

Estudo de ilhas de calor na baixada de Jacarepaguá/RJ a partir do canal termal infravermelho termal do Sensor TM/LANDSAT 5

Tainá Laeta Felipe de Brito¹

Danielle Pereira Cintra¹

Manoel do Couto Fernandes¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Instituto de Geociências – Departamento de Geografia

Laboratório de Cartografia – GeoCart

Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – 21941-916 – Cidade Universitária – RJ, Brasil

{tainalaeta, danilabgis}@gmail.com; manoel.fernandes@urfj.com

Abstract. The region of the lowland Jacarepagua has suffered big changes in their use of urban land in recent decades, in contrast with the decrease of green area, which may mean changes in local climate. The research aims to detect changes in thermal field and map the intensity of heat islands in the lowland Jacarepagua from field monitoring, considering the aspects of site and land use in different environments of the region. In research methodology, was initially performed monitoring thermal field with the installation of mini weather stations, aiming to analyze the configuration of heat islands in the region, as well as the development of thermal maps from Landsat 5 image, band 6, the date of 15/02/2010, that is, in the summer season in order to observe the spectral response in relation to land use in the study area. In combination, the calculated NDVI was done in order to identify areas of vegetation in the region and compare them with the responses of mapping the thermal field and thermal mapping. Preliminary results point to a trend of increasing temperature in the lowlands of Jacarepagua. In the monitoring of the thermal field and thermal mapping done, the configuration of the heat island in the neighborhood Taquara was observed to be high intensity with a difference of 8.2 ° C, this being the most urbanized neighborhood in the selected field monitoring . What can be ratified by the NDVI calculated, showing that this same little vegetated area.

Palavras-chave: clima urbano, ilha de calor, baixada de Jacarepaguá, sensoriamento remoto, urbanização, urban climate, heat island, Jacarepaguá lowland, remote sensing.

1 Introdução

As discussões sobre clima urbano têm início no século XIX com LUKE HOWARD. Os estudos de LANDSBERG (1956) e CHANDLER (1965) são estudos clássicos de clima urbano, pois já chamam a atenção para a influência das alterações climáticas derivadas da urbanização nas cidades industriais de latitudes médias.

A cidade gera um clima próprio (clima urbano) resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem no sentido de alterar o clima local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico na configuração de ilhas de calor, aos impactos pluviais na ocorrência de enchentes na área urbana e à qualidade do ar com a poluição atmosférica. Implicando assim, em malefícios a saúde da população e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e de deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes (MONTEIRO, 1976).

O fenômeno de ilha de calor é o efeito mais evidente da modificação climática derivada pelo processo de urbanização e consiste a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, especialmente à noite. (LOMBARDO, 1985; MORENO GARCÍA, 1993).

Segundo OKE (1978), “*O exato tamanho e forma desse fenômeno variam no espaço e no tempo como um resultado das características meteorológicas, locais e urbanas.*”

As ilhas de calor podem ser caracterizadas por três parâmetros: intensidade – que é a diferença entre os pontos mais e menos quentes, forma – que depende mais das características morfológicas das cidades do que das condições meteorológicas e configuração – onde a

temperatura se revela mais elevada. Esses aspectos variam de uma cidade para outra, devido a quatro fatores: 1° temporal, que se refere ao momento, como a hora do dia e a época do ano; 2° meteorológico, relativo ao estado de tempo; 3° geográfico, ou de localização da cidade, incluindo sua topografia e 4° urbano, forma e dinamismo de cada cidade.

Com a intrínseca relação do homem e da natureza, a questão climática adquire cada vez mais importância nos estudos ambientais urbanos, devendo ser considerada entre os principais componentes de sua qualidade ambiental urbana; estudos relacionados à contaminação atmosférica e às alterações climáticas constituem, sem dúvida, as duas questões básicas (BRANDÃO, 2000).

A baixada de Jacarepaguá traz um importante despertar para as questões sócio-ambientais nas últimas décadas, decorrente do intenso processo de uso do solo urbano que vem ocorrendo na área a partir da expansão da cidade carioca. Visto que um dos corredores de expansão da cidade se encontra em direção a zona oeste, em particular o bairro da Barra da Tijuca.

