

# LEVANTAMENTO DO DIFERENCIAL TÉRMICO DA SUPERFÍCIE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBUNA – MG/RJ / 2008, PELO SENSOR TERMAL DO SATÉLITE LANDSAT-5

**Valéria Valente Borges**

Pós-graduanda no curso de Especialização em Análise Ambiental, Departamento de Transportes, Universidade Federal de Juiz de Fora. José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário, Bairro São Pedro – CEP: 36036-330 – Juiz de Fora – MG. E-mail: [lavalent@yahoo.com.br](mailto:lavalent@yahoo.com.br)

**Ricardo Tavares Zaidan**

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> do Departamento de Geociências, Laboratório de Geoprocessamento Aplicado, Universidade Federal de Juiz de Fora. José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário, Bairro São Pedro – CEP: 36036-900 – Juiz de Fora – MG. E-mail: [ricardo.zaidan@ufjf.edu.br](mailto:ricardo.zaidan@ufjf.edu.br)

## Resumo

A temperatura, tanto do ar, quanto da superfície, pode ser alterada por vários fatores físicos e antrópicos. Devido à influência da temperatura nas condições do ciclo da umidade e calor, são relevantes as alterações ambientais relacionadas à temperatura superficial terrestre. O sensoriamento remoto se apresenta como uma importante ferramenta de análise de fenômenos termais e averiguação dos fatores geográficos que interferem nas condições ambientais. Assim, o objetivo deste trabalho foi gerar um mapa de temperatura superficial da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna - MG/RJ para uma análise estatística do diferencial térmico entre as sub-bacias, com base em imagens do satélite LANDSAT-5. Os resultados alcançados permitiram identificar a sub-bacia com temperaturas superficiais mais discrepantes, dado a elaboração do desenho térmico da superfície.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, Sensoriamento Remoto, Temperatura Superficial Terrestre.

## Abstract

The temperature of both the air and the surface can be altered by physical factors and human. Due to the influence of temperature on the cycle conditions of humidity and heat are important environmental changes related to land surface temperature. The remote sensing is an important tool for analysis of thermal phenomena and investigate the geographical factors that affect environmental conditions. The objective of this work was to generate a surface temperature map of the River Basin Paraibuna-MG /RJ for a statistical analysis of the thermal differential between the sub-basins based on satellite images LANDSAT-5. The results obtained allow us to identify the sub-basin with surface temperatures overdisparate as the development of thermal design surface.

**Keywords:** Paraibuna River Watershed, Remote Sensing, Land Surface Temperature.

## Introdução

Com o acelerado crescimento urbano nos últimos anos, as mudanças no clima citadino tornam-se um importante reflexo do impacto da ocupação e da atividade antrópica sobre o meio ambiente.

Sendo então, fundamental o estudo das alterações ambientais relacionadas à temperatura superficial terrestre, devido à influência da temperatura nas condições de umidade e calor.

As discrepâncias da temperatura nas cidades representam um desequilíbrio que pode afetar o conforto térmico, o microclima, a saúde das pessoas, e a degradação dos solos. E como as modificações são provocadas no âmbito do sistema ambiental, a bacia hidrográfica, nas quais os recursos naturais se integram, se torna a unidade geográfica de estudo.

O sensoriamento remoto termal é um ótimo recurso na identificação das características térmicas espacializadas, e vem se firmando como uma eficiente técnica de estudos de radiação superficial, considerando a representabilidade espacial dos dados (NASCIMENTO et al., 2009). Para diagnosticar e avaliar tais áreas, assim como promover um monitoramento de suas alterações, faz-se necessário sua identificação, que pode ser extraída a partir de imagens LANDSAT, através da integração de sensoriamento remoto e dos sistemas de informação georreferenciada (WENG, 2001).

Tal obtenção da variável temperatura, refere-se à detecção remota da radiação emitida pela superfície, sendo portanto, uma temperatura aparente, ponderada em cada pixel da imagem.

