# Aplicação dos Produtos Landsat-8/TIRS/OLI e Aster/GDEM na Avaliação do Comportamento Termal de Superfície, Usos e Topografia

André Luiz Nascentes Coelho[1]
André Luís Demuner Ramos[1]
Rodrigo Bettim Bergamaschi[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo – Depto. de Geografia/CCHN/UFES
Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias
Av. Fernando Ferrari, 514 - 29075-973 - Vitória - ES, Brasil
alnc.ufes@gmail.com; andre_demuner@hotmail.com; rodrigo.siges@gmail.com

**Abstract**. This paper aims to contribute to the discussion and implementation of geospatial investigate the relationship between the classes of surface temperatures and use classes and land cover at different scales, in the municipality of Cariacica-ES, Brazil, based on remote sensing products in particular, the image of the thermal infrared sensor channel TIRS / Landsat-8. The results extracted during the satellite overpass show the areas of the county with exatance intense heat - heat islands - industry, floors, roofs and other surfaces typical of the urban landscape as well as the heterogeneous distribution of these responses, resulting in surface temperatures and amplitudes high, above 12 ° C. It was also the influence and importance of the class of vegetation in the forest / mangrove, the softening temperature, such as adjacent areas Duas Bocas Biological Reserve beyond class water as the Bay of Vitória. The information of surface temperature and land cover and land use acquired through remote sensing techniques and free products from Landsat-8, with emphasis on improving the spatial resolution of 30 meters from the thermal imaging, were effective in the aspect the use of geotechnologies in urban environments, helping to identify, and spatial understanding of climate dynamics operant microclimates and, therefore, the adoption of guidelines as afforestation plans in order to mitigate temperatures on these sites and can be applied at other intervals dates and different scales.

**Palavras-chave:** Remote Sensing, Urban Climate, Infrared Thermal Imager. Sensoriamento Remoto, Clima Urbano, Imagem Infravermelha Termal.

## 1. Introdução

O processo de urbanização constitui uma das formas espaciais concebidas pela sociedade humana que mais alteram a paisagem, principalmente pela falta de planejamento adequado da ocupação (COELHO, 2003). Parte considerável desse processo ocorre com a supressão das áreas verdes e a substituição da superfície do solo por materiais não-evaporativos e não-porosos, como asfalto, concreto, entre outros, resultando em um aumento geral da temperatura, um clima próprio ou clima urbano (MONTEIRO e MENDONÇA, 2011; MONTEIRO, 1976).

Seus efeitos mais diretos são sentidos pela população através da alteração do conforto térmico, da qualidade do ar, além de outras manifestações, deteriorando a qualidade de vida dos habitantes (MENDONÇA e DANNI-OLIVERIA, 2007). Assim, as informações como o uso e cobertura da terra juntamente com dados de temperatura de superfície, derivadas de técnicas de sensoriamento remoto orbital, constituem-se em parâmetros relevantes no que se trata dos estudos do clima de uma determinada unidade espacial (MONTEIRO, 1991).

Nesse contexto, o presente artigo tem por objetivo avaliar o comportamento de superfície termal das variadas classes de uso e cobertura da terra e topografia, em escalas espaciais distintas no município de Cariacica, ES, com uso das imagens gratuitas dos satélites Aster e Landsat-8. Como objetivos específicos: apresentar em detalhe as fórmulas de coeficientes de calibração radiométrica para obtenção de temperaturas Celsius da faixa do infravermelho termal do satélite Landsat-8, banda 10, de resolução espacial de 30 metros; contribuir nas pesquisas geográficas relacionadas com o clima regional/urbano, como também na produção de material de apoio para elaboração de diretrizes/planos municipais.

O município de Cariacica, objeto desse estudo, possui uma área de 279,65 km² e 378.915 habitantes, de acordo com a estimativa populacional publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014). Situa-se na Região Metropolitana da Grande Vitória - RMGV, no Estado do Espírito Santo. A paisagem do território é caracterizada por uma mancha urbana que se distribui em praticamente toda a porção leste, marcada pela presença de indústrias e empresas às margens dos corredores viários, como a BR-101, BR-262 e da estrada de ferro Vitória-Minas, enquanto os bairros mais populosos como Campo Grande, Jardim América e Itacibá, importantes centros comerciais, estão situados na porção sudeste do município, nos limites de Vila Velha e ao longo da baía de Vitória.

## 2. Metodologia de Trabalho

O trabalho foi dividido em duas principais etapas, iniciando-se com aquisição de referencial bibliográfico selecionado abordando a temática, informações de temperatura do ar, direção e velocidade dos ventos, na data de passagem do satélite (INMET/BDMEP, 2013) que serviram de parametrização / comparação com a Temperatura da Superfície registrada pelo sensor, além da consulta das condições de tempo em jornal do Estado (A TRIBUNA, 2013).