2. Área de Estudo

A baixada de Jacarepaguá se localiza na cidade do Rio de Janeiro, na região sudeste do Brasil, confinada entre os maciços da Tijuca e da Pedra Branca e ao sul se encontra limitada pelo oceano Atlântico, o que confere uma particularidade em relação ao seu sítio que interfere na circulação atmosférica local (Figura 1).

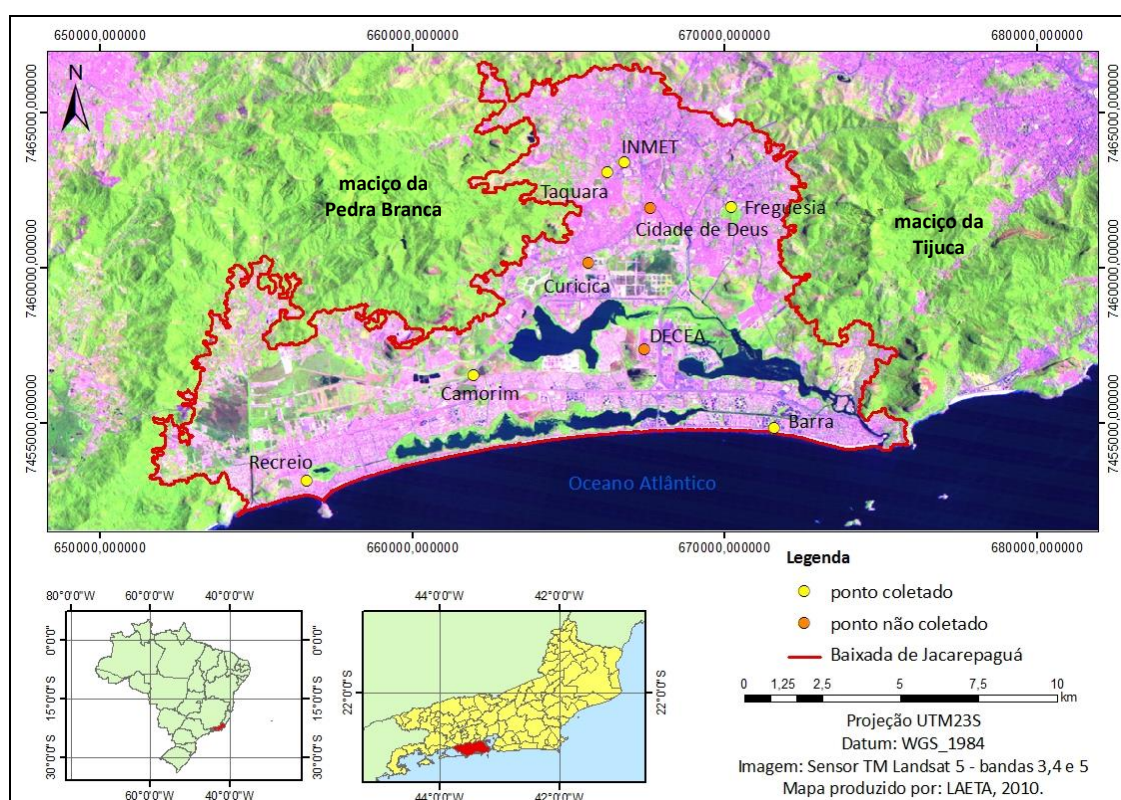


Figura 1: Mapa de localização da baixada de Jacarepaguá.

Esta região vem sofrendo um aumento populacional significativo nas últimas décadas (Tabela 1), contrastando com a redução de sua área verde, o que pode se traduzindo em alterações no clima local. Em 1970 sua população total era de 241.017, enquanto em 2000 já alcançava 682.051 habitantes, quase triplicando em trinta anos (IPP, 2008).

Tabela 1: População residente em Jacarepaguá e na Cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE 2009 (Anuário Estatístico do Brasil 1997 e

Censo Demográfico 2000 e 2010) e Instituto Pereira Passos – IPP (Anuário Estatístico da Cidade do Rio de Janeiro 2000).