Existem poucos estudos de temperatura que empregam tal metodologia, sendo muito pontuais e difíceis de analisar espacialmente. Neste contexto, alguns autores já tratam o sensoriamento remoto termal como um ótimo recurso na análise espacial dos dados de temperatura (COLTRI, 2066; NASCIMENTO & BARROS, 2009), ao promover o desenho térmico da superfície terrestre.

Assim, tal estudo tem como objetivo identificar e analisar as discrepâncias térmicas existentes entre as sub-bacias da Bacia Hidrográfica do rio Paraibuna – MG/RJ (BHRP), a partir do processamento de imagens da banda 6 do satélite LANDSAT-5.

## Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Paraibuna (BHRP) localiza-se na região sudeste do Brasil, entre as latitudes 21° 27'41,1" S, 22° 23'12,7" S, e longitudes 42° 52'44,1" W, 44° 40'8,9" W (figura 1). Abrange 37 municípios, sendo que na maior parte da bacia, estão situados no estado de Minas Gerais, e na menor, dentro do estado do Rio de Janeiro.



Figura 1 - Representação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna – MG/RJ, onde são mostrados seus municípios integrantes, recortados de acordo com os limites da Bacia, no contexto da região sudeste.

A BHRP é formada por quatro rios principais: o Paraibuna, o Cágado, o Preto e o rio Peixe, os quais formam suas sub-bacias (figura 2). O principal rio é o Paraibuna, que nasce na Serra da Mantiqueira, no município de Antônio Carlos, a aproximadamente 1.180 m de altitude. O rio segue no sentido oeste-leste num trecho e logo assume o sentido noroeste-sudoeste,

cortando o município de Juiz de Fora a uma média de 680 m de altitude. Mais à jusante adquire o sentido norte-sul até a foz no Paraíba do Sul.

Com uma variação altimétrica entre 260 e 2.740 metros, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna possui as altitudes predominantes entre 500 e 900 m.

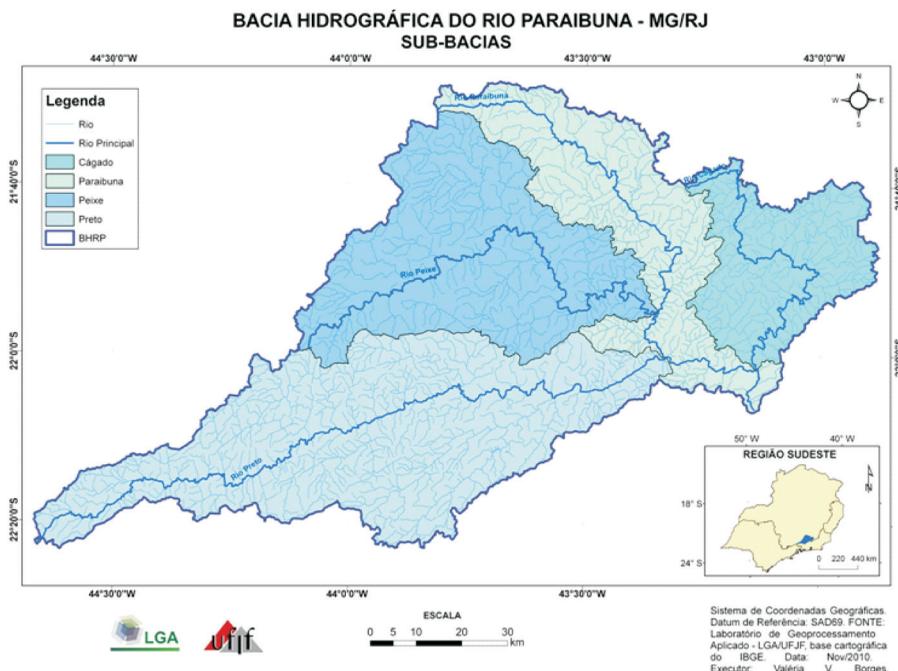


Figura 2 - Representação da drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna-MG/J (BHRP) e as quatro sub-bacias constituintes.

