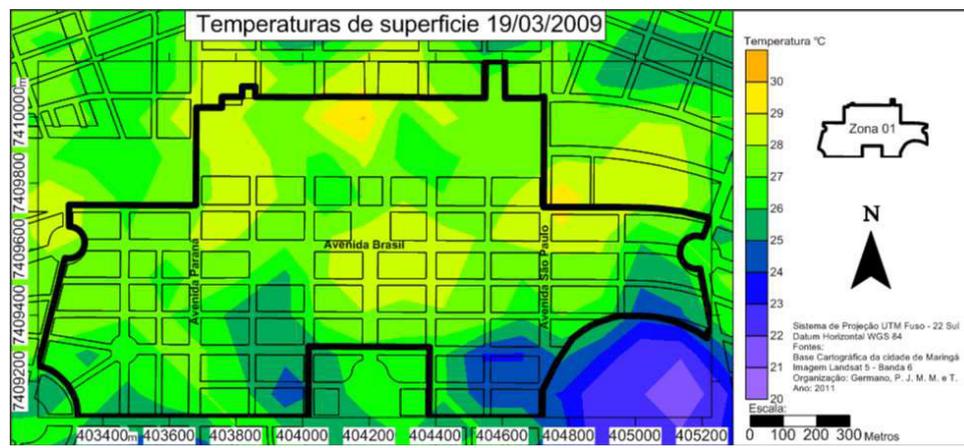
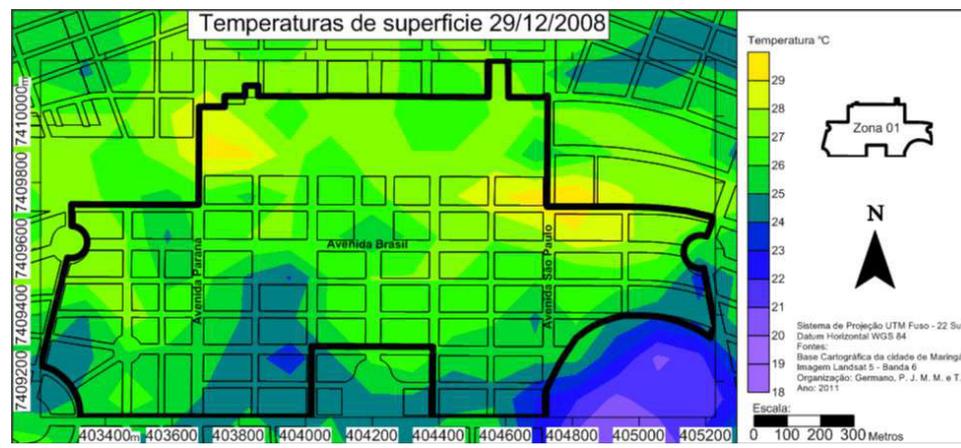
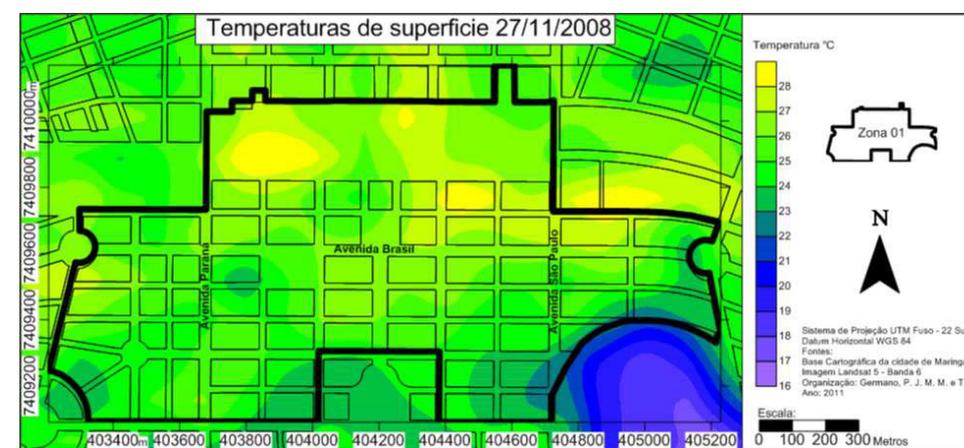
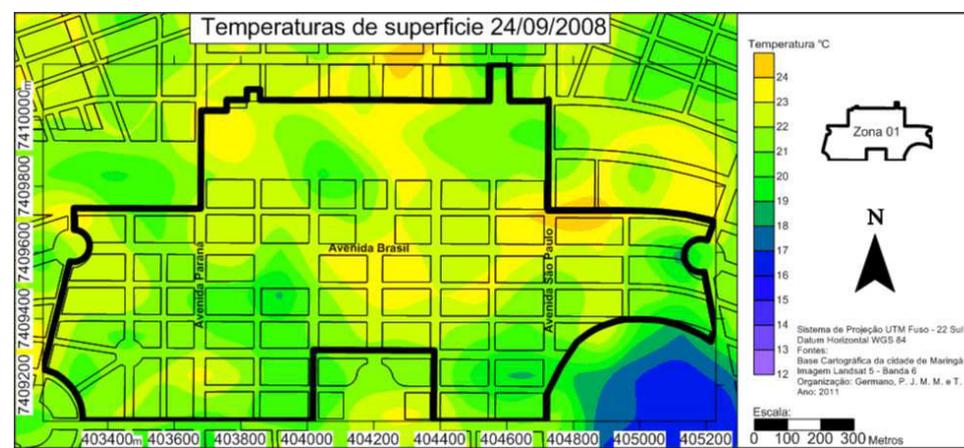
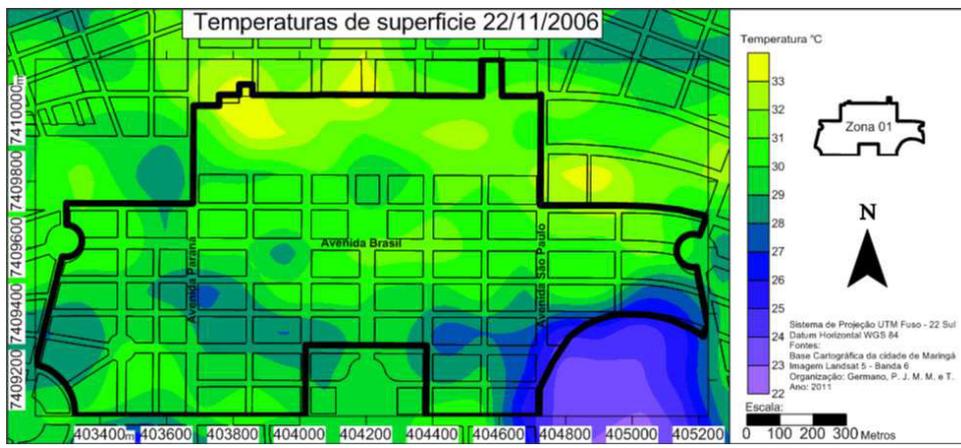


Figura 51 - Mapas termais da Zona 1 correspondentes aos períodos de 2006 a 2010.
Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

Visando facilitar a visualização da ocorrência dos fenômenos de IC e IF, optou-se por elaborar um mapa síntese, onde foram evidenciados os pontos que apresentaram as maiores e menores temperaturas “hot – spots” e “cold – spots”. Observa-se que nessa área de estudo as ilhas de calor ocorrem na porção nordeste e mais intensamente na região noroeste (Figura 51). Nestas localidades constata-se a presença de telhados metálicos de galpões e supermercados, além do solo exposto na área denominada “novo centro”. Não foi notada ocorrência de ilhas de calor na região sudeste da imagem, que trata-se uma localidade que apresenta diversos prédios alinhados com uma configuração de “canyon urbano”, além de estar localizado próxima ao Parque do Ingá. Em contraponto as ilhas de calor, a seguir serão vislumbradas as ilhas de frescor dessa mesma zona (Figura 51), que se apresentou de maneira um tanto quanto difusa, com adensamentos nas porções sudeste e sudoeste.

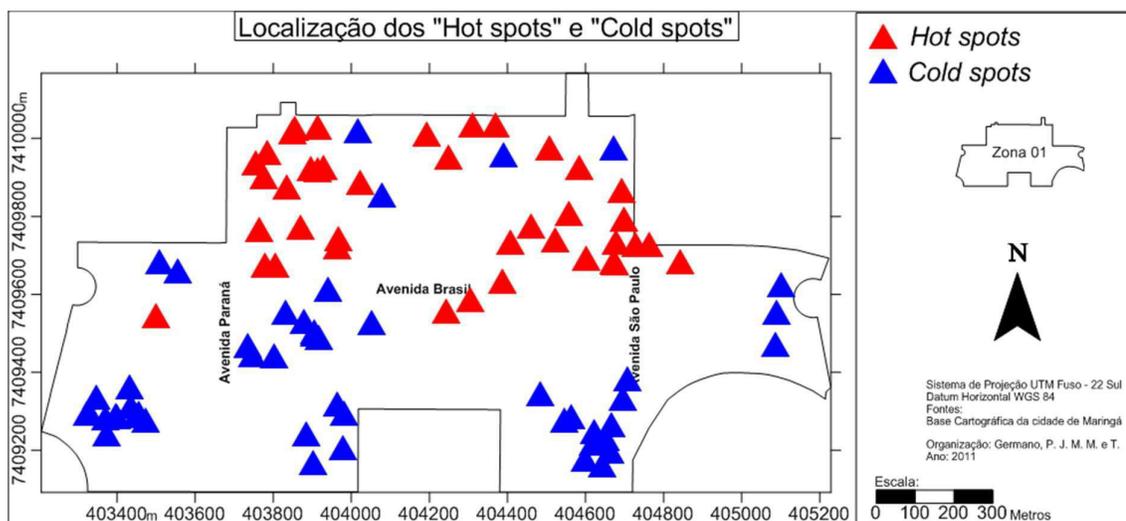


Figura 52 - Localização dos "hot - spots" da Zona 1
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

Na região sudeste há a predominância de edifícios residenciais e está localizada próxima ao Parque do Ingá, apresentando uma arborização viária com espécies de grande porte. A porção sudoeste dessa zona observa-se as Praças Presidente Kennedy e Napoleão Moreira da Silva, compostas, principalmente, por árvores de grande porte, como: *Caesalpineia peltophoroides* (sibipiruna), *Tipuana tipu* (tipuana), *Tabebuia impetiginosa* (ipê-roxo) e *Holocalyx balansae* (alecrim). As análises realizadas por meio dessas imagens termais possibilitaram também

observar que a morfologia urbana da Zona 1 propiciou a ocorrência de eventos IC e IF em áreas não homólogas, reforçando a correlação entre as IC e IF com o uso do solo da área.

Para a realização das análises da Zona 2 foram utilizadas 20 imagens. A temperatura média das ilhas de frescor foi de 20,7°C e as ilhas de calor apresentaram valores de temperatura em torno de 28,5°C, portanto verificou-se uma amplitude média de 9,3°C. As temperaturas médias encontradas nessas imagens tiveram como limite mínimo 17°C e máximo 31,5°C, e a média geral foi de 24,6 °C (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados gerais de temperaturas da Zona 2.

IMAGENS	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Amplitude (°C)	Média de temperatura da imagem (°C)
Imagem 20/ 10/ 2000	21	33	12	27
Imagem 07/ 12/ 2000	34	24	10	29
Imagem 23/ 12/ 2000	22	30	8	26
Imagem 08/ 01/ 2001	21	28	7	24,5
Imagem 27/ 01/ 2002	23	27	4	25
Imagem 13/ 10/ 2003	20	29	9	24,5
Imagem 17/ 01/ 2004	22	33	11	27,5
Imagem 20/ 02/ 2005	21	27	16	24
Imagem 08/ 03/ 2005	14	22	8	18
Imagem 03/ 11/ 2005	18	27	9	22,5
Imagem 11/ 03/ 2006	14	20	6	17
Imagem 21/ 10/ 2006	22	34	12	28
Imagem 22/ 11/ 2006	22	31	9	26,5
Imagem 24/ 09/ 2008	15	23	8	19
Imagem 27/ 11/ 2008	17	26	9	21,5
Imagem 29/ 12/ 2008	19	28	9	23,5
Imagem 19/ 03/ 2009	21	28	7	24,5
Imagem 27/ 09/ 2009	24	31	7	27,5
Imagem 29/ 10/ 2009	25	38	13	31,5
Imagem 01/ 11/ 2010	20	32	12	26
Média Geral (°C)	20,75	28,55	9,3	24,65

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

As ilhas de calor nessa zona se apresentaram a priori próximo a região sul da área, aonde se verifica um uso e ocupação do solo distinto apresentando alguns prédios e pouca vegetação, diferentemente da área que corresponde ao Parque do Ingá, o cemitério e a Praça Pedro A. Cabral, (Figura 53).

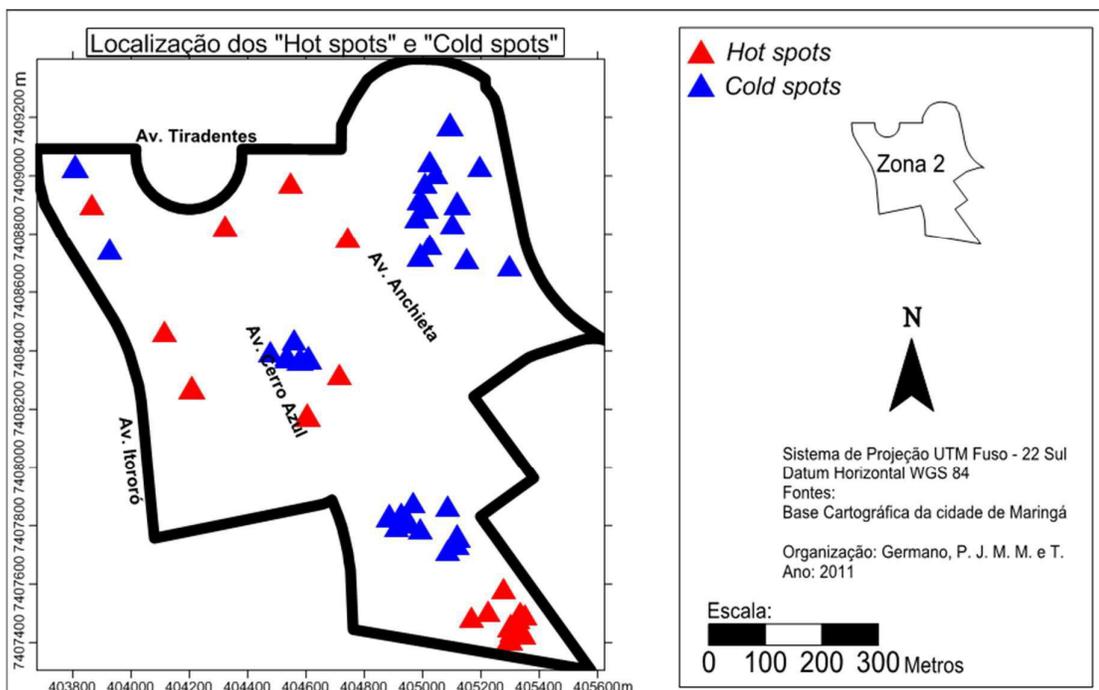


Figura 53 - Localização dos "hot - spots" da Zona 2

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

A disposição dos "hot-spots" e "cold-spots" encontradas nesse zona foram regidos pelas estruturas urbanas locais que compõe a paisagem urbana. É possível observar que os eventos de IF, se apresentaram de forma agrupada em 3 locais específicos, já as IC, se ofereceram de forma mais difusa, com apenas 1 agrupamento evidente na porção sul.