Década	Jacarepaguá	Cidade do Rio de Janeiro
1950		2.377.451
1960	166.672	3.281.908
1970	241.017	4.251.918
1980	356.349	5.090.790
1990	526.302	5.480.778
2000	682.051	5.857.904
2010	812.775	6.320.446

3. Metodologia

Para a elaboração do trabalho primeiramente foi realizado o monitoramento de campo no período de 26 de janeiro de 2010 a 06 de fevereiro de 2010, na estação de verão, onde o objetivo foi fazer as medições termo-higrômetras horárias na baixada de Jacarepaguá. Para isso, inicialmente, foram instalados mini abrigos meteorológicos (Figura 2) com o uso de aparelhos de *data loggers* (Figura 3), onde o aparelho monitora temperatura e umidade relativa do ar. O aparelho foi programado para fazer aquisição dos dados climáticos horários em nove diferentes ambientes, pois assim poderia se observar as mudanças derivadas da dinâmica urbana e também as condições de tempo meteorológico. Os registros horários destinam-se a análise do campo térmico e identificação de ilhas de calor e sua intensidade na área estudada (Tabela 2). Deve-se ressaltar que só possível fazer a coleta dos dados de quatro pontos dos nove instalados, pois 5 pontos apresentaram erro. Isto não implicou na inviabilização da pesquisa, porque os pontos que não apresentaram eram representativos das diferentes paisagens.



Figura 3. Data logger.

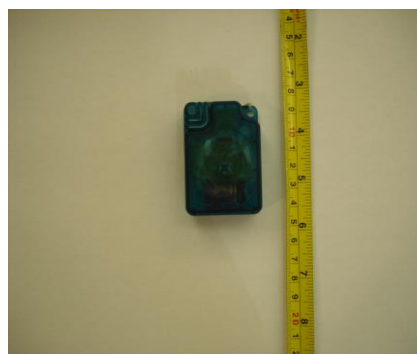


Figura 2. Mini abrigo meteorológico.

Tabela 2: Relação de intensidade e valor da ilha de calor. Elaborado por Brandão (1996).

Valor	Intensidade da ilha calor
0°C – 2°C	Fraca
2°C – 4°C	Moderada
4°C – 6°C	Forte
> 6°C	Muito Forte

Foi utilizada a imagem de 15 de fevereiro de 2010 do satélite LANDSAT 5. O satélite LANDSAT 5 foi lançado em 01 de março de 1984 com sensor TM (*Thematic Mapper*) a bordo (Tabela 3). As imagens utilizadas possuem resolução espacial de 30 m para as todas as bandas, exceto a banda do termal que possui resolução espacial de 120 m. O tempo de revista do satélite (resolução temporal) é de 16 dias, com passagem no horário das 09:45 a.m.

Tabela 3: Características do sensor TM a bordo do satélite LANDSAT 5.

Sensor TM (<i>Thematic Mapper</i>)	
Resolução Espectral	Banda 1 – azul (0,4 μ - 0,52 μ) Banda 2 – vermelho (0,52 μ - 0,60 μ) Banda 3 – verde (0,63 μ - 0,69 μ) Banda 4 – infravermelho próximo (0,76 μ - 0,90 μ) Banda 5 – infravermelho médio (1,55 μ - 1,75 μ) Banda 6 – infravermelho termal (10,4 μ - 12,5 μ) Banda 7 – infravermelho médio (2,08 μ - 2,35 μ)
Resolução Radiométrica	8 bits = 256 NC
Resolução Temporal	16 dias
Resolução Espacial	Bandas 1-5 e 7 – 30 metros Banda 6 – 120 metros
Largura da faixa imageada	185 km

O mapa termal foi elaborado no software SPRING 4.3.3, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), onde foi utilizada a banda 6 (canal termal). Os pixels do sensor TM se encontram dentro do intervalo de números inteiros de 0 a 255, por ter uma resolução radiométrica de 8 bits. Na confecção do mapa termal, para obtenção da temperatura aparente, foi feita a transformação do sinal digital procedente do sensor em radiância. Sucessivamente, esta foi convertida para temperatura através da expressão descrita por Chander e Markham (2007):

$$L = \{[L_{\max} - L_{\min}] / (NC_{\max} - NC_{\min})\} * (NC - NC_{\min}) + L_{\min} \quad (1)$$

$$\text{Temp (}^{\circ}\text{C)} = \{k1 / [\ln (k2 / L) + 1]\} - 273,15 \quad (2)$$