As regiões mais elevadas estão situadas na Unidade Geomorfológica Planalto de Itatiaia, à oeste e sudoeste da bacia, onde localizam-se os municípios de Rio Preto, Bom Jardim de Minas, Passa-Vinte, Bocaína de Minas, Itatiaia e Resende.

O clima da região é do tipo tropical, quente e úmido, com maior precipitação no verão. De acordo com a classificação de Koppen (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007) predomina na bacia o tipo climático Cwa (verão quente) e Cwb (verão moderadamente quente, típico das regiões serranas). Há também, regiões com o tipo Aw (com elevados índices térmicos) e Cfb (úmido em todas as estações do ano).

A estação chuvosa está associada à passagem de sistemas frontais e à formação do sistema meteorológico conhecido por Zona de Convergência do Atlântico. Já o trimestre menos chuvoso compreende os meses de junho, julho e agosto, quando se observa a passagem de frentes frias,

gerando em seguida uma alta pressão atmosférica e tempo estável.

Ao longo dos anos, a bacia sofreu várias alterações em seu clima, desde o corte da vegetação primária para o desenvolvimento econômico dos municípios, com construções urbanas e pavimentações de estradas, afetando assim, seu conforto térmico (MARTINS, 2004). Como consequência, surge uma nova paisagem, marcada pela heterogeneidade, com tipos diversos de uso dos solos, e que apresentam uma discrepância termal, ou seja, regiões próximas com temperaturas bem diferentes umas das outras, o que de fato, decorrem daí, as devidas oscilações nas condições do tempo local.

## Materiais e Métodos

### Base de Dados

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-5 TM, dispo-

nibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dados cartográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Laboratório de Geoprocessamento Aplicado (LGA/UFJF). A base de dados foi padronizada no sistema de coordenadas geográficas, e referenciada no DATUM SAD-69 (*South American Datum*).

Foram obtidas gratuitamente pelo INPE, as imagens de satélite LANDSAT-5 TM referentes à área de estudo, com as respectivas bandas: cenas 217-75, 217-76 (INPE, 05/09/2008) e 218-75, 218-76 (INPE, 12/09/2008), nas bandas 1, 2, 3 (visível), banda 4 (infravermelho próximo), 5 e 7 (infravermelho médio), e 6 (infravermelho termal).

O período escolhido para análise corresponde ao final de inverno, por este proporcionar menos instabilidade atmosférica, e ser o menos nublado, o que ajudou na obtenção dos dados.

A escala utilizada foi de 1:250.000, a qual apresenta uma precisão gráfica de 50 metros.

### Processamento Termal

Para não haver alterações dos dados originais, foi evitado o pré-processamento da banda do infravermelho distante antes da transformação digital.

Dessa forma, foi utilizado o algoritmo do software IDRISI ANDES, baseado no trabalho de Bartoliucci & Chang (1998) apud IDRISI Andes (2000) para transformação dos níveis de cinza das imagens termais do satélite LANDSAT-5 em valores de temperatura. Seu modelo de transformação é fundamentado nas equações 1 e 2:

$$L_\lambda = \text{offset} + \text{gain} \times \text{DN}$$

Onde:  
 $L_\lambda$  = radiância da banda termal (Equação 1)  
 Offset = (limite inferior de radiância)  
 Gain = (limite superior de radiância)  
 DN = número digital, contido na imagem termal

$$T_B = \frac{K_2}{\ln((K_1/L_\lambda) + 1)}$$

$T_B$  = temperatura aparente (Equação 2)  
 $K_1$  = constante de calibração do sensor TM: 607,76  $Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$   
 $K_2$  = constante de calibração do sensor TM: 1260,56 K  
 $\ln$  = logaritmo natural ou neperiano

Os fenômenos que evoluem de maneira exponencial podem ser tratados por esta segunda equação, a qual envolve uma função logarítmica.