Observa-se nas imagens termais (Figura 54 e 55), que as ilhas de frescor apresentam uma correlação direta com a vegetação viária e com o adensamento presente no Parque do Ingá. Não é possível constatar muitos pontos que se configuram como ilhas de calor nessa zona, esses se encontram mais concentrados na porção mais ao sul, área que possui pouca vegetação e um uso do solo que possibilita a construção de edifícios.

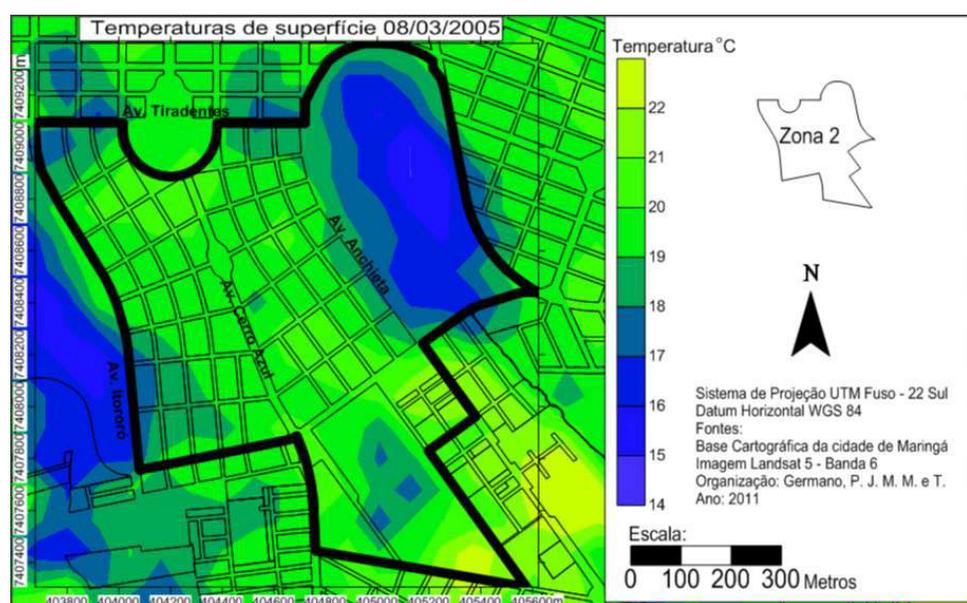
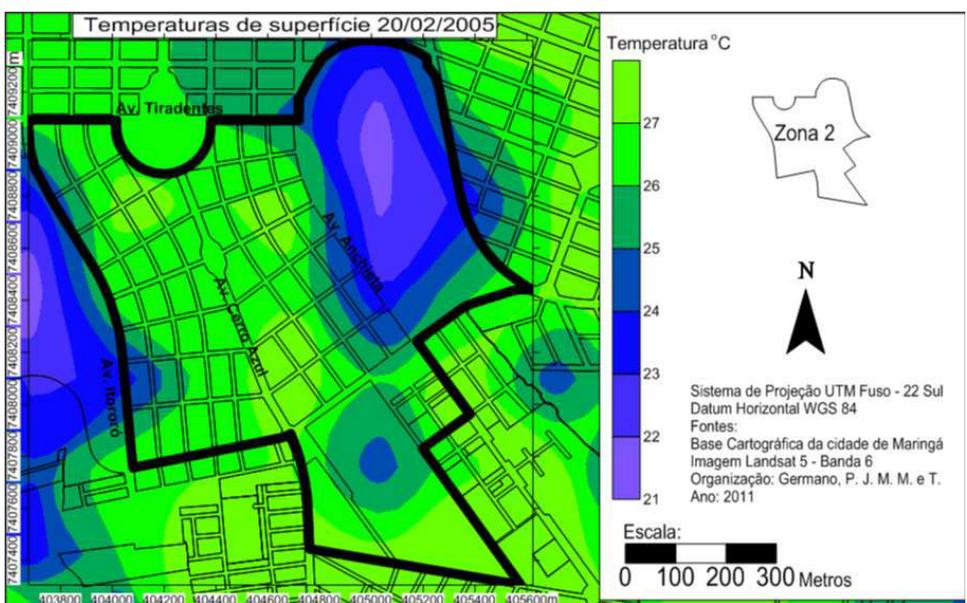
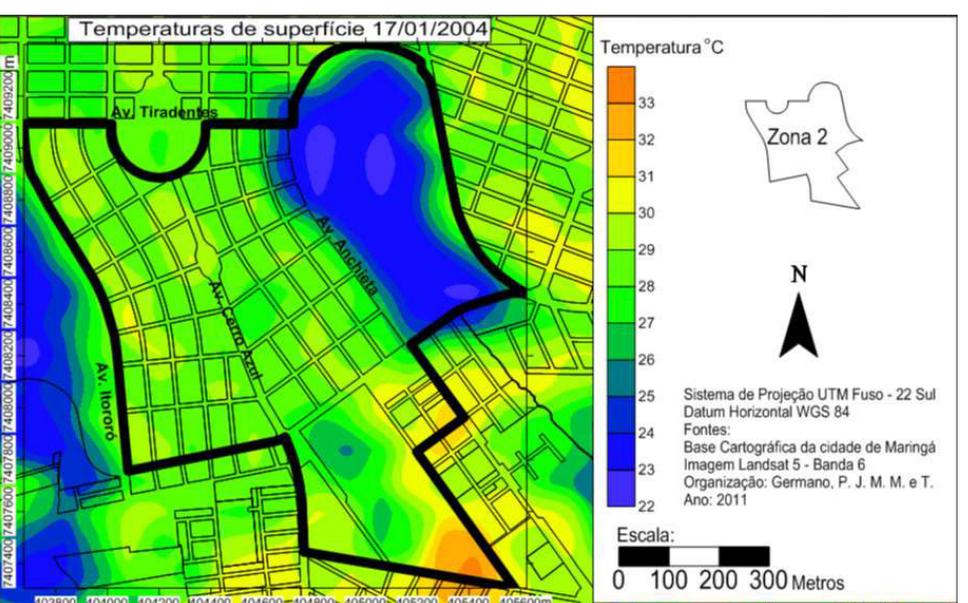
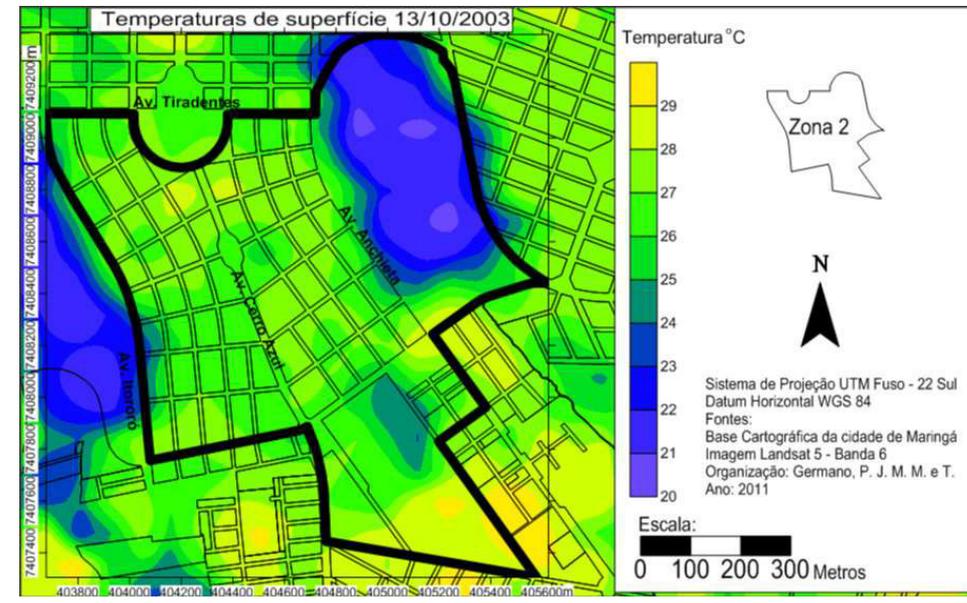
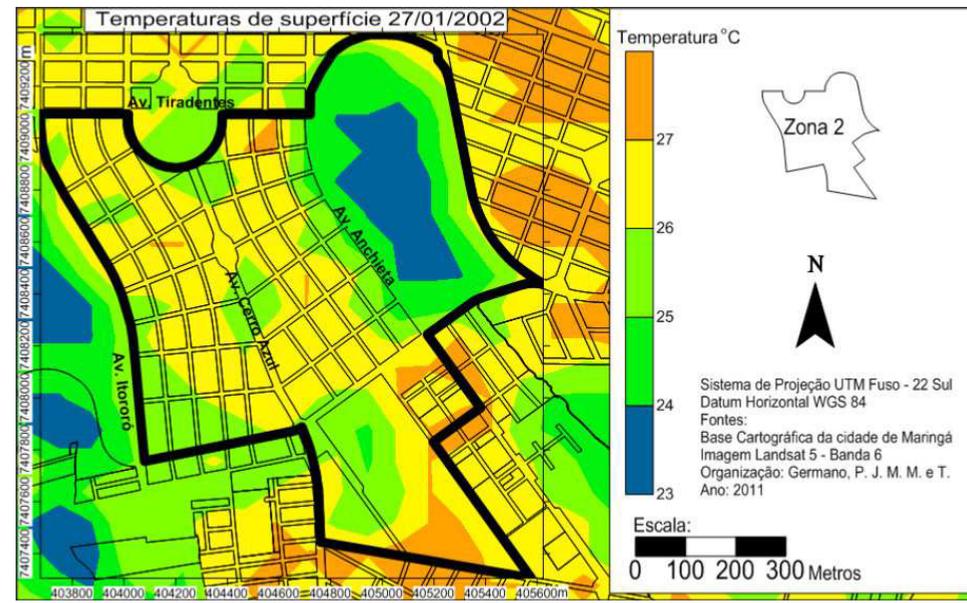
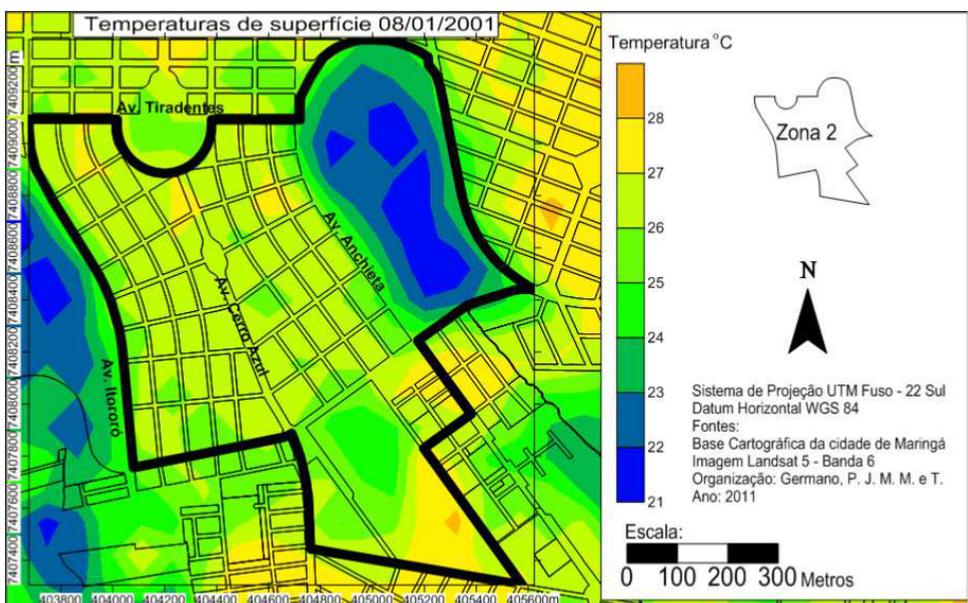
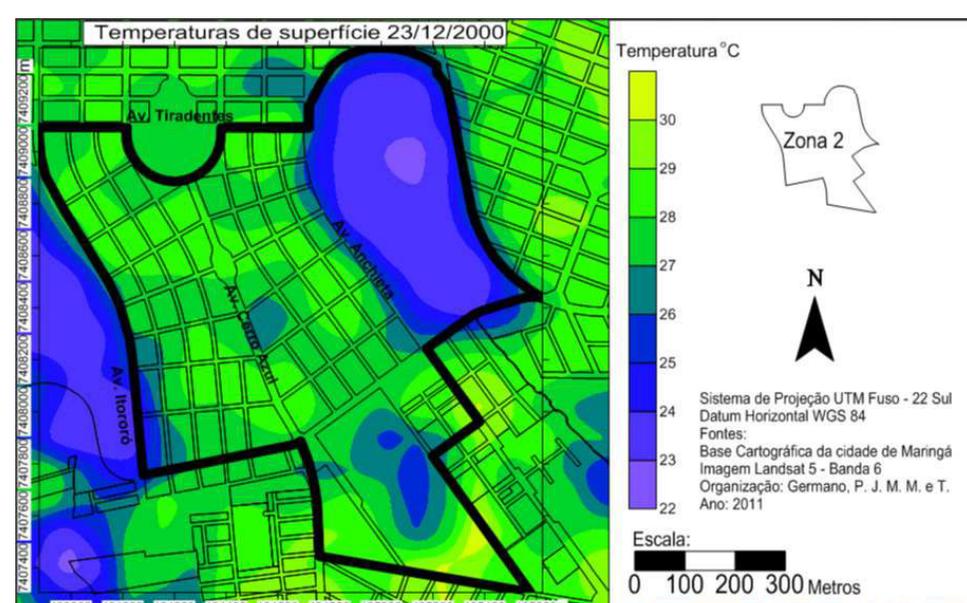
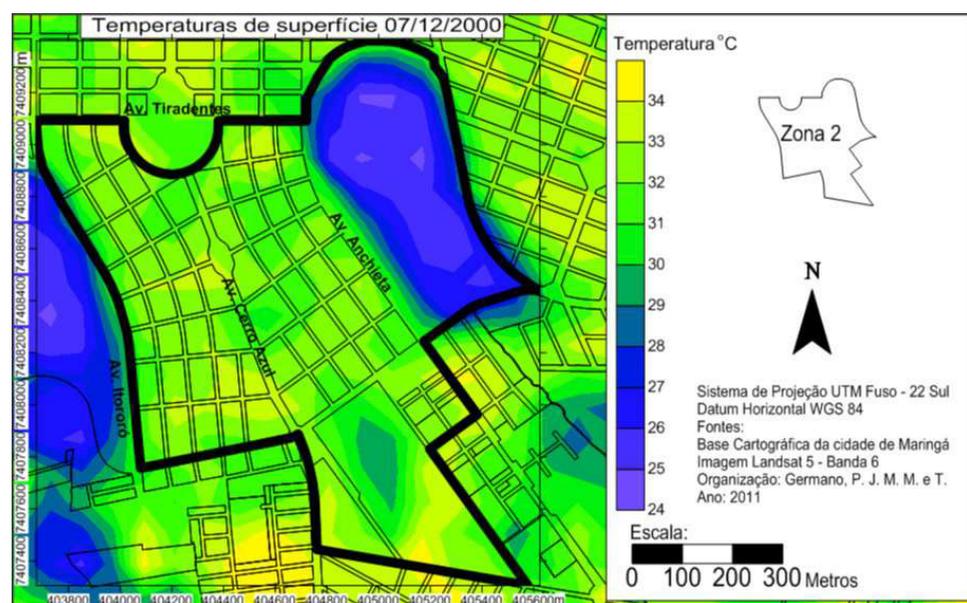
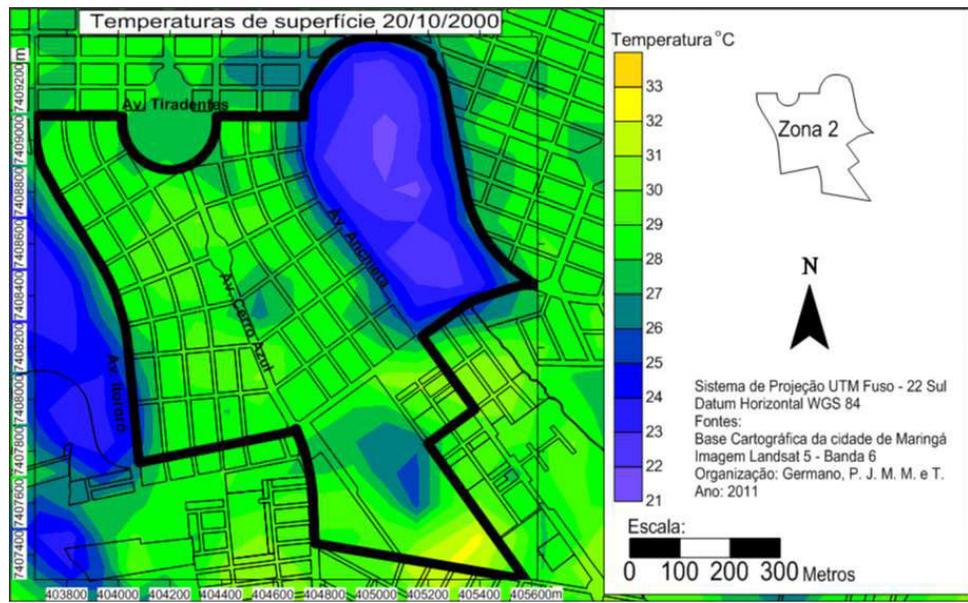