Onde $L_{\max}$ e $L_{\min}$ representam respectivamente, os valores de radiância máxima e mínima, $NC_{\max}$ e $NC_{\min}$ são respectivamente, os níveis de cinza máximo e mínimo, $k1$ (1260,56) e $k2$ (607,76) são as constantes de calibração para a banda 6.

Posteriormente, no software InterIMAGE 1.35 foi feito o processo de segmentação da mesma imagem nas classes de vegetação e não vegetação, através do algoritmo *Terra Aida Arithmetic Segmenter* NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - *Normalized Difference Vegetation Index*), para poder observar junto as respostas do mapa termal e do campo térmico, se as áreas com o registro de temperaturas mais elevadas correspondiam às áreas com pouca ou nenhuma vegetação.

Para o cálculo do NDVI foram inseridos como dados de entrada a banda do infravermelho próximo e a banda do vermelho, correspondendo as bandas 4 e 2 respectivamente do sensor TM, e com os valores variando entre -1 e +1. O cálculo do NDVI se dá pela expressão:

$$\text{NDVI}_n = (\rho\text{NIR}_n - \rho\text{Red}) / (\rho\text{NIR}_n + \rho\text{Red}) \quad (3)$$

4. Resultados e Discussões

O gráfico de ritmo de variação horária da Barra e da Taquara apresentam certa similaridade com elevadas temperaturas e baixa umidade, e os bairros do Camorim e do Recreio apresentam comportamento inverso, onde as temperaturas registram valores menores que nos outros dois pontos e elevado registro de umidade. As temperaturas mais baixas registradas nos bairros foram: na Barra (24,1°C), Recreio (22,7°C), Camorim (22,6°C), Taquara (22,2°C) e as temperaturas mais elevadas registradas foram respectivamente, 37,7°C; 33,5°C; 36,7°C e 41,7°C (Figura 4).