Posteriormente, foi realizado o mosaico das cenas no software ENVI. A correção da imagem (feita através dos vetores do IBGE) e a classificação da temperatura foram realizadas no ARCGIS.

Objetivando a realização de uma análise da discrepância térmica, foram elaborados os mapas termais de cada sub-bacia para correlação com os dados térmicos da bacia num todo.

### Resultados e Discussão

O mapa termal da BHRP é apresentado na figura 3, na qual é possível distinguir suas sub-bacias. De acordo com os resultados encontrados, foram escolhidos sete intervalos de temperatura (0 – 10; 10,1 – 14; 14,1 – 18; 18,1 – 22; 22,1 – 26; 26,1 – 30; 30,1 – 36). As menores temperaturas (0 a 10°C) ocorrem predominantemente na Serra de Itatiaia, região sudoeste. As temperaturas mais elevadas (30,1 a 36°C) são verificadas principalmente na porção norte e nordeste da bacia.

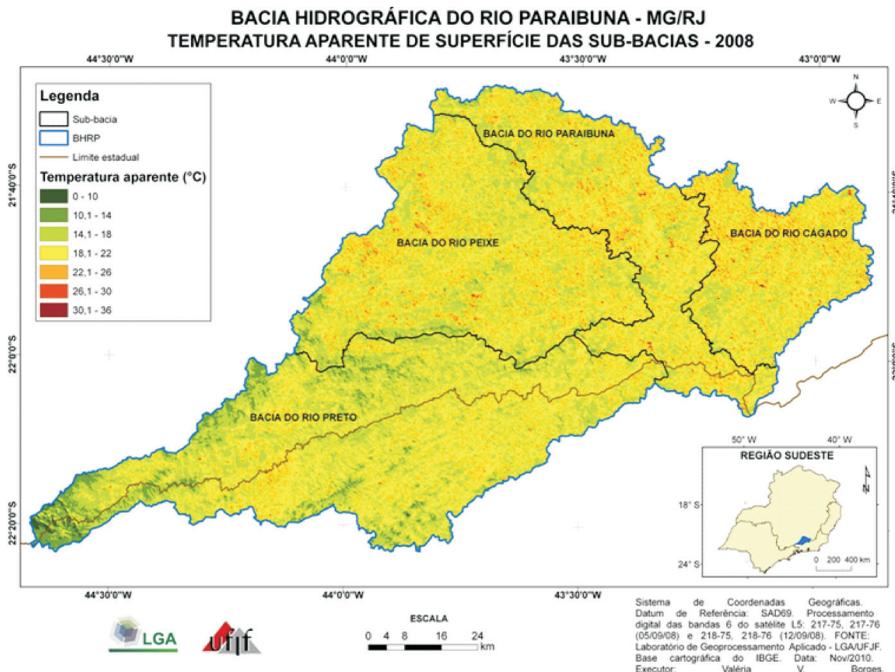


Figura 3 - Mapa de Temperatura superficial da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna – set/2008, com a delimitação das sub-bacias, gerado a partir do tratamento digital da banda 6 de imagens do satélite LANDSAT-5.

O intervalo de temperatura predominante na BHRP foi 18,1-22°C (46% da bacia) e em segundo lugar, o intervalo 14,1-18°C (36%). A amplitude na bacia

foi de 36°C, tendo o valor de temperatura média superficial de 19,5°C (Quadro 1). A classe modal em todas as sub-bacias foi a mesma da BHRP (18,1-22°C).

**Quadro 1 - Estatísticas representando a temperatura superficial da BHRP-MG/RJ.**

ÁREA (km²)	MIN	MAX	AMPLITUDE	MÉDIA	MEDIANA	MAIS FREQUENTE	MENOS FREQUENTE	DESVIO PADRÃO
8580,6	0	36	36	19,5	19	18	0	3,04424

Quanto ao mapa termal da sub-bacia do rio Cágado (figura 4), são observadas algumas diferenças em relação à bacia. O histograma da temperatura

superficial desta sub-bacia mostra um equilíbrio maior entre os valores das classes 14,1-18°C e 22,1-26°C, além da menor amplitude térmica.