Figura 54 - Mapas termais da Zona 2 correspondentes aos períodos de 2000 a 2005.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

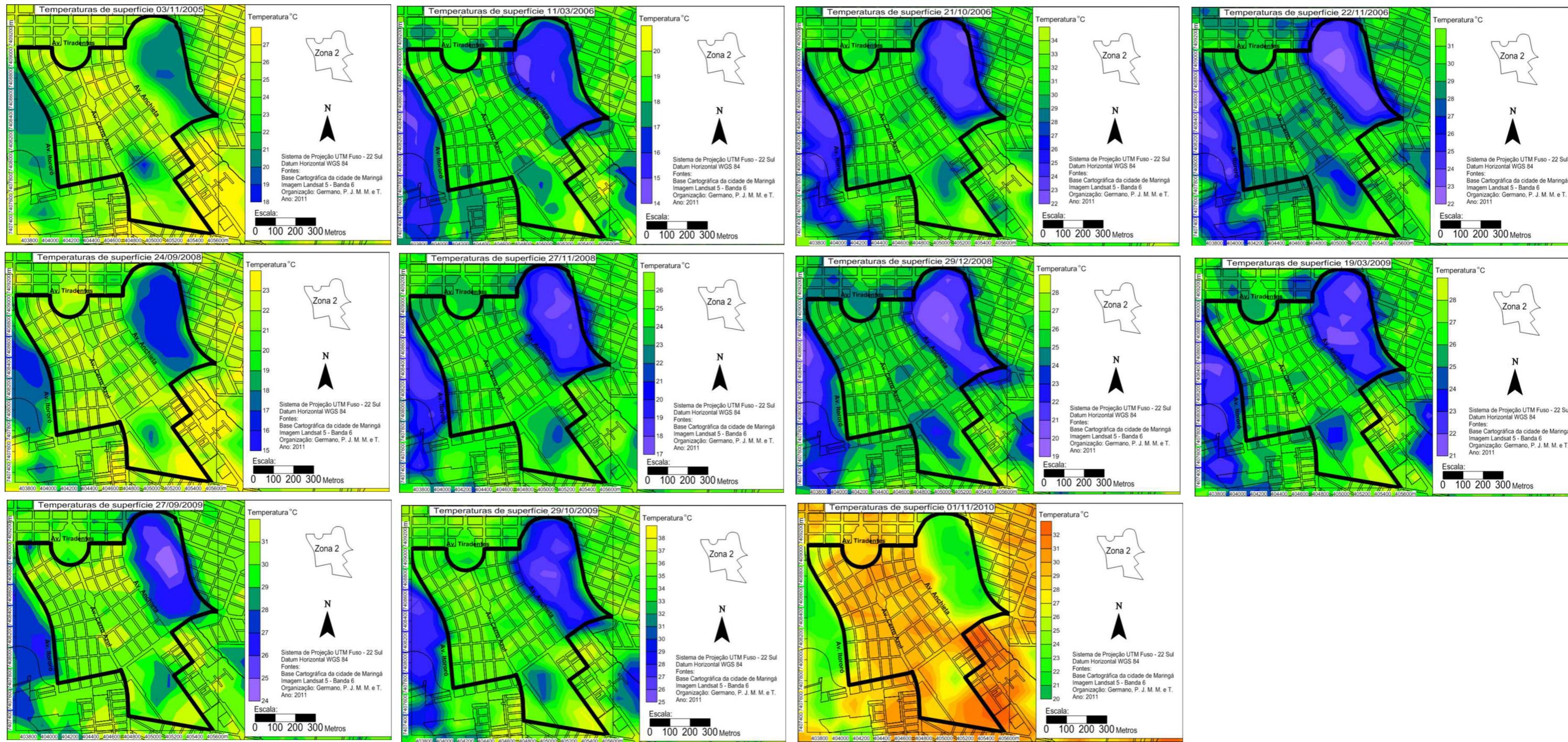


Figura 55 - Mapas termiais da Zona 2 correspondentes aos períodos de 2005 a 2010.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

A Zona 7, que possui uma característica morfológica mista, apresentou ilhas de frescor com temperatura média de 22,3°C, e ilhas de calor com valores de temperatura em torno de 30,4°C, portanto, verificou-se uma amplitude média de 8,1°C. As temperaturas médias encontradas nessas imagens tiveram como limite mínimo 17,5°C e máximo 33,5°C, e a média geral foi de 26,4°C (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados gerais de temperaturas da Zona 7.

IMAGENS	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Amplitude (°C)	Média de temperatura da imagem (°C)
Imagem 20/ 10/ 2000	22	34	12	28
Imagem 07/ 12/ 2000	29	36	7	32,5
Imagem 23/ 12/ 2000	23	30	7	26,5
Imagem 08/ 01/ 2001	22	28	6	25
Imagem 27/ 01/ 2002	23	27	4	25
Imagem 13/ 10/ 2003	22	32	10	27
Imagem 17/ 01/ 2004	23	32	9	27,5
Imagem 20/ 02/ 2005	24	28	4	26
Imagem 08/ 03/ 2005	17	24	7	20,5
Imagem 03/ 11/ 2005	21	28	7	24,5
Imagem 11/ 03/ 2006	15	20	5	17,5
Imagem 21/ 10/ 2006	25	36	11	30,5
Imagem 22/ 11/ 2006	25	35	10	30
Imagem 24/ 09/ 2008	18	26	8	22
Imagem 27/ 11/ 2008	19	30	11	24,5
Imagem 29/ 12/ 2008	21	29	8	25
Imagem 19/ 03/ 2009	22	30	8	26
Imagem 27/ 09/ 2009	27	32	5	29,5
Imagem 29/ 10/ 2009	27	40	13	33,5
Imagem 01/ 11/ 2010	22	32	10	27
Médias em (°C)	22,35	30,45	8,1	26,4

Elaborado por: Paulo J. M. M e T. Germano, 2011.

De maneira geral as ilhas de calor dessa área se concentraram nas porções próximas a Vila Olímpica e na região noroeste. Na primeira localidade constata-se a existência de prédios, áreas com pouca vegetação de porte arbóreo e arenas de esportes não cobertas (pista de ciclismo, quadra de vôlei entre outras). Já a segunda trata-se de uma área pouco ocupada, que apresenta como elemento principal o Hospital Universitário e algumas estruturas relacionadas a esse conjunto, que disponibilizam áreas de estacionamentos com pouca vegetação (Figura 56).

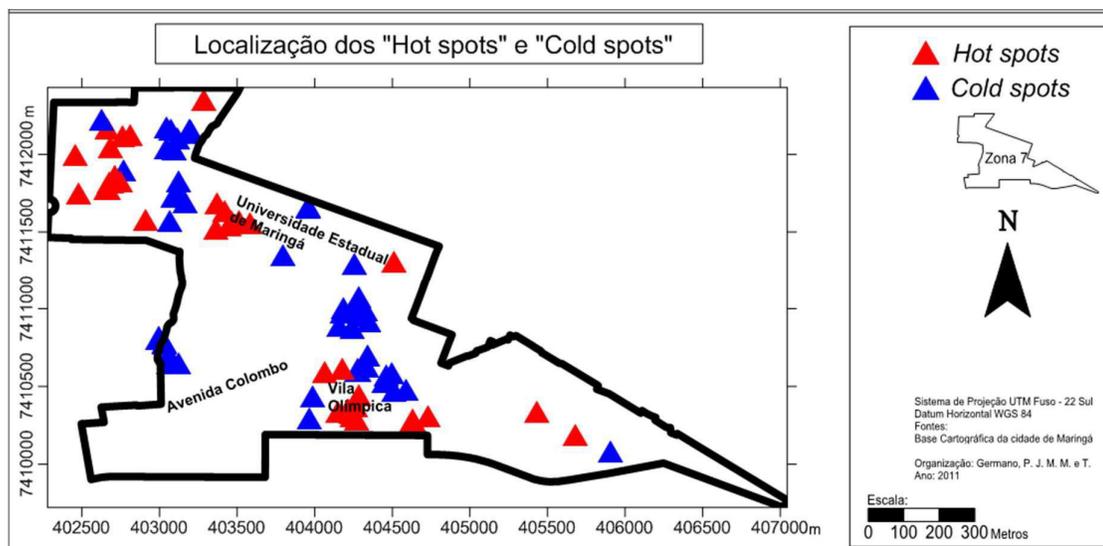


Figura 56 - Localização dos "hot - spots" da Zona 7
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

As ilhas de frescor se apresentaram mais constantes em sua localização, e se deu próximo ao Córrego Mandacarú e na parte antiga da Universidade Estadual de Maringá, pois possui uma vegetação de maior porte que recobrem os telhados dos blocos.

A sequência de imagens dessa zona (Figura 57 e 58), permite observar a espacialização das temperaturas e seus valores mais representativos, nelas ficam evidenciados os locais aonde elas ocorreram e em qual período, se apresentaram mais representativas.