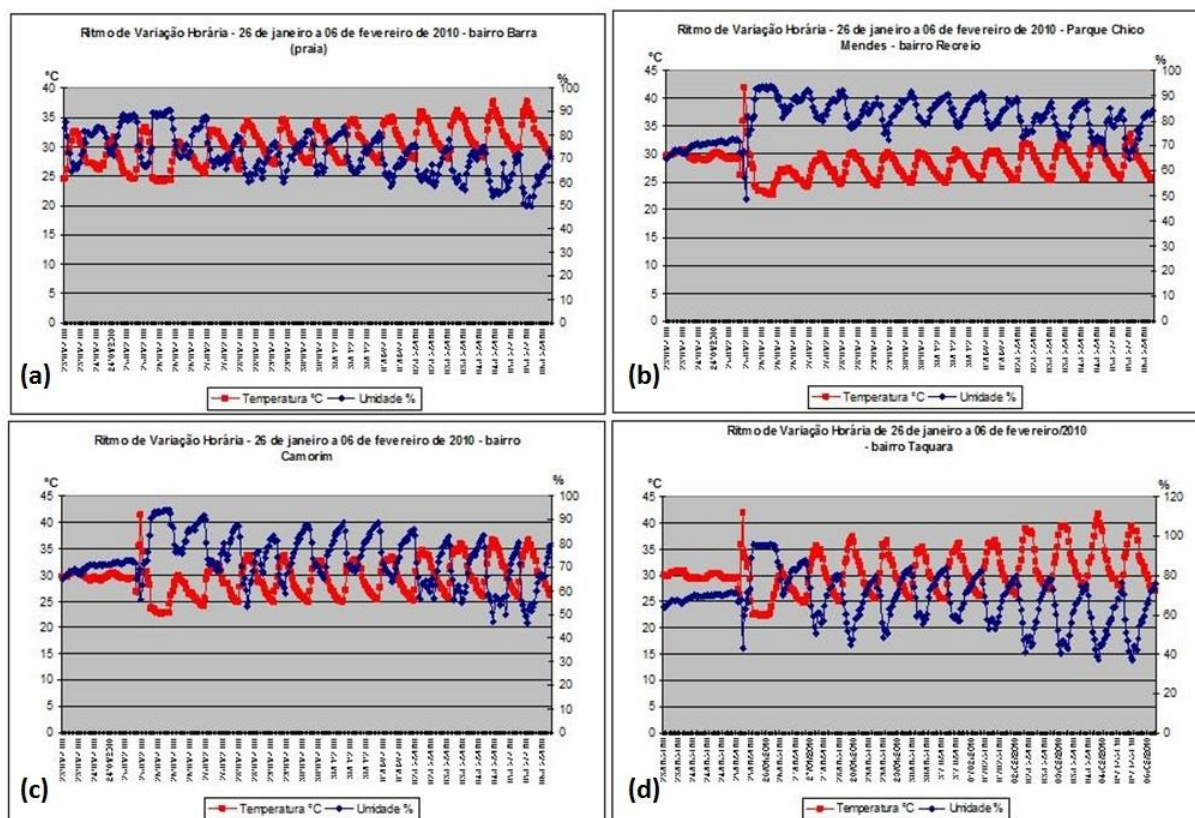


Figura 4: Ritmo de variação horária nos bairros da (a) Barra da Tijuca; (b) Recreio; (c) Camorim; e (d) Taquara.

Pode-se identificar pelos dados obtidos e analisados que a ilha de calor se encontra no bairro da Taquara e a ilha de frescor no bairro do Recreio. O maior contraste corresponde à ilha de calor de muito forte intensidade, encontrada entre os bairros do Recreio ($32,7^{\circ}\text{C}$) e o bairro da Taquara ($41,7^{\circ}\text{C}$), com a diferença de $9,0^{\circ}\text{C}$ no dia 04 de fevereiro.

Foi tirado como amostra o dia 26 de janeiro e o dia 04 de fevereiro, pois esses dias apresentaram situações atmosféricas diferentes e assim pode representar a ilha de calor na situação de verão. O dia 26 de janeiro se encontra sob a ação de uma Frente Fria que permanece até a madrugada de 27 de janeiro, como mostrado na carta sinótica do referido dia, gerando instabilidade da atmosfera o que irá permitir uma menor intensidade da ilha de calor. Com isso, ocorre a formação de ilha de calor de intensidade moderada, com a diferença de $4,4^{\circ}\text{C}$ entre os bairros da Taquara ($31,6^{\circ}\text{C}$) e Recreio ($27,2^{\circ}\text{C}$) (Figura 5).

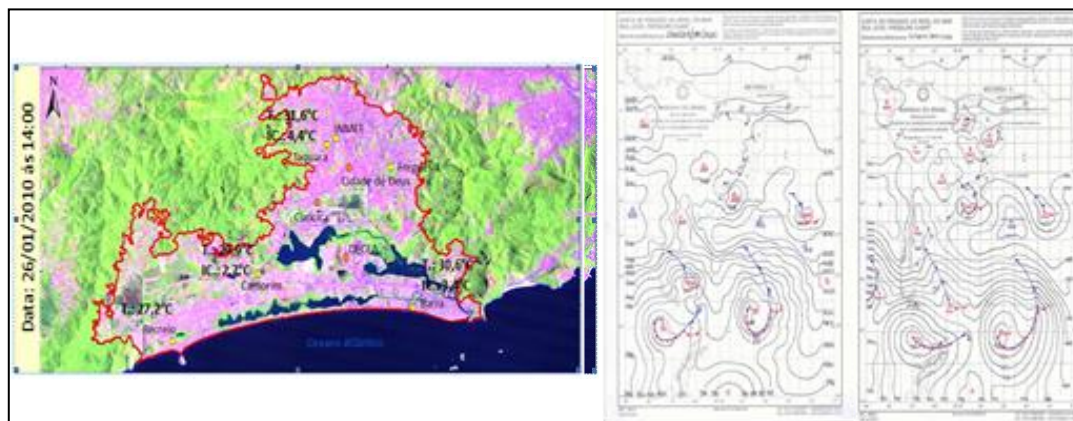


Figura 5. Intensidade da ilha de calor e cartas sinóticas do dia 26 de janeiro de 2010.