Segunda: aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8 (USGS, 2013), sensores OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), órbita 215, ponto 74, com data de passagem 04/08/2013 e horário central 9:37 horas, bandas: 2, 3 e 4 com resolução espacial de 30 metros, banda 8 pancromática com resolução de 15 metros e banda 10 correspondente a faixa do infravermelho termal (10.6 - 11.19 µm - micrômetro), com resolução espacial de 30 metros. Dados de altitude do sensor Aster/GDEM (Global Digital Elevation Models), resolução espacial de 30 metros de 17/10/2011. Planos de informações no formato shapefile: limite municipal e bairros adquiridas no IBGE (2013).

Os mapeamentos e processamento de todos os dados vetoriais e matriciais foram realizados no SIG ArcGIS 10.2.2, iniciando-se com a criação de um projeto e a adição dos planos de informações abrangendo a área de estudo e adjacências ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000 Zona 24 Sul com todo o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica segundo propostas de Lo e Yeung (2008) adaptados ao formato do periódico.

A organização dos dados raster iniciaram-se com a elaboração do MDE seguido do tratamento da imagem infravermelha termal utilizando os parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin, fundamentado nas equações e valores presentes nas Tabelas 1 e 2 propostas pelo USGS (2013), inseridas na calculadora raster do SIG.

$$L\lambda = MLQcal + AL \quad (1)$$

Tabela 1. Fórmula de Conversão para Radiância.

| | |
|---|---|
| $L_\lambda$ | Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts/( $m^2$ sr µm) |
| $M_L$ | Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04 |
| $A_L$ | Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000 |
| $Q_{cal}$ | Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = banda 10 |

$$T = \frac{K2}{In\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

Tabela 2. Constante de Calibração da imagem Landsat-8.

| | |
|---|---|
| *T* | Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K) |
| *K2* | Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K) |
| *K1* | Constante de calibração 1 = 774.89 (K) |
| $L_\lambda$ | Radiância espectral em Watts/( $m^2$ sr μm) |

Após este procedimento, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto 273,15 (JENSEN, 2009), gerando o raster de Temperatura da Superfície em graus Celsius (°C) que foi posteriormente validado com os registros de temperatura do ar da estação meteorológica de Vitória seguido do recorte da imagem com base no limite municipal estudado.

Já a imagem utilizada para classificação do uso e cobertura da terra do município foi derivada de técnicas variadas partindo do processo de composição, cor natural 4R; 3G; 2B seguido da técnica de fusão de imagem - Pan Sharpening - da banda 8 que consiste, basicamente, em integrar a melhor resolução espacial de 15 metros da banda pancromática preservando o conteúdo / cor da imagem composta. Já o método de classificação do uso e cobertura da terra empregado foi o híbrido iniciando-se pela classificação Supervisionada Máxima Verossimilhança (MAX-VER) seguido da conversão em vetor e correção de polígonos com base na imagem composta/fusionada, complementados com campanhas de campo. As classes de uso e cobertura da terra foram definidas com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), adaptadas ao objeto de estudo, sendo: 1) Afloramento de Rochas: áreas de rochas expostas e de extração mineral; 2) Corpo D'água: águas superficiais pertencentes ao Município; 3) Cultura: silviculturas e demais monoculturas; 4) Floresta/Manguezal: áreas verdes com exceção cultura; 5) Pastagem/Solo Exposto: áreas de pastagem e sem qualquer cobertura vegetal; 6) Urbano/Indústria: equipamentos residenciais e industriais. De posse dos dois produtos principais foi realizado, em ambiente SIG, a elaboração de mapas e análises estatísticas obtendo valores para cada classe de uso e cobertura da terra nos intervalos de temperaturas: ≤ 24ºC; 24,1 a 25ºC; 25,1 a 26ºC; 26,1 a 27ºC; 27,1 a 28ºC e > 28ºC.

## 3. Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta o mapa da relação entre as classes de temperaturas de superfície e classes de uso e cobertura da terra do Município de Cariacica (ES) derivadas do satélite Landsat-8 em 04/08/2013 e horário central 9:37 h, com temperatura mínima de 20,4 ºC, temperatura máxima 32,8 ºC, média de 20,4 ºC e amplitude de 12,4 ºC em relação aos valores dos pixels.

As condições de tempo às 10:00 h da manhã, registrados pela estação meteorológica convencional do INMET de Vitória foram de temperatura média do ar 21 ºC, direção predominante do vento norte-nordeste com média de 1,4m/s (INMET, 2013). Ao realizar a parametrização da temperatura média do ar (Ta) registrada pela estação meteorológica convencional no município de Vitória de 21°C, com o pixel de temperatura média de superfície (Ts) registrada pelo sensor na localização da respectiva estação (22,5°C) foi observado um gradiente térmico (Ts-Ta) de 1,5°C. Weng (2010), salienta que a temperatura média de superfície (Ts) apresenta, normalmente, valores mais elevados em relação a temperatura média do ar (Ta) o que já era esperado. Na prática essa diferença não infere nos resultados, uma vez, que a temperatura quantificada pelo satélite é a temperatura radiante da superfície. Já o jornal (A TRIBUNA, 2013), noticiou temperaturas entre 18 e 31 ºC, com probabilidade de chuva igual a zero, valores próximos aos detectados pelo sensor.