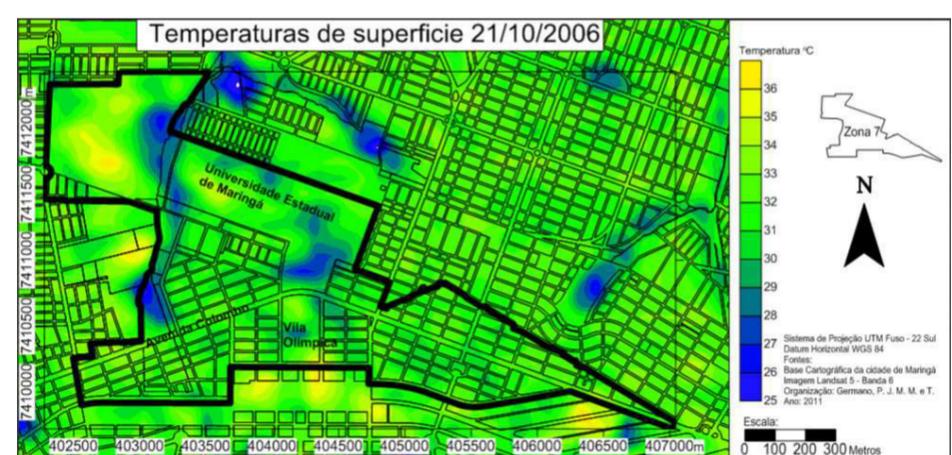
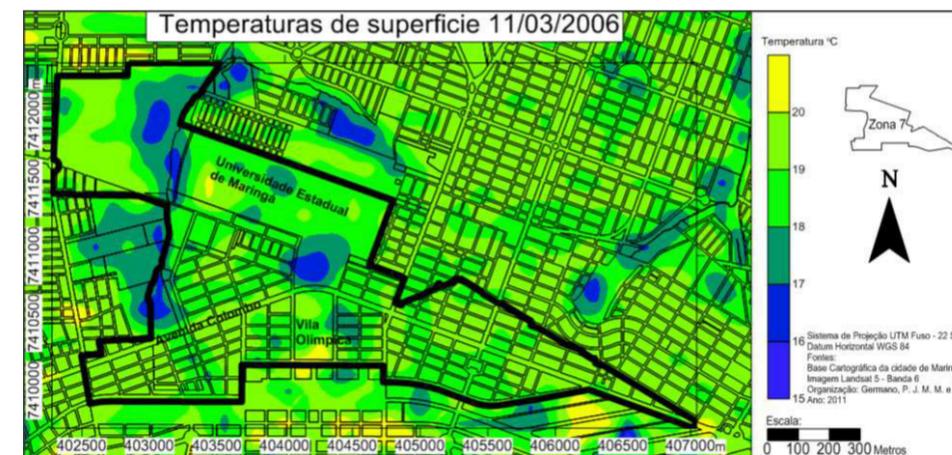
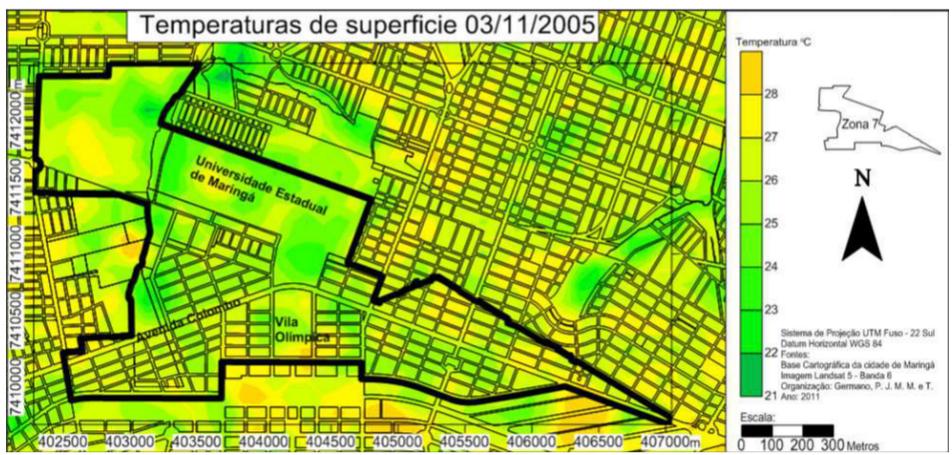
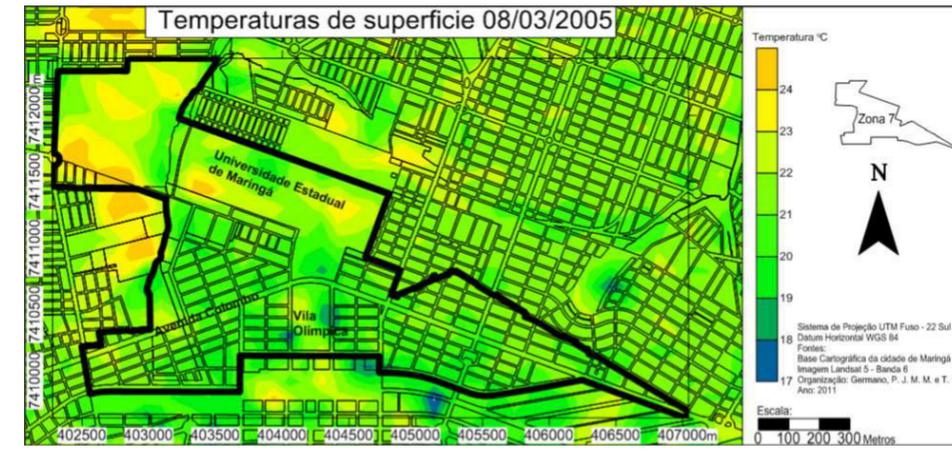
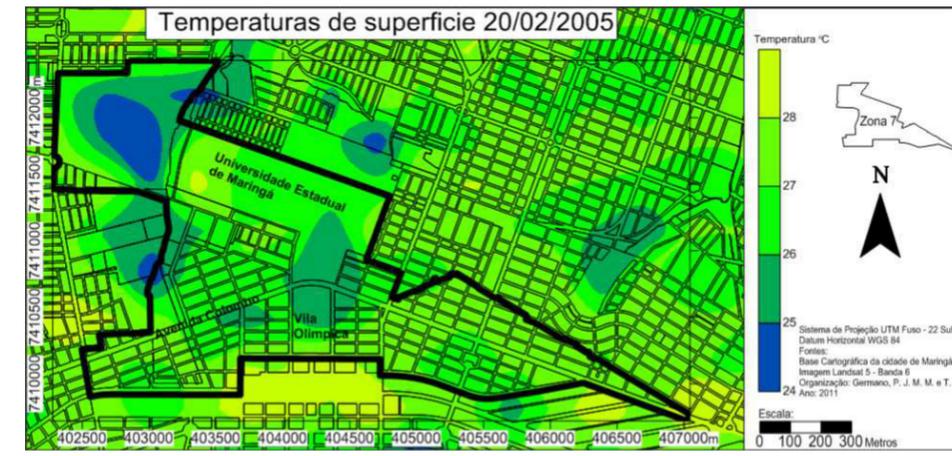
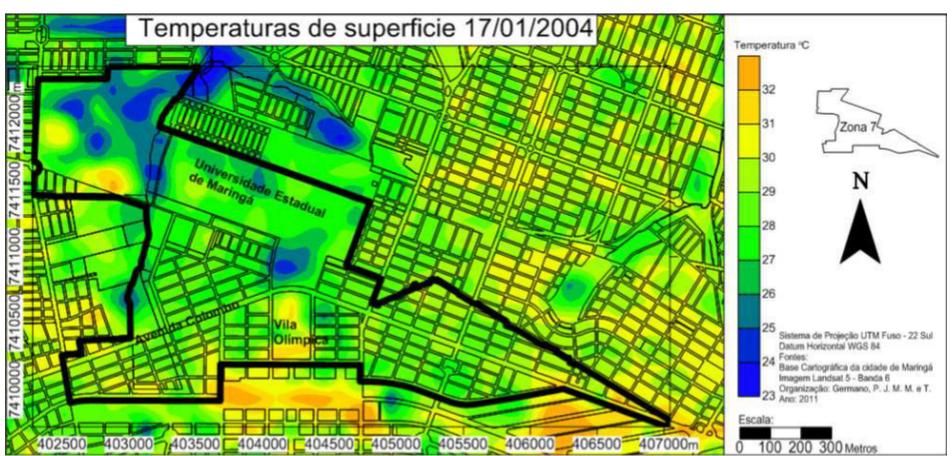
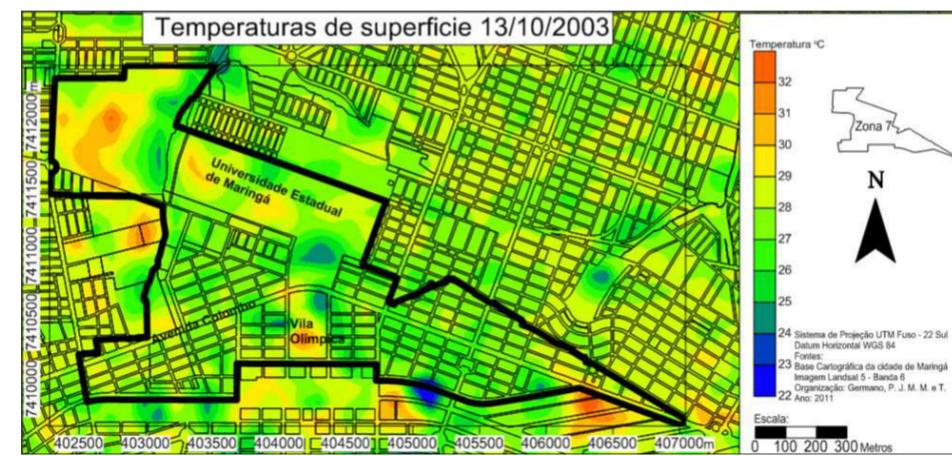
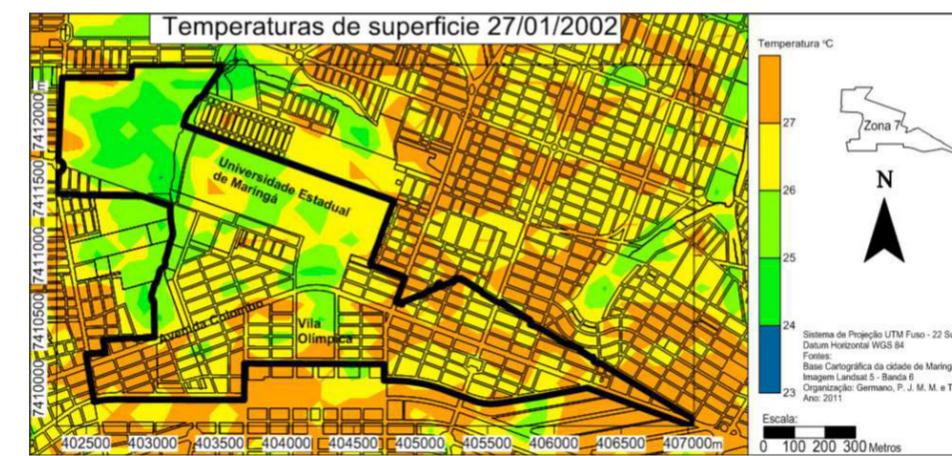
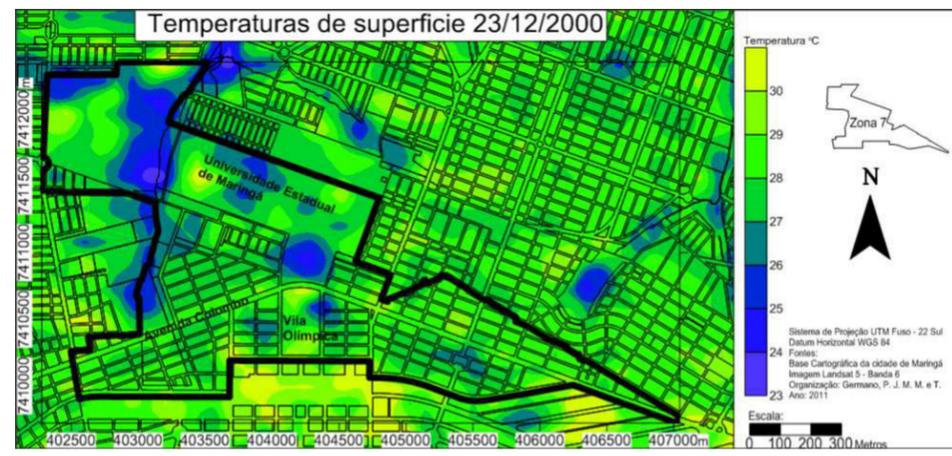
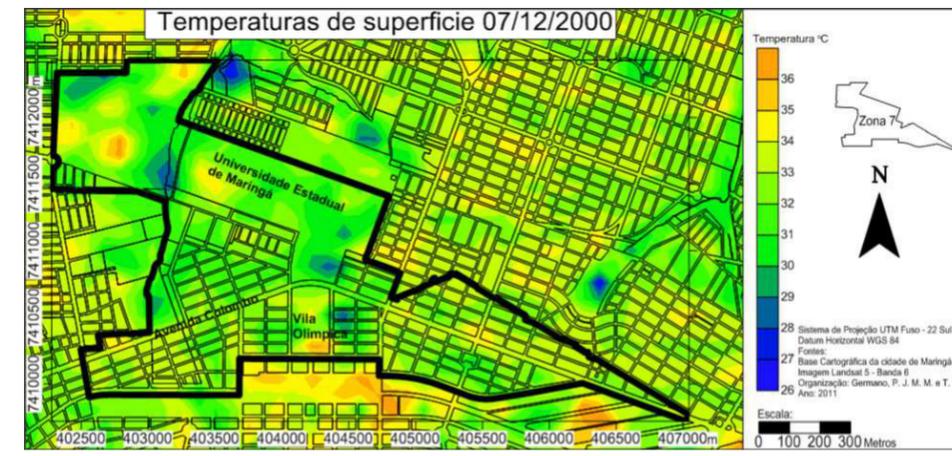
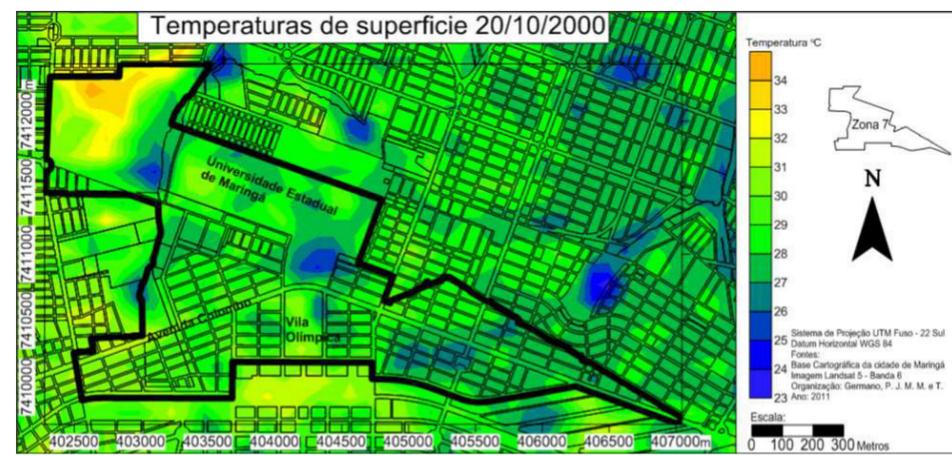


Figura 57 - Mapas termais da Zona 7 correspondentes aos períodos de 2000 a 2006. Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