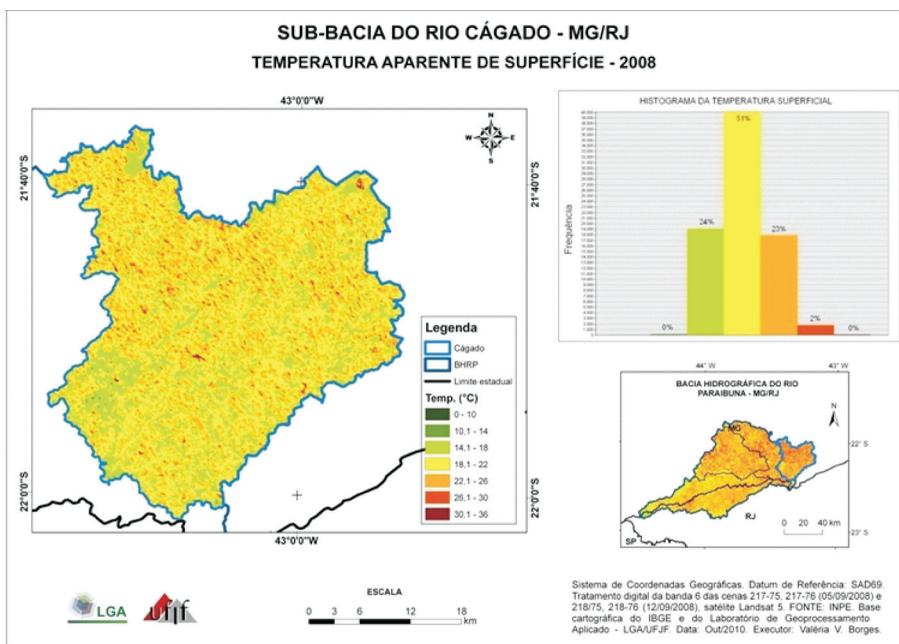


Figura 4 - Mapa de Temperatura superficial da sub-bacia rio Cágado – set/2008 (gerado a partir do tratamento digital da banda 6 de imagens do satélite LANDSAT-5), demonstrando o histograma da temperatura.

Os resultados da sub-bacia do rio Paraibuna (figura 5) demonstram trechos com o intervalo 14,1-18°C bastante distribuído, o que ameniza o desconforto térmico. Contudo, apresenta também, áreas na região central com temperaturas elevadas, chegando a 36°C.

Como observado na bacia, o intervalo 14,1-18°C esteve mais distante da classe modal (18,1-22°C).

Na sub-bacia do rio Peixe (figura 6) são vistos pequenos focos em destaque na porção centro-sul e noroeste, na cor vinho (30,1-36°C), representando áreas com temperaturas bem quentes. Na porção sul há uma faixa em formato de linha horizontal com as menores temperaturas da sub-bacia (10,1-14°C).

A sub-bacia do rio Preto apresentou uma diferença na classe modal, devido à proximidade de predominância dos dois intervalos 18,1-22°C e 14,1-18°C (figura 7). Esta sub-bacia também foi a que apresentou o conjunto de valores mais baixos da bacia, e assim, a média mais baixa (18,5°C). Tal fato pode ser justificado, dentre outros fatores, pelas maiores altitudes serem observadas nesta porção da bacia, como nos municípios de Itatiaia, Resende, Rio Preto Bom Jardim de Minas, dentre outros.

A maior concentração de temperaturas no intervalo entre 0 a 14°C foi encontrada na faixa altimétrica entre 2.100 e 2.700 m de altitude. Não foi registrada temperatura acima de 26,1°C em altitudes superiores a 1.700 m. (BORGES et al., 2011).