O dia 04 e 05 de fevereiro estão sob a ação do Anticiclone do Atlântico ilustrado na figura 12 e 13, implicando em tempo estável, com céu aberto e elevadas temperaturas. Situação atmosférica que permanece desde o dia 29 de janeiro. No dia 04 de fevereiro tem a formação de ilha de calor de muito forte intensidade, com a diferença de 9,0°C entre os bairros da Taquara (41,7°C) e Recreio (32,7°C). O dia 05 de fevereiro se apresenta em situação similar ao dia anterior, onde a ilha calor de maior intensidade ocorreu no mesmo bairro, com diferença de 5,9°C considerada de forte intensidade (Figuras 6 e 7).

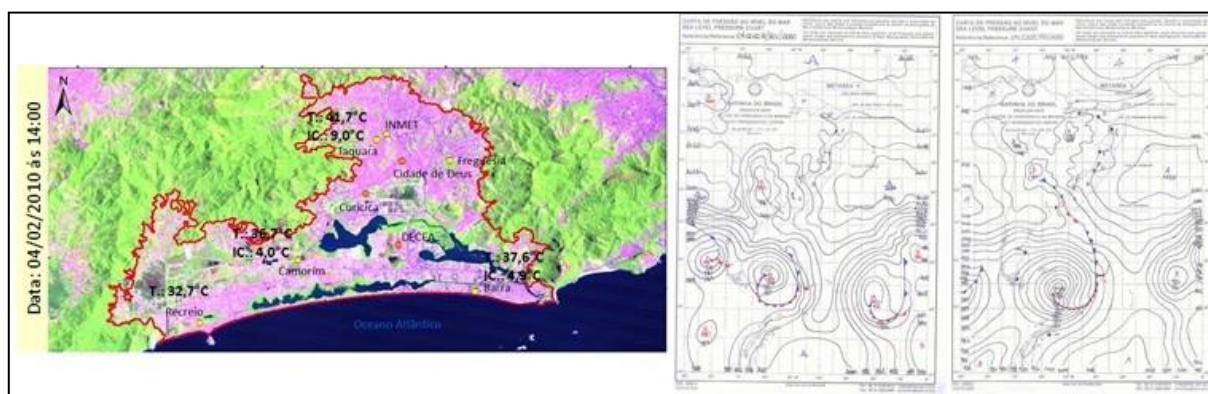


Figura 6. Intensidade da ilha de calor e cartas sinóticas dia 04 de fevereiro de 2010.

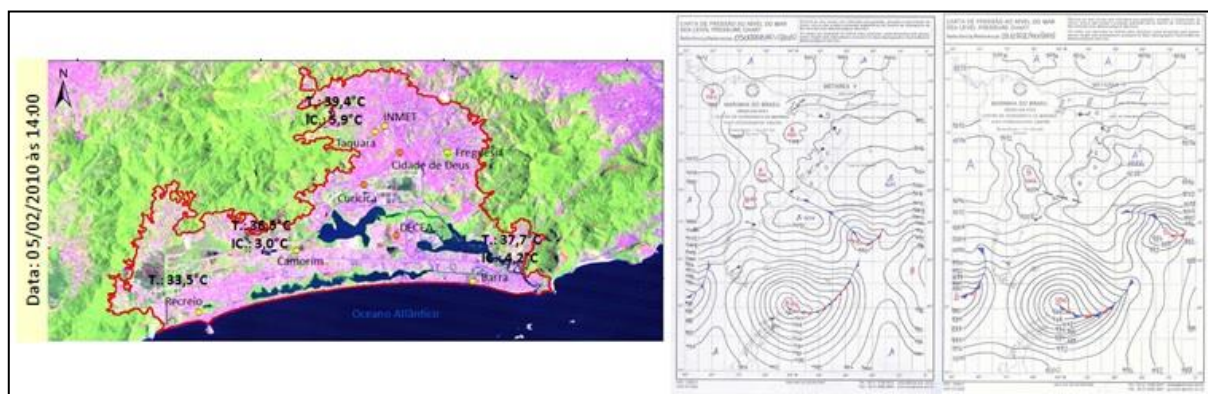


Figura 7. Intensidade da ilha de calor e cartas sinóticas dia 05 de fevereiro de 2010.