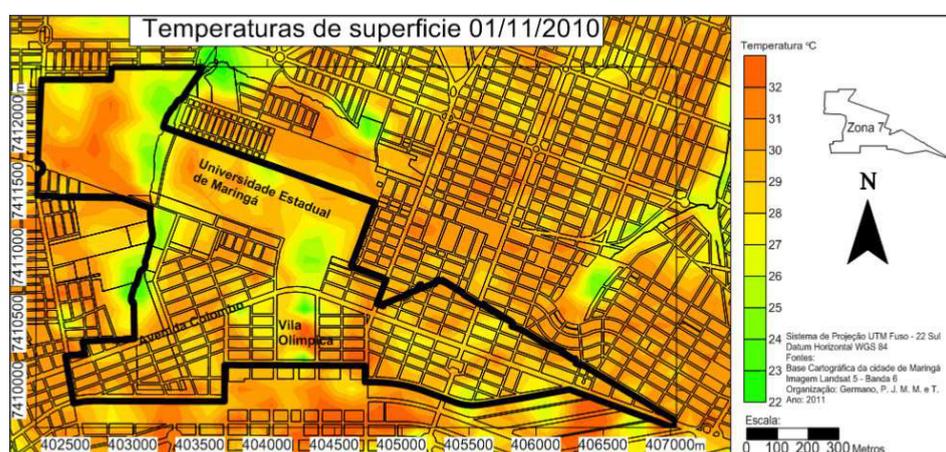
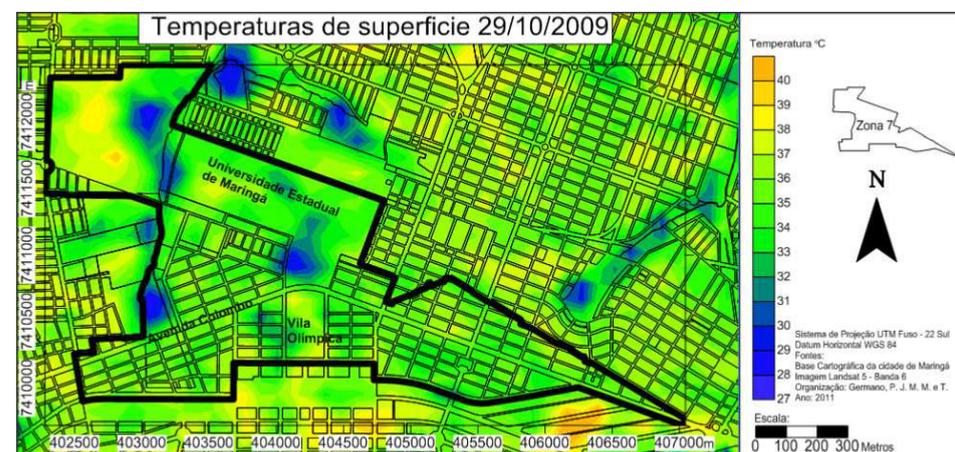
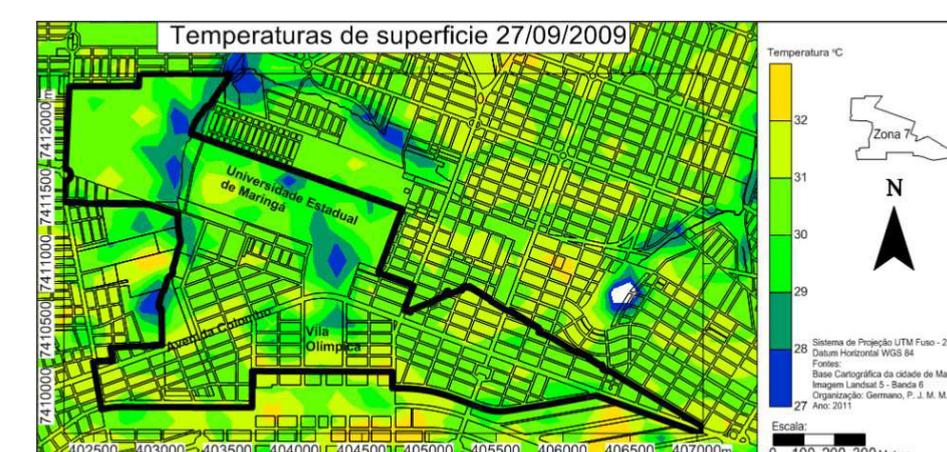
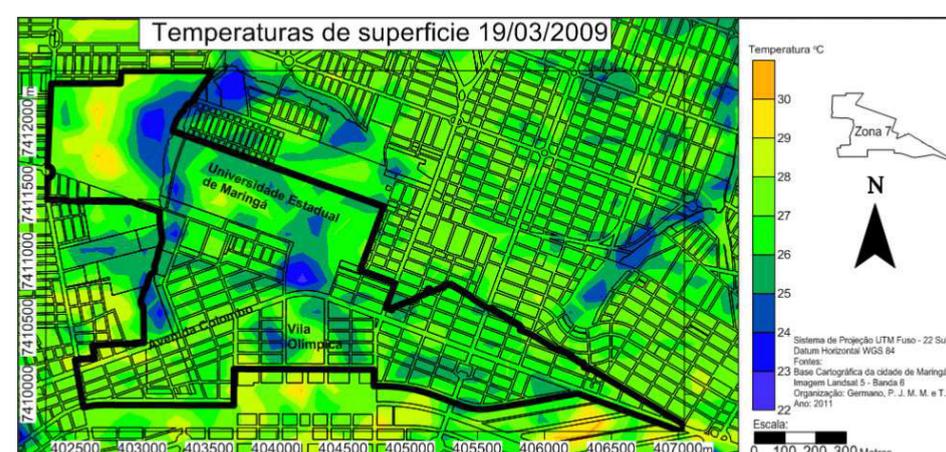
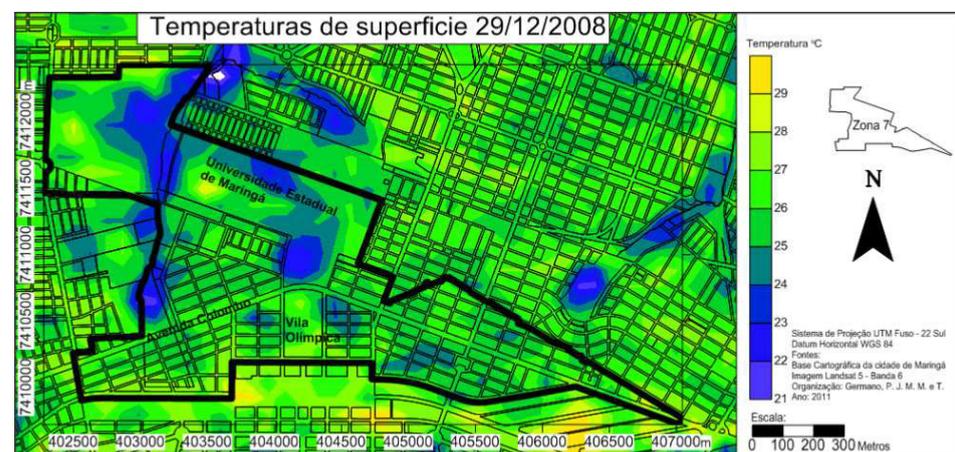
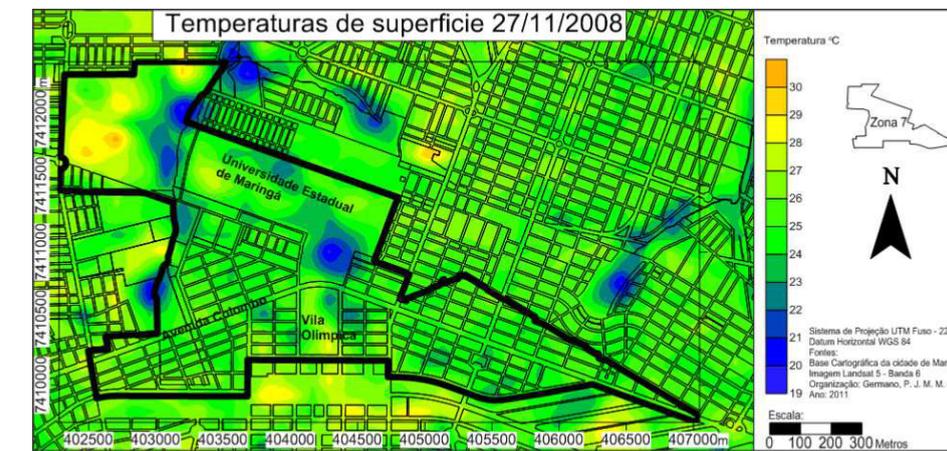
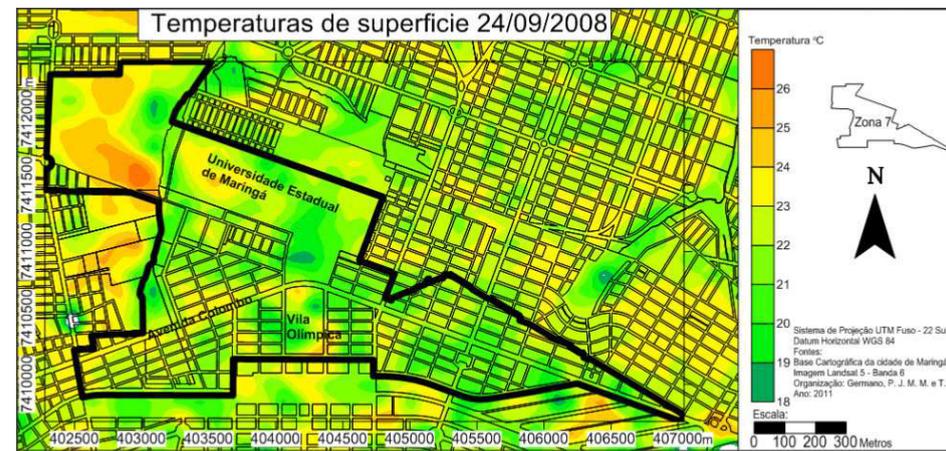
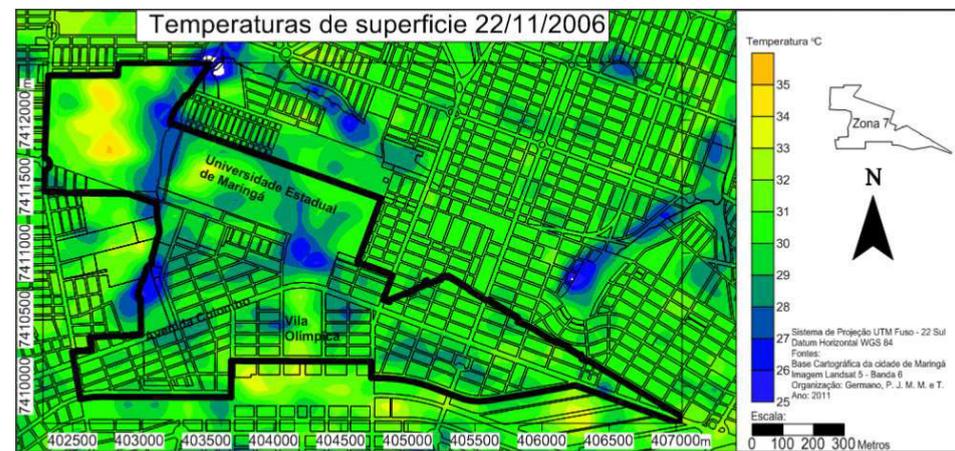


Figura 58 - Mapas termais da Zona 7 correspondentes aos períodos de 2006 a 2010. Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

Diferentemente das zonas até agora estudadas a Zona 10 apresenta-se como uma área estagnada, pois não foram realizadas alterações significativas em sua morfologia devido às peculiaridades já apresentadas nas descrições das áreas de estudo. As ilhas de frescor demonstraram temperatura média de 24,3°C, e as ilhas de calor com temperatura em torno de 30,9°C, portanto verificou-se uma amplitude média de 6,6°C. As temperaturas médias encontradas nessas imagens tiveram como limite mínimo 18°C e máximo 33°C, e a média geral foi de 27,6°C (Tabela 4).

Tabela 4 - Dados gerais de temperaturas da Zona 10.

IMAGENS	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Amplitude (°C)	Média de temperatura da imagem (°C)
Imagem 20/ 10/ 2000	26	31	5	28,5
Imagem 07/ 12/ 2000	29	37	8	33
Imagem 23/ 12/ 2000	26	33	7	29,5
Imagem 08/ 01/ 2001	24	29	5	26,5
Imagem 27/ 01/ 2002	25	29	4	27
Imagem 13/ 10/ 2003	24	33	9	28,5
Imagem 17/ 01/ 2004	27	34	7	30,5
Imagem 20/ 02/ 2005	25	29	4	27
Imagem 08/ 03/ 2005	18	23	5	20,5
Imagem 03/ 11/ 2005	24	30	6	27
Imagem 11/ 03/ 2006	15	21	6	18
Imagem 21/ 10/ 2006	27	36	9	31,5
Imagem 22/ 11/ 2006	27	33	6	30
Imagem 24/ 09/ 2008	16	25	9	20,5
Imagem 27/ 11/ 2008	22	28	6	25
Imagem 29/ 12/ 2008	24	30	6	27
Imagem 19/ 03/ 2009	24	30	6	27
Imagem 27/ 09/ 2009	28	33	5	30,5
Imagem 29/ 10/ 2009	31	41	10	36
Imagem 01/ 11/ 2010	25	34	9	29,5
Médias em (°C)	24,35	30,95	6,6	27,65

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

As ilhas de calor dessa área se concentraram na porção central da zona, onde se encontram barracões antigos e pouca vegetação. É possível notar que essa área de estudo apresentou pouca variação espacial nos pontos de IC e de IF, fato esse explicado pela pouca alteração que essa zona sofreu nesse recorte temporal (Figura 59).

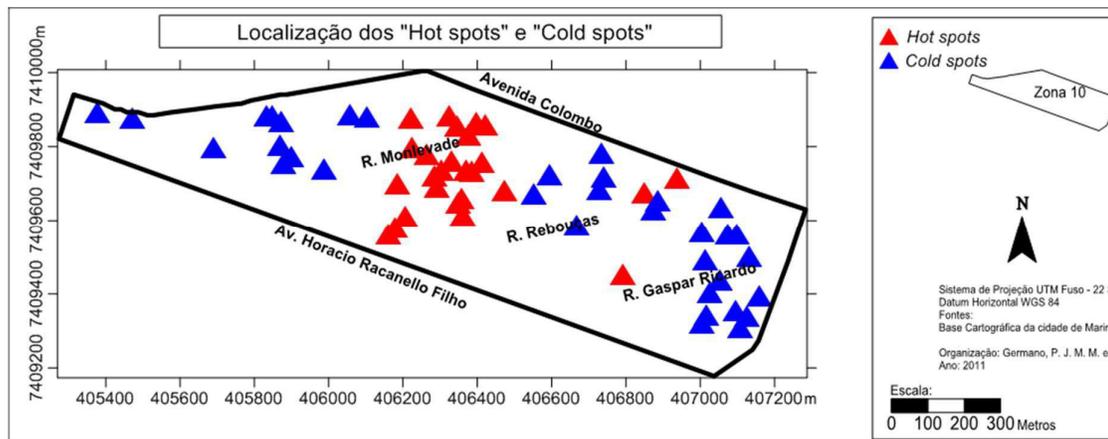


Figura 59 - Localização dos "hot - spots" da Zona 10

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

As ilhas de frescor dessa área se concentraram em locais em que se observam alguns barracões, porém constata-se a existência de pequenos adensamentos vegetais compostos por espécies de porte arbóreo.

Na amostragem temporal (Figura 60 e 61), é possível notar a pouca variação das amplitudes térmicas, além da distribuição das ilhas de calor e frescor em pontos específicos. Essa zona demonstrou o maior valor de temperatura média, e a menor amplitude média, fatos esses explicados pela morfologia urbana que possui como características a pouca vegetação e homogeneidade nos tipos de edificações nela presente.