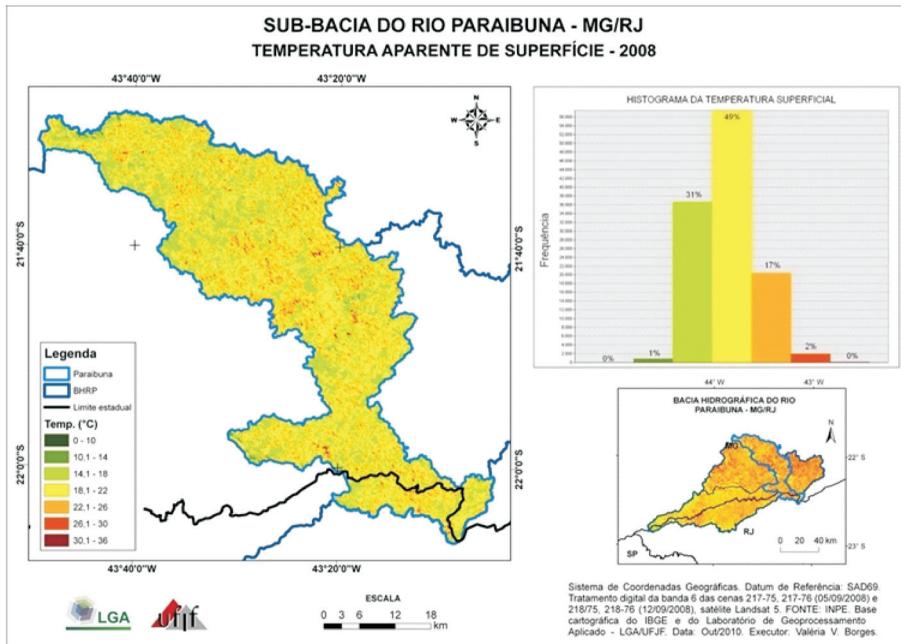


Figura 5 - Mapa de Temperatura superficial dasub-bacia rio Paraíba – set/2008 (gerado a partir do tratamento digital da banda 6 de imagens do satélite LANDSAT-5), demonstrando o histograma da temperatura.

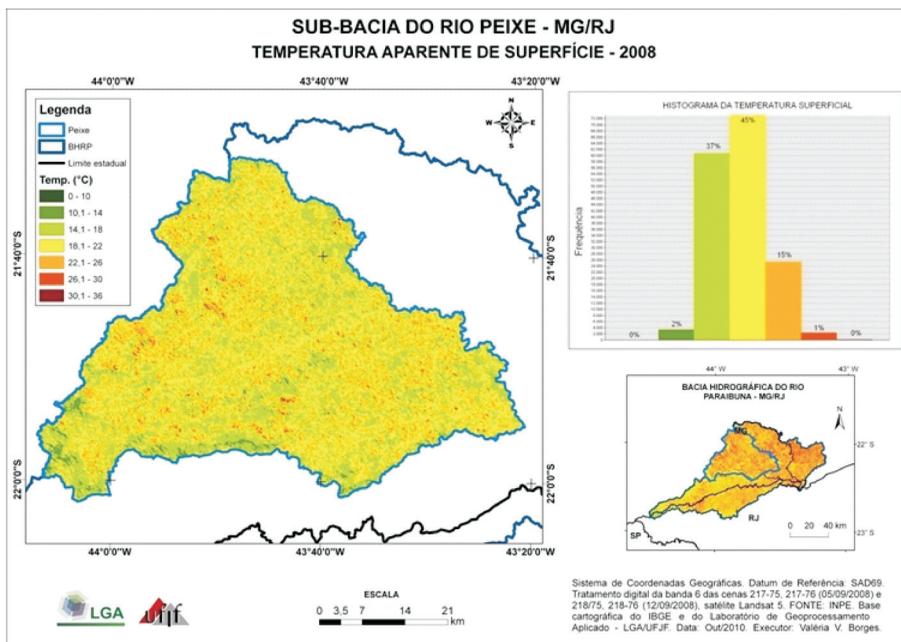


Figura 6 - Mapa de Temperatura superficial dasub-bacia rio Peixe – set/2008 (gerado a partir do tratamento digital da banda 6 de imagens do satélite LANDSAT-5), demonstrando o histograma da temperatura.