A imagem do ano de 2010 nos mostra que a resposta espectral para a porção situada na parte mais interiorana da baixada observa-se uma variação termal entre as faixas de

temperatura de 30°C e 39°C, sendo esta porção onde se encontra um dos pontos (bairro Taquara) de registro de campo e este sendo o que registrou as temperaturas mais elevadas em campo e onde se configurou a ilha de calor de forte intensidade. No bairro da Barra da Tijuca também houve registros semelhantes ao da Taquara com valores bem elevados, com registros de até 39°C. Já os bairros do Camorim e do Recreio (Parque Chico), pode-se observar que as temperaturas mais elevadas registradas ficam entre as faixas de 34°C e 36°C, são bairros que apresentam uma grande área verde preservada e assim as temperaturas mais elevadas registradas não alcançam os valores do bairro da Taquara. As temperaturas mais baixas registradas foram no maciço da Pedra Branca e no maciço da Tijuca, com o valor de 25,3°C e com oscilação entre 24°C e 30°C.

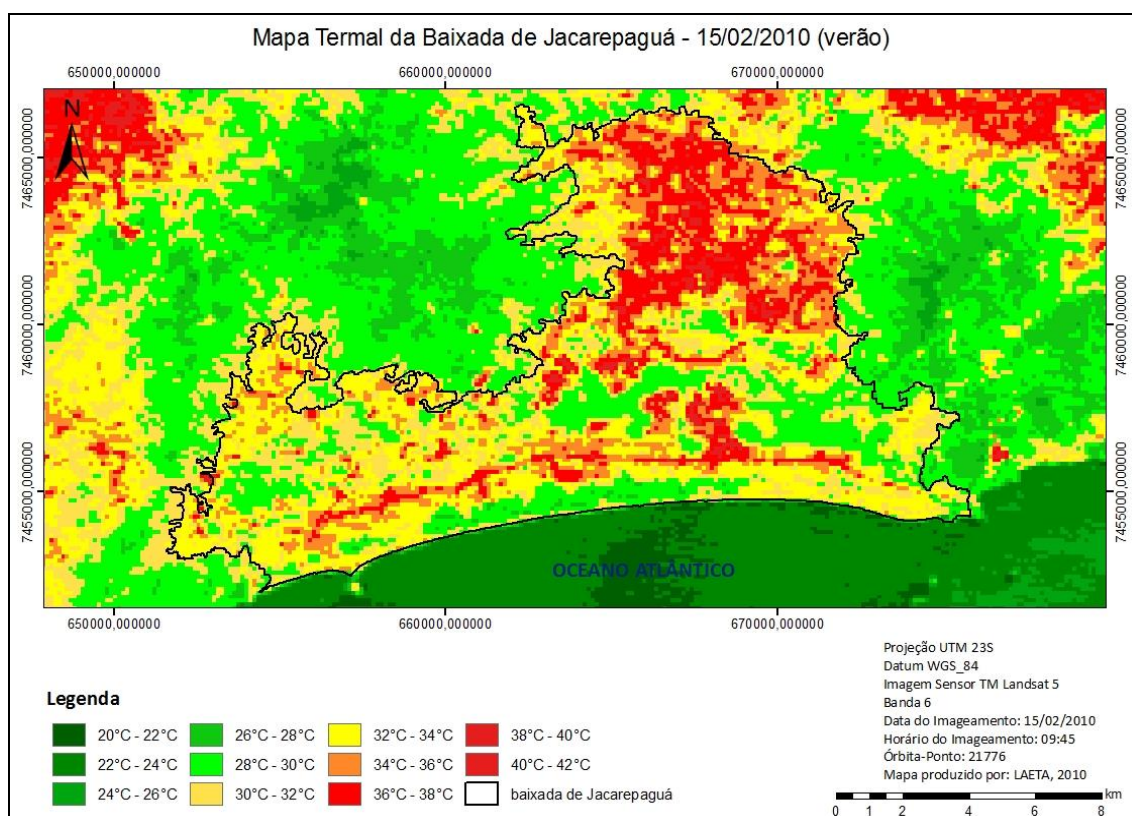


Figura 8. Mapa Termal da baixada de Jacarepaguá ano 2010.