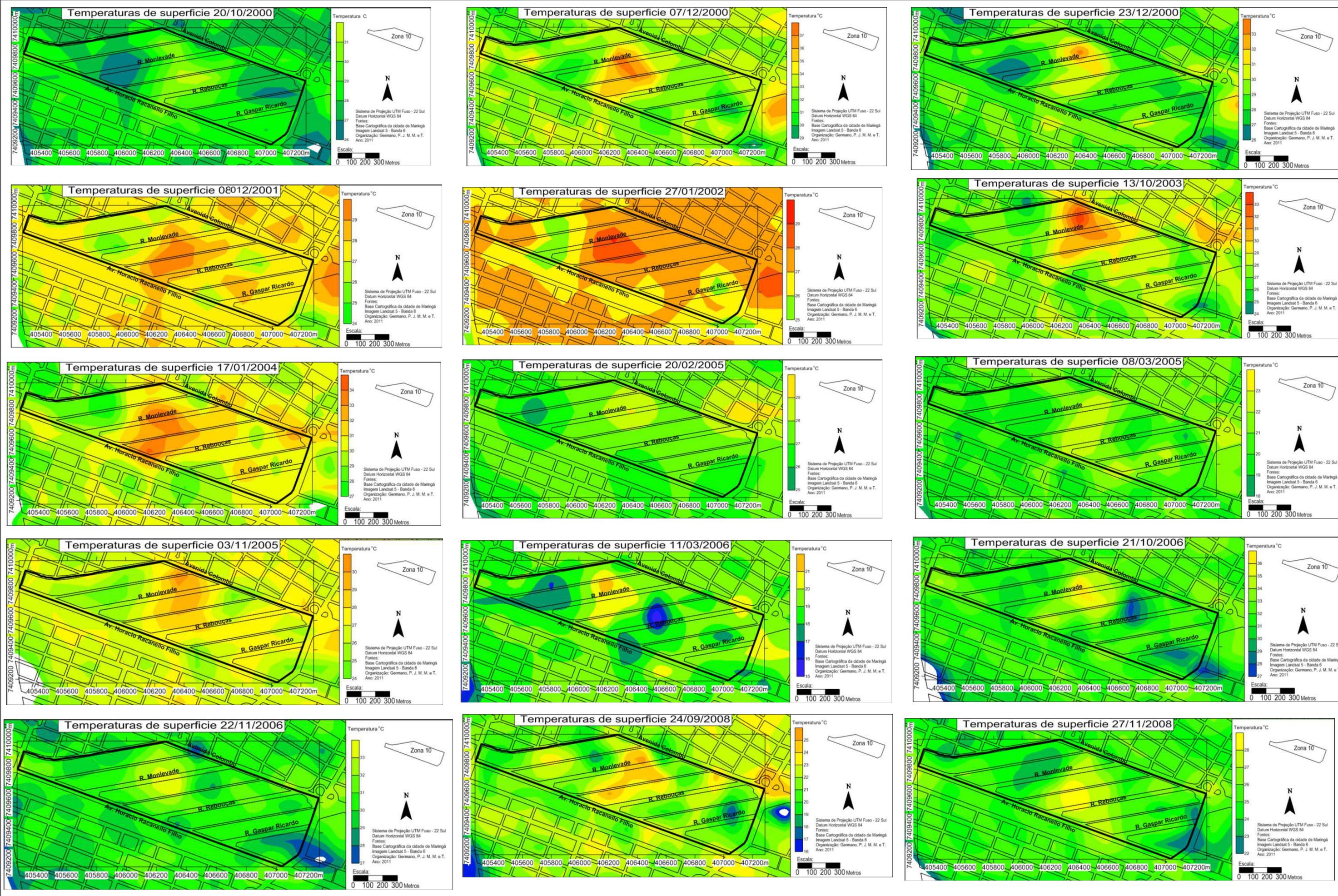


Figura 60 - Mapas termais da Zona 10 correspondentes aos períodos de 2000 a 2008. Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

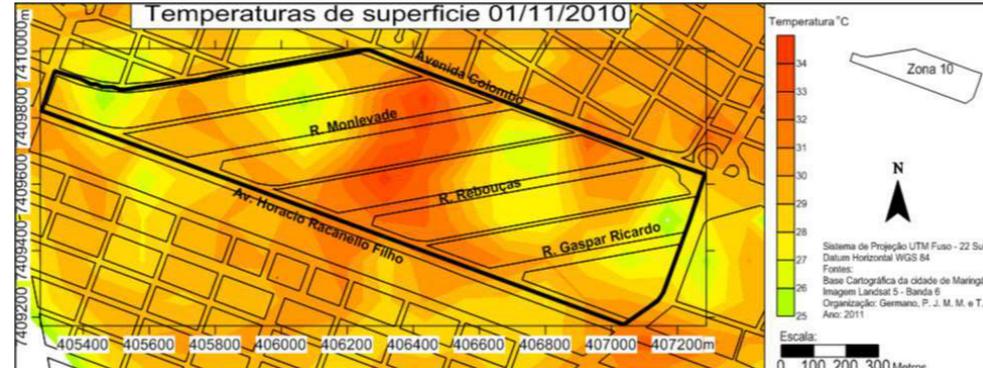
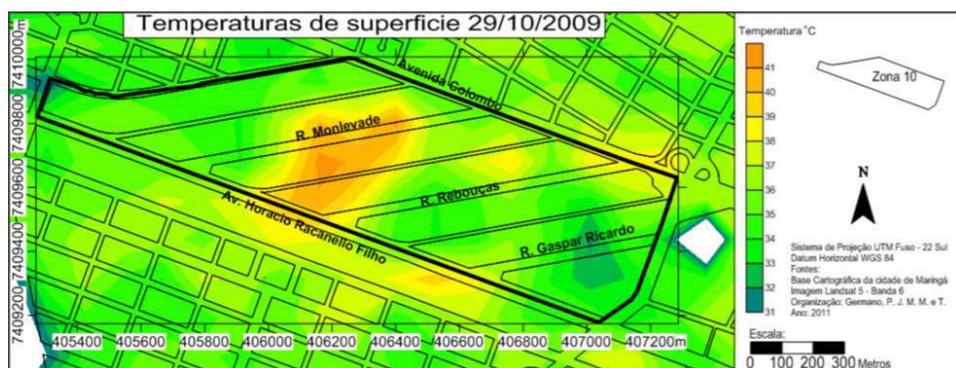
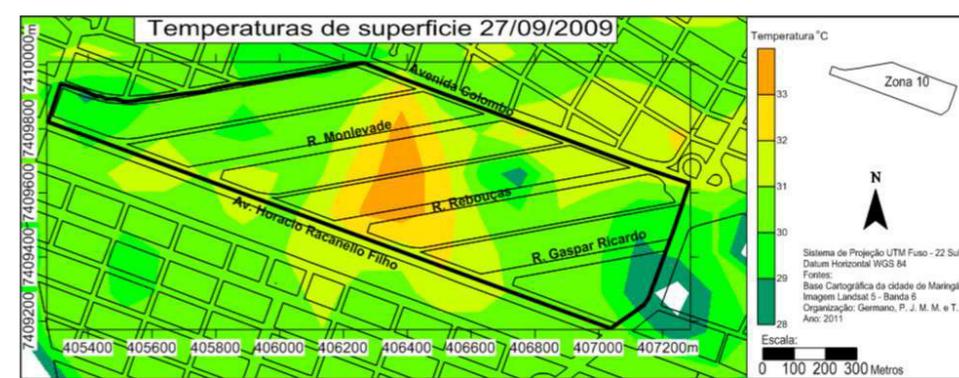
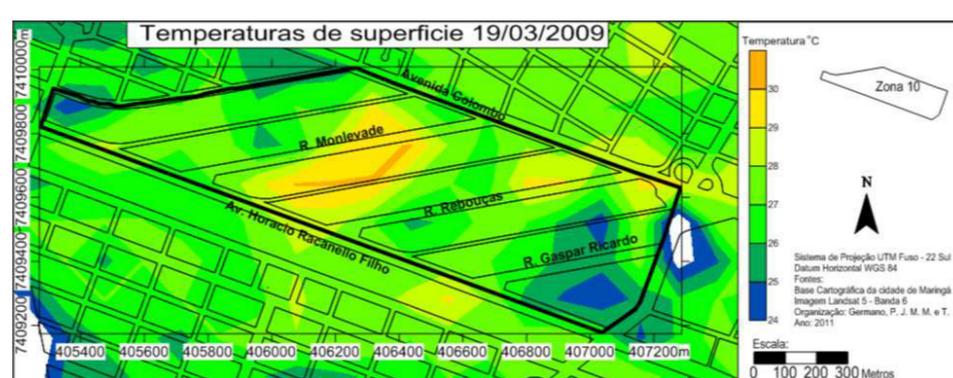
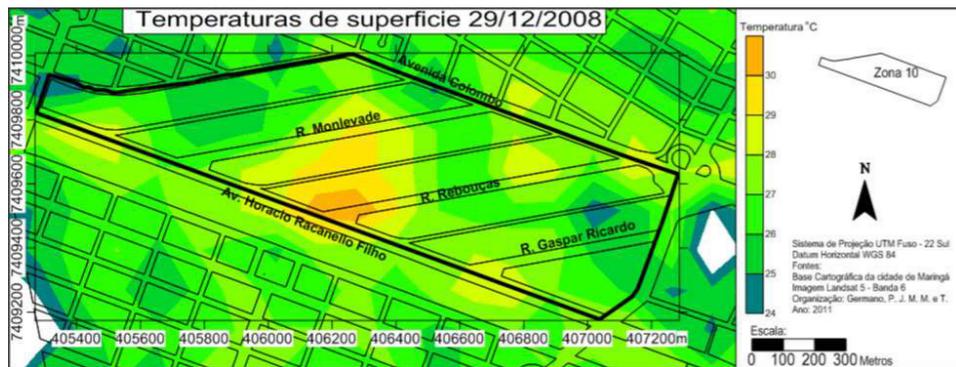


Figura 61 - Mapas termais da Zona 10 correspondentes aos períodos de 2008 a 2011.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

Concluindo essa análise seqüencial das zonas englobadas nesse estudo, a Zona 45 que se apresenta mais afastada do centro urbano, proporcionou ilhas de frescor com temperatura média de 20,8°C, e as ilhas de calor apresentaram valores de temperatura em torno de 32,2°C, portanto verificou-se uma amplitude média de 11,3°C. As temperaturas médias encontradas nessas imagens tiveram como limite mínimo 21°C e máximo 36°C, e a média geral foi de 26,5°C (Tabela 5).

Tabela 5 - Dados gerais de temperaturas da Zona 45.

IMAGENS	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Amplitude (°C)	Média de temperatura da imagem (°C)
Imagem 07/ 12/ 2000	24	39	15	31,5
Imagem 23/ 12/ 2000	23	34	11	28,5
Imagem 08/ 01/ 2001	22	28	6	25
Imagem 27/ 01/ 2002	20	26	6	23
Imagem 13/ 10/ 2003	22	31	9	26,5
Imagem 17/ 01/ 2004	21	34	13	27,5
Imagem 20/ 02/ 2005	22	32	10	27
Imagem 08/ 03/ 2005	15	27	12	21
Imagem 03/ 11/ 2005	19	33	14	26
Imagem 11/ 03/ 2006	14	21	7	17,5
Imagem 21/ 10/ 2006	22	41	19	31,5
Imagem 22/ 11/ 2006	23	35	12	29
Imagem 24/ 09/ 2008	16	27	11	21,5
Imagem 27/ 11/ 2008	17	29	12	23
Imagem 29/ 12/ 2008	19	30	11	24,5
Imagem 19/ 03/ 2009	22	31	9	26,5
Imagem 27/ 09/ 2009	27	35	8	31
Imagem 29/ 10/ 2009	27	45	18	36
Imagem 01/ 11/ 2010	21	34	13	27,5
Médias em (°C)	20,84210526	32,21052632	11,36842105	26,52631579

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

A Zona 45 apresentou ilhas de frescor nas regiões do Ribeirão Paiçandu e em algumas áreas com vegetação mais frondosa (mata ciliar e reservas). Em contraponto temos que as IC, se deram principalmente no aeroporto e na área industrial consolidada, além de eventualmente ocorrerem nas plantações quando o solo se apresentou exposto (Figuras 62).

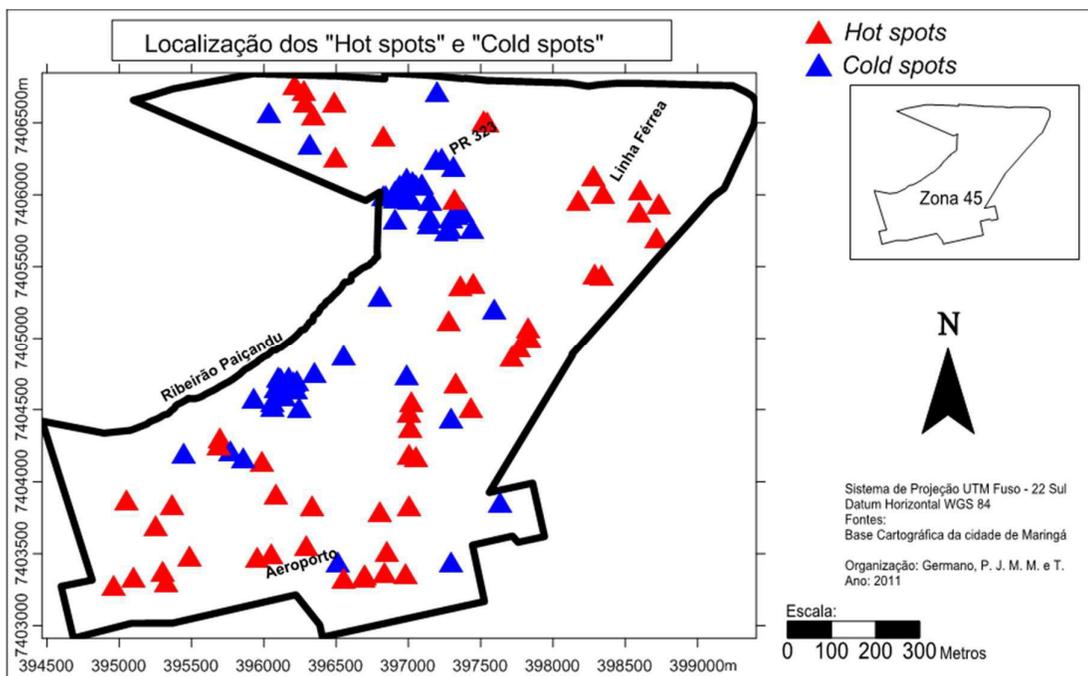


Figura 62 - Localização dos "hot - spots" da Zona 45

Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

Essa zona atualmente se apresenta dentro do perímetro urbano do município de Maringá, e trata-se de um local em que se verifica uma transição do uso urbano com o rural. Trata-se de uma área em consolidação, que apesar de possuir um zoneamento definido ainda não foi completamente ocupada.

É possível analisar nas imagens processadas, que os eventos de ilhas de frescor se localizaram em adensamentos geralmente localizados em pontos específicos dessa zona (Figura 63 e 64). Diferentemente, as ilhas de calor demonstraram uma maior variabilidade espacial. A área do aeroporto se apresenta como uma ilha de calor desde a primeira imagem trabalhada (Figura 59), devido ao fato que a inauguração desse equipamento se deu nos anos 2000.