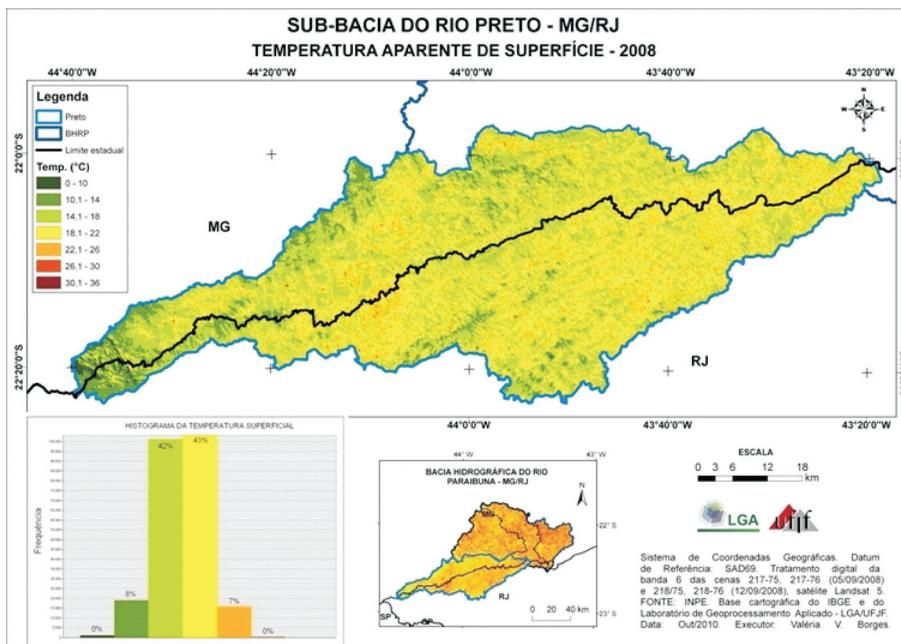


Figura 7 - Mapa de Temperatura superficial da sub-bacia rio Preto – set/2008 (gerado a partir do tratamento digital da banda 6 de imagens do satélite LANDSAT-5), demonstrando o histograma da temperatura.

Analisando as medidas de tendência central e de variabilidade térmica das sub-bacias (quadro 2), foi visto que a maior amplitude térmica ocorreu na sub-bacia de maior área, a do rio Preto (35°C), onde também ocorreu a menor média (18,5°C).

As maiores médias foram identificadas nas sub-bacias do rio Paraibuna e do rio Cágado, sendo desta última, a mais elevada (20,8°C). Nesta sub-bacia, a

mediana (21°C) também foi a maior, assim como obteve a maior mínima (13°C) e a menor amplitude (23°C).

Quanto às medidas de tendência central (média, mediana e o valor mais frequente), a sub-bacia do rio Preto foi a que mais concentrou estes valores.

Com relação às medidas de variabilidade térmica na bacia, a amplitude e o desvio padrão foram menores na sub-bacia do rio Cágado, indicando maior estabilidade térmica.