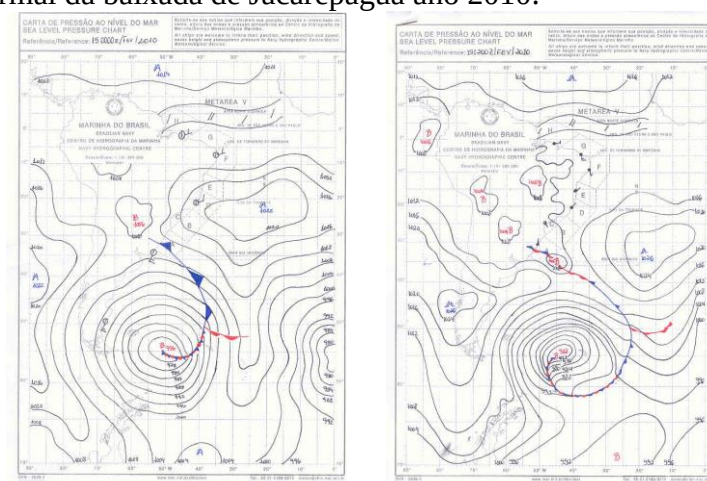


Figura 9. Cartas Sinóticas de 15 de fevereiro de 2010.

A imagem confrontada com os dados obtidos em campo mostra que nos pontos onde foram obtidas as temperaturas mais elevadas também são aqueles que a resposta espectral correspondeu as temperaturas mais elevadas. O que ainda é corroborado pela figura 16, representando o NDVI, ou seja, as áreas com temperaturas mais elevadas coincidem com as áreas com ausência de vegetação. Ressalta-se que na figura abaixo, os polígonos em verde representam a classe da vegetação e os azuis os corpos hídricos.

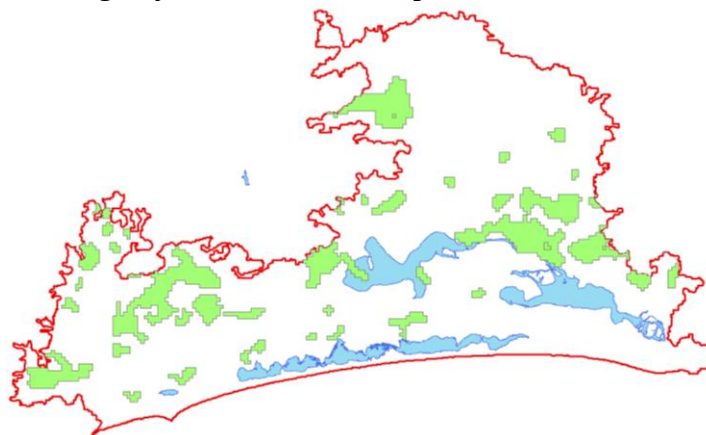


Figura 16: NDVI da baixada de Jacarepaguá

A análise dos dados climáticos e os dados de crescimento urbano de Jacarepaguá revelaram certa relação entre o crescimento urbano e o clima local.

Referências Bibliográficas

- BRANDÃO, A.M.P.M. (1996). O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 362p.
- BRANDÃO, A.M.P.M. (1999). O Clima no Planejamento da Cidade. Ciclo de Palestras Ambientais. CMA/CREA-RJ.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; Barsi, J. A. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, vol. 4, no. 3, july 2007.
- CHANDLER, T. J. The Climate of London. Hutchinson & Co., Londres, 1965.
- LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. Tradução de Tarik Rezende de Azevedo. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006.
- LOMBARDO, M. A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias).
- MORENO GARCIA, M. C. Climatologia urbana. Barcelona: Edicions universitat de Barcelona, 1999.
- OKE, T. Boundary layer climates. London: Methuen & Co, 1978.