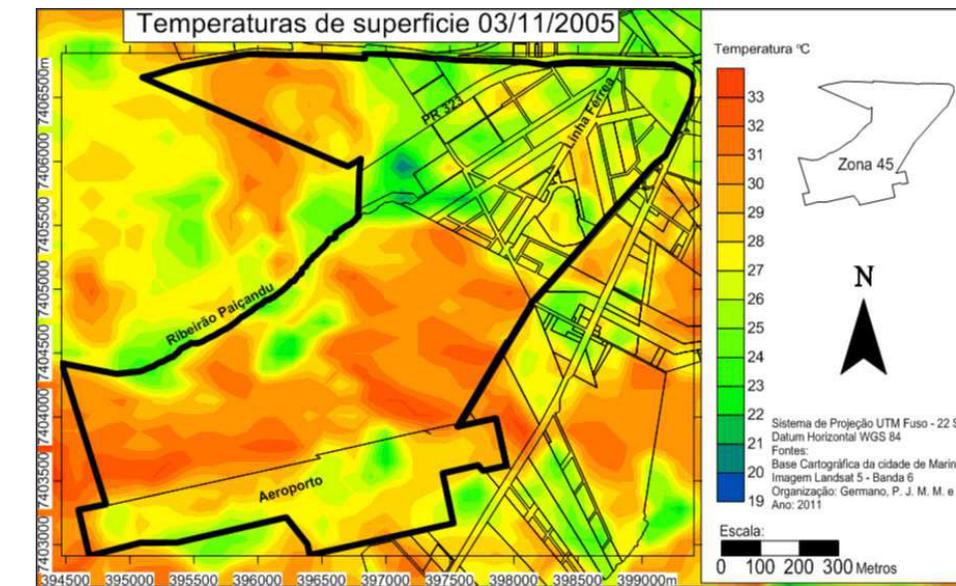
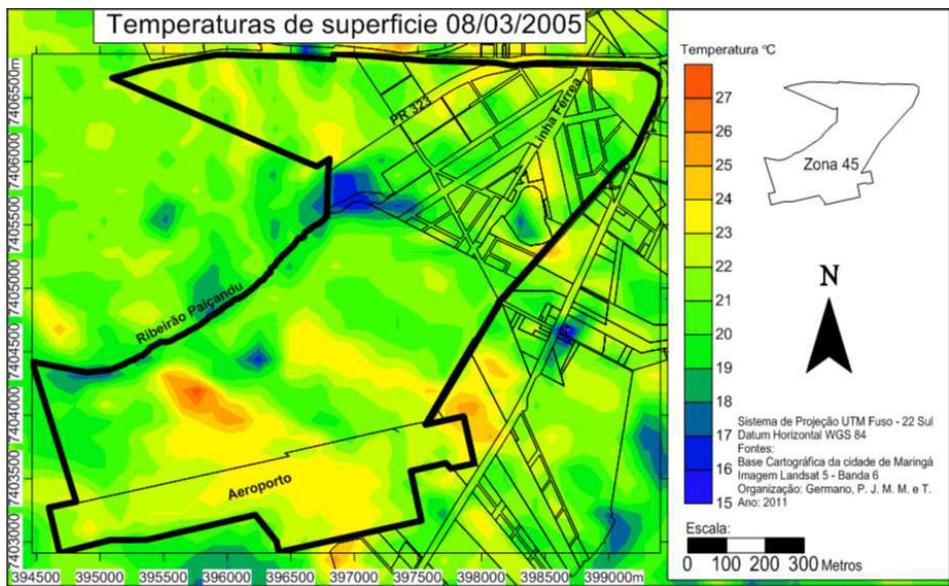
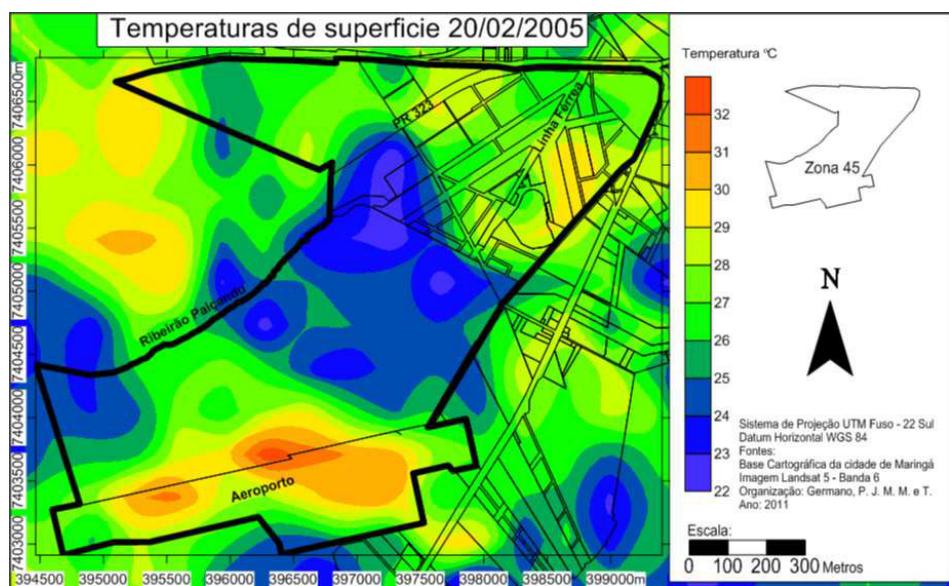
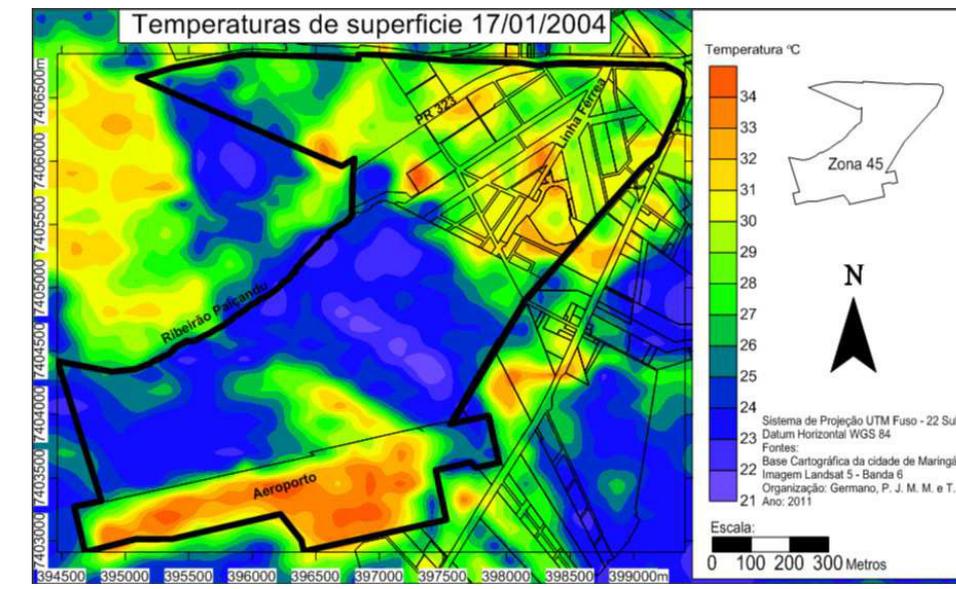
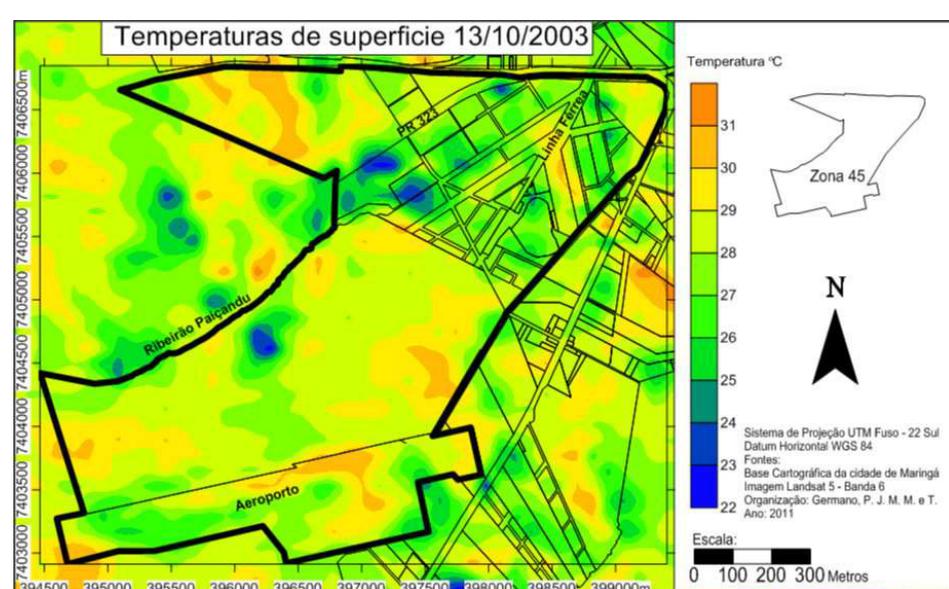
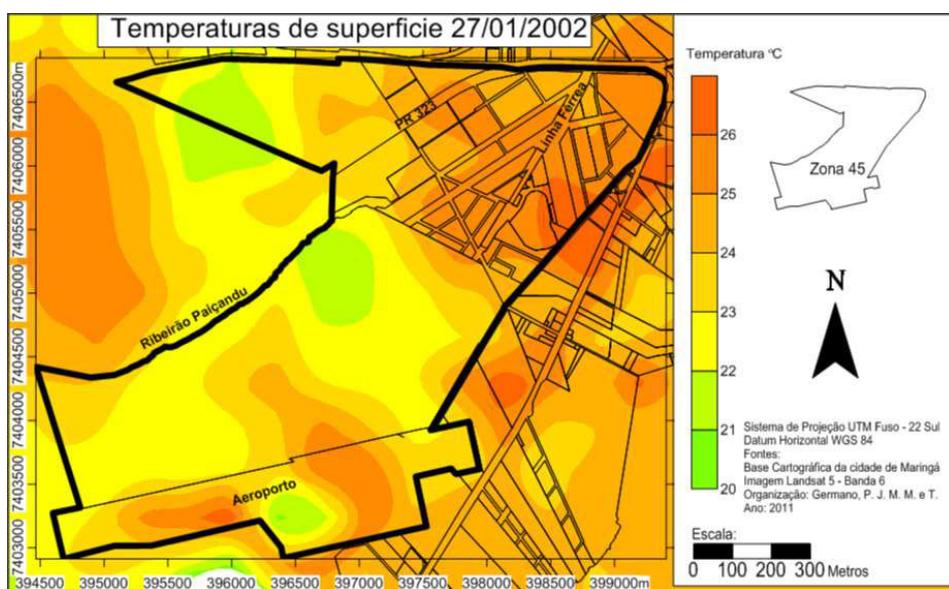
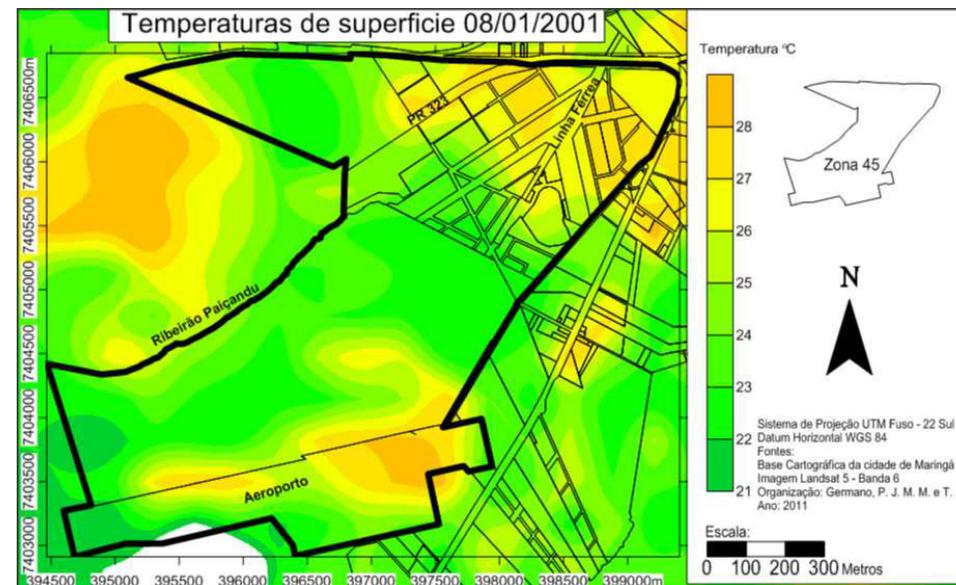
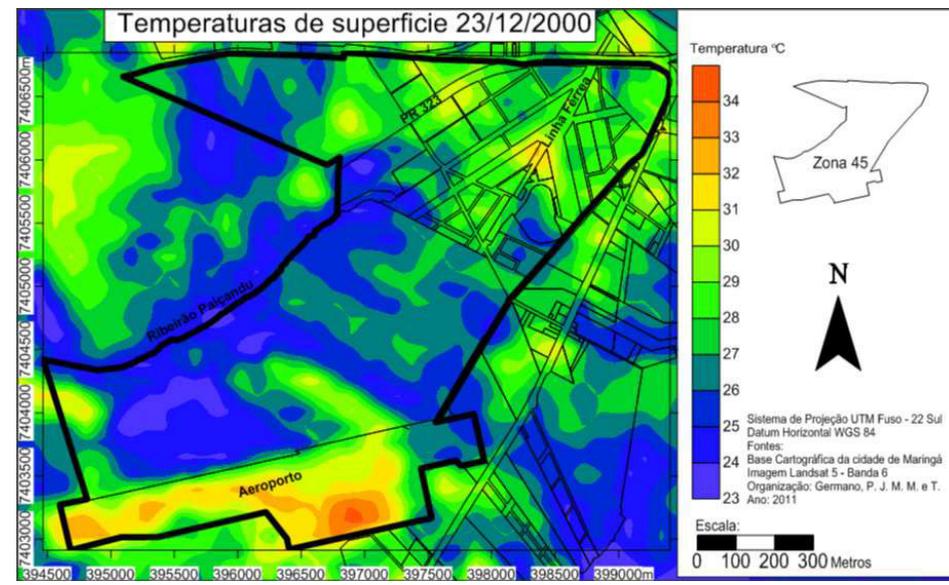
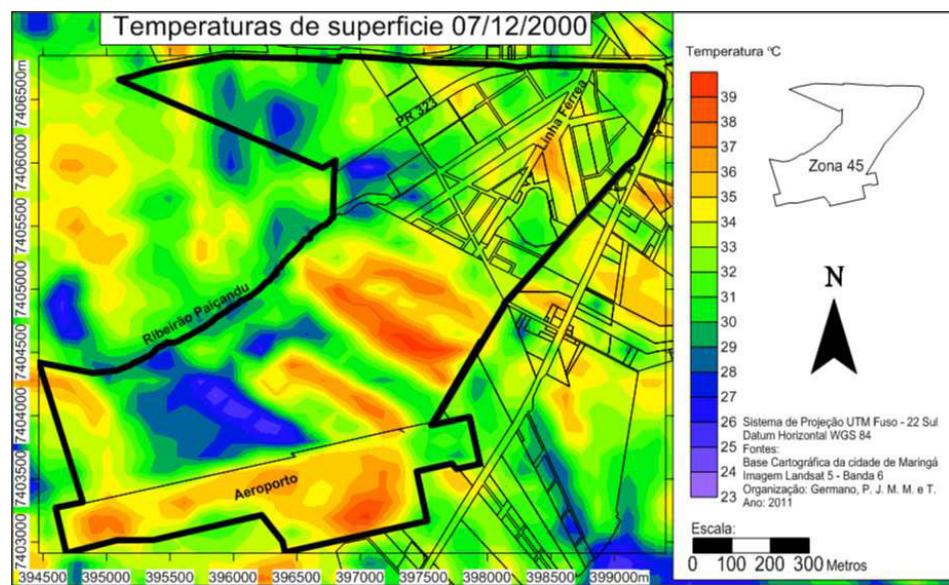