**Quadro 2 - Medidas de tendência central e de variabilidade térmica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna-MG/RJ e de suas sub-bacias.**

	ÁREA (km²)	MIN	MAX	AMPLITUDE	MÉDIA	MEDIANA	MAIS FREQUENTE	MENOS FREQUENTE	DESVIO PADRÃO
<b>BHRP – MG/RJ</b>	8580	0	36	36	19,5	19	18	0	3,04424
<b>Sub-bacia do Rio Cágado</b>	1127	13	36	23	20,8	21	22	35	2,87470
<b>Sub-bacia do Rio Paraibuna</b>	1673	4	36	32	20,2	20	22	4	2,89569
<b>Sub-bacia do Rio Peixe</b>	2357	10	36	26	19,7	20	18	10	2,98952
<b>Sub-bacia do Rio Preto</b>	3425	0	35	35	18,5	18	18	0	2,89072

## Conclusão

Das sub-bacias em estudo, a do rio Peixe foi a que apresentou o desvio padrão mais elevado. Nesta sub-bacia (que não é a maior), enquanto a amplitude diminui, o desvio padrão aumenta, indicando uma diminuição da diferença de valores pontuais, mas uma maior variabilidade entre as amostras nesta sub-bacia, ou seja, maior ocorrência de discrepância térmica.

A sub-bacia hidrográfica que apresentou os valores menos discrepantes foi a do rio Cágado. Deste modo, a sequência das sub-bacias em ordem decrescente da discrepância das temperaturas superficiais foi: rio Peixe, rio Paraibuna, rio Preto e Cágado.

Finalmente, o sensoriamento remoto termal, juntamente com a análise dos indicadores estatísticos, possibilita discriminar a espacialidade da temperatura superficial das diferentes sub-bacias na escala adotada (1:250.000).

Espera-se com o presente estudo, ter colaborado no conhecimento das diferenças térmicas da bacia, assim como na exposição da metodologia utilizada. Através do conhecimento do desenho térmico da superfície da bacia, fenômenos de ilhas de calor e conforto térmico são mais bem identificados e investigados, o que torna o sensoriamento remoto termal, uma técnica bastante acessível e satisfatória neste ramo da climatologia.

## Referências Bibliográficas

- BARTOLIUCI, L. A. & CHANG, M. **Look-up Tables to Convert Landsat TM Thermal IR Data to Water Surface Temperature** (1998). Apud **IDRISI Andes**, Help Contents, 2000, s.p.
- BORGES, V. V.; OLIVEIRA, D. C. G. de; Z Aidan, R. T. Relação das diferentes altitudes com a temperatura superficial terrestre da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna – MG/RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7855-7856.
- COLTRI, P. P. **Influência do Uso e Cobertura do Solo no Clima de Piracicaba, São Paulo: Análises de Séries Históricas, Ilhas de Calor e Técnicas de Sensoriamento Remoto**. Piracicaba. 2006. 166p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-25102006-123617/>>. Acessado em 12/06/2010.
- IBGE. Mapeamento Topográfico. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acessado em 10/08/2009.

INPE. LANDSAT 5, 217/75 e 217/76. São José dos Campos: LANDSAT 5, 05/09/2008. Disponível em: <[www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)>. Acessado em 20/05/2010.

INPE. LANDSAT 5, 218/75 e 218/76. São José dos Campos: LANDSAT 5, 12/09/2008. Disponível em: <[www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)>. Acessado em 20/05/2010.

MARTINS, L. A. **Meteorologia**. Juiz de Fora, 2004. 72 p. (Apostila da disciplina Meteorologia.), [s.n.]. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2004.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007, 206 p.

NASCIMENTO, D. T. F.; BARROS, J. R. Identificação de Ilhas de Calor Por Meio de Sensoriamento Remoto: Estudo de Caso no Município de Goiânia – GO/2001. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 29, n. 1, p. 119-134, Jun. 2009.

NASCIMENTO, D. T. F.; SOUSA, S. B. de; OLIVEIRA, I. J. de. A Relação Entre os Valores de Temperatura Superficial Terrestre (TST), O Uso e Cobertura do Solo e a Topografia no Município de Minaçu - GO (2001). **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 3, n. 7, p. 93-107, Set. 2009.

WENG, Q. A Remote Sensing – GIS Evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 10, p. 1999, Nov. 2001.