Figura 63 - Mapas temais da Zona 45 correspondentes aos períodos de 2000 a 2005.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

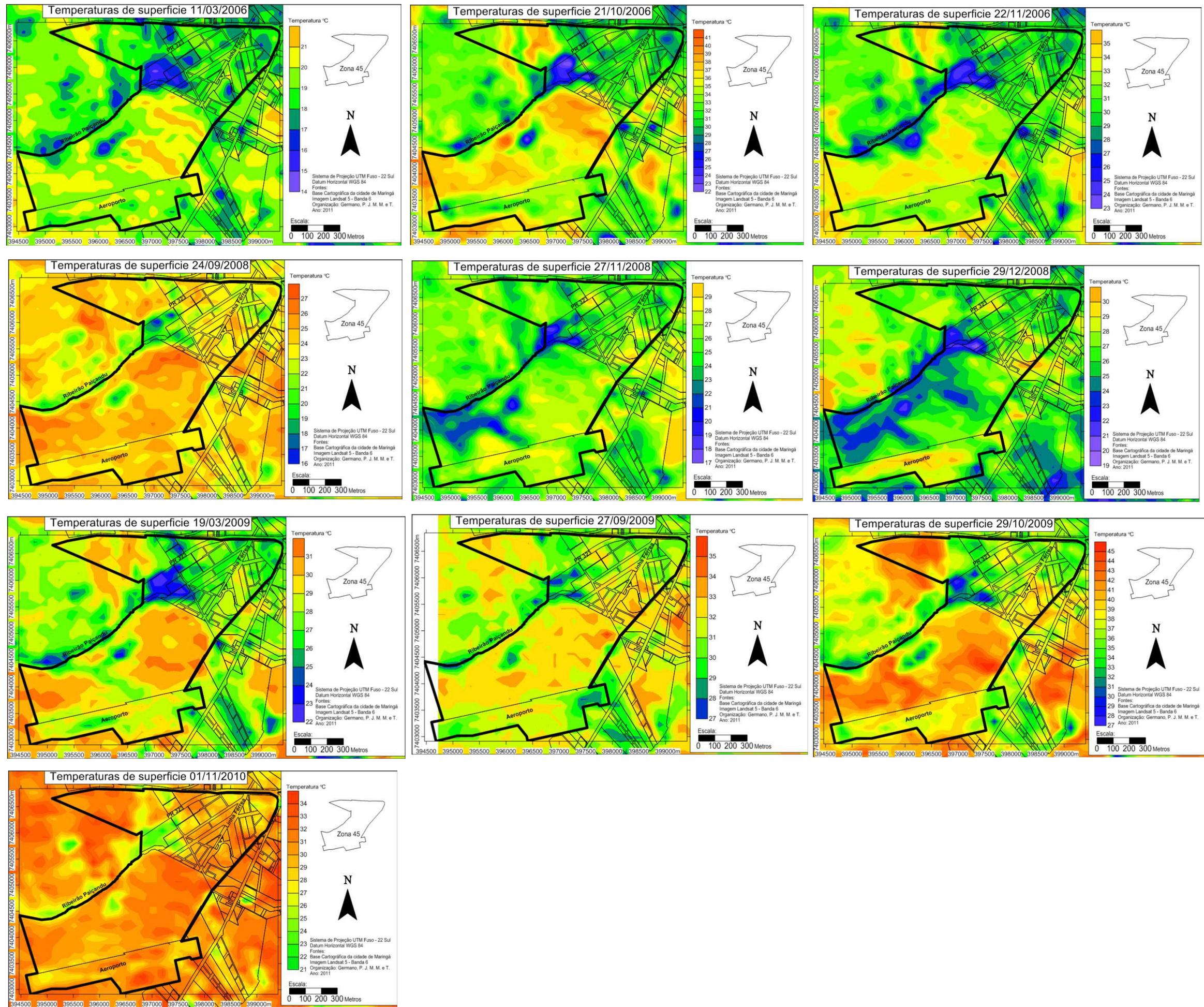


Figura 64 - Mapas termais da Zona 45 correspondentes aos períodos de 2006 a 2011.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

1 CONCLUSÕES

De maneira geral pode-se sintetizar nesse estudo uma correlação entre as temperaturas, o uso do solo e a vegetação, pois tomando como exemplo a menor média mínima “*cold-spot*”, essa foi encontrada na Zona 2, que apesar de se configurar como um bairro consolidado e próximo ao centro da cidade (Zona 1), demonstra em sua estrutura uma grande área de vegetação (Parque do Ingá) e uma boa vegetação viária que promoveram uma amenização das temperaturas (Figura 65 A). Com relação à maior média máxima “*hot-spot*”, verificou-se que essa ocorreu na Zona 45, aonde se observa uma área industrial sólida na porção noroeste, solo exposto e o aeroporto, que contribuíram para a ocorrência desses fenômenos (Figura 65 B).

A média das amplitudes gerais demonstrou um dado importante nesse estudo, pois se conclui que não basta uma região ou bairro estar fora do centro urbano para ele apresentar uma qualidade térmica satisfatória, pois a vegetação e a morfologia urbana contribuem diretamente nos valores de temperaturas, como pode ser vislumbrado nos valores de térmicos encontrados na Zona 45, local afastado do centro urbano, porém com a maior amplitude térmica (Figura 65 C). Ainda nesse mesmo parâmetro observa-se a pouca variação nos valores de temperaturas da Zona 10, pois essa apresenta uma morfologia urbana uniforme, que praticamente não se alterou nesse período de análise e apresentou a maior média geral de temperaturas (Figura 65 D).

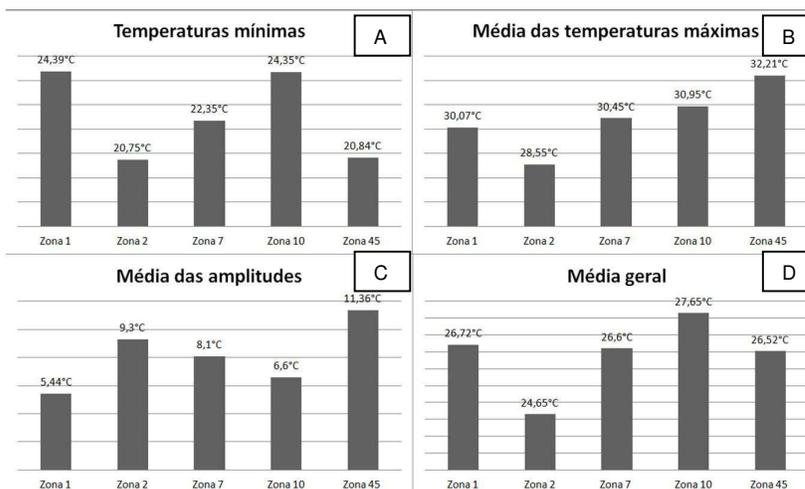


Figura 65 – Distribuição das temperaturas por zona.
Elaborado por: Paulo J. M. M. e T Germano, 2011.

Diante dos resultados apresentados pode-se verificar que as imagens de satélite originaram dados importantes sobre a configuração das temperaturas das áreas estudadas, e essas zonas proporcionaram diferentes valores de temperaturas, por possuírem uma configuração morfológica e distribuição de vegetação urbana díspares. Portanto com dados auferidos nesse estudo, concluiu-se que a vegetação viária, as áreas com adensamento de vegetação (praças, APP, parques etc) e a morfologia urbana, promoveram um efeito que regeu a distribuição e os valores das temperaturas de cada área avaliada. Em vista disto o zoneamento de uso e ocupação do solo, bem como o plano de vegetação urbana, se apresentam como instrumentos que além de promoverem um ordenamento territorial, melhoria nas características paisagística, estética e funcional, podem atuar também como uma ferramenta para promover um ganho na qualidade do conforto térmico na cidade, tornando-a mais sustentáveis sob esses aspectos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. de C. T. **Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 EM cidade tropical**. Revista de Geografia Norte Grande. v 43, p. 65-80, 2009.

ANDRADE, L do L., SOUZA, de L. H., SAKURAGI, J. **Análise comparativa do fenômeno ilha urbana de calor no verão e inverno por meio de dados termais do satélite Landsat 5 em São José dos Campos – SP**. In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2006.

AKBARI, H.; KURN, D.; BRETZ, S.; HANFORD, J. **Peak power and cooling energy savings of shade trees. Energy and Buildings**, Lausanne, v.25, p.139-148, 2001

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

BARBOSA, L. C. **Potencialidades dos parques lineares na recuperação de áreas de fundos de vale**. Maringá. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **EMBRAPA Monitoramento por Satélite**. 2001. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/conteudo/projeto.htm>>. Acesso em 23/05/2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite** 2008. Disponível em <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>>. Acesso em: 23/05/2010.

EPA. *Environmental Protection Agency*. **Urban heat island process**. 2000. Disponível em <<http://www.epa.gov/>>. Acesso em 16/04/2011.

EPA. *Environmental Protection Agency*. **Urban heat islands: Compendium Strategies**. 2008. Disponível em <<http://www.epa.gov/>>. Acesso em 10/07/2010.

FITZ, P. R.; **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo; 2008.

FLORENZANO, T, G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada**. Madrid: Editorial Síntesis, 1996.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**; tradução Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos 2010.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York; JhonWiley, 1978.

HOWARD, L. *The Climate of LondonL Deduced from Meteorologica' Observations Made in the Metropolia and at Various Places Around it.* Lond... Harvey and Darton, 1833.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná, **Cartas Climáticas do Paraná**, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 23/12/2010

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Cartografia e Geodésia**, 2000. Disponível: em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_geog_int.shtm?c=6>. Acesso em 10/02/2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Censo 2010 prévio**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 10/02/2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **50 Anos do INPE**. 2011 a. Disponível em: <<http://www.inpe.br/50anos/apresentacao.php?tipo=1>>. Acesso dia 05/05/2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Departamento de Geração de Imagens. Catálogo de Imagens** 2011 b. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_Landsat.php>. Acesso dia 05/05/2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Departamento de Geração de Imagens. Informações sobre satélites** 2009. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/ATUS_Landsat.php>. Acesso dia 05/05/2011.

ITCG. Instituto Terras Cartografia e Geociências. **Cartografia e Geodésia – Produtos Cartográficos**, 2011. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=57>. Acesso dia 05/06/2010.

JENSEN, J. R.; JACKSON, M. W. **Introductory digital remote sensing image processing. v. 3. modulo 1: The remote sensing process**, 2001. Disponível em <www.cla.sc.edu/geog/rslab/>, 2001. Acesso em 01 dez. 2011.

JENSEN, J. R.; Sensoriamento **Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**; tradução José Carlos Neves. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LEITE, P.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil: região Sul.** v. 2. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. p. 113-150. 1994

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2ª ed. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1981.

MARINGÁ, P. M. **Lei de 889/2011, que dispõe sobre uso e ocupação do solo no município de Maringá**. Maringá, 2011.

MELO, D. H. C. T. B. **Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo.** São José dos Campos: INPE, 2002. 146p. Disponível em: <<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/Sid.inpe.br/marciana/2003/04.14/doc/publicação.pdf>>. Acesso em 01/12/2011.

MENEGHETTI, K. S. **Cidade Jardim, cidade sustentável.** Maringá: EDUEM. 2009.

MINAYO, M. C. **Pesquisa Social.** 16 ed. Petrópolis: Ed. Vozes, 2000.

MITCHELL, J. M. ***On the causes of instrumentally observed secular temperature trends.*** *Journal of Meteorology*.10: 244-261, 1953.

MITCHELL, J. M. ***Temperature of cities.*** *Weatherwise*. 14: 224-229, 1961

MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano.** São Paulo: Editora Contexto, 2003

NASA. *National Aeronautics and Space Administration.* **Thermal Images.** 2000. Disponível em <<http://www.nasa.gov/>> Acesso dia 03/05/2011.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 1989. São José dos Campos -SP: Edgar Blücher Ltda.

OKE, T. R. ***Boundary Layer Climates.*** *New York*, Routledge. 1987

PONZONI, J. F. **Calibração Absoluta de Sensores Orbitais; conceituação, principais procedimentos e aplicação.** São José dos Campos - SP: Ed. Parêntese, 2007.

QUATTROCHI, D. A.; RIDD, M. K.. ***Measurement and analysis of thermal energy responses from discrete urban surfaces using remote sensing data.*** *International Journal of Remote Sensing*, 15,1991 – 2022. 1994.

REGO, R. L. ; MENEGHETTI, K. S. **O território e a paisagem: a formação de cidade no norte do Paraná e a construção da forma urbana.** Paisagem e Ambiente. N. 25, p. 37 – 53. 2008.

RICH, B. R.; JANOS L, Skunk Works – ***A Personal Memoir of My Years at Lookheed.*** Nova York: Little Brown. 1994.

SAMPAIO, A. C. F. **Análise da arborização de vias públicas das principais zonas do plano piloto de Maringá – PR,** 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá.

SILVA, F.C.F. Vegetação . In: **Geografia do Brasil: Região Centro-oeste.** 1988. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE)..

SIMEPAR. Instituto Tecnológico (Sistema Meteorológico do Paraná). **Ventos predominantes no Estado do Paraná**. 2001 Disponível em: <<http://www.simepar.br/>>. Acesso em 10/04/2010.

TUDINI, O. G. **A interação entre arborização de acompanhamento viário e a verticalização: os aspectos desta relação na Zona 7 de Maringá/PR**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá.

USGS. United States Geological Survey. **Landsat missions timeline**. 2000. Disponível em: < http://landsat.usgs.gov/about_mission_history.php>. Acesso em: 05/01/2011.

USGS. United States Geological Survey. **25 Years of Landsat 5 – A Remarkable Satellite, A Unique Legacy**. 2005. Disponível em: < http://landsat.usgs.gov/about_LU_Vol_3_Issue_2.php>. Acesso em: 05/01/2011.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. **Thermal remote sensing of urban climates**. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 86, p. 370-384, 2003. Disponível em <<http://www.mendeley.com/research/thermal-remote-sensing-of-urban-climates/>>. Acesso em 05/01/2011.

WENG, Q.; QUATTROCHI, D.A. **Thermal remote sensing of urban areas: Na introduction to the special issue**. *Remote Sensing of Environment*. v.p.104, 119–122. 2003.

YALE UNIVERSITY. EARTH OBSERVATORY – **Converting Landsat TM and ETM+ thermal bands to temperature**. 2008. Disponível em <<http://www.yale.edu/ceo/>> Consultado dia 14/10/2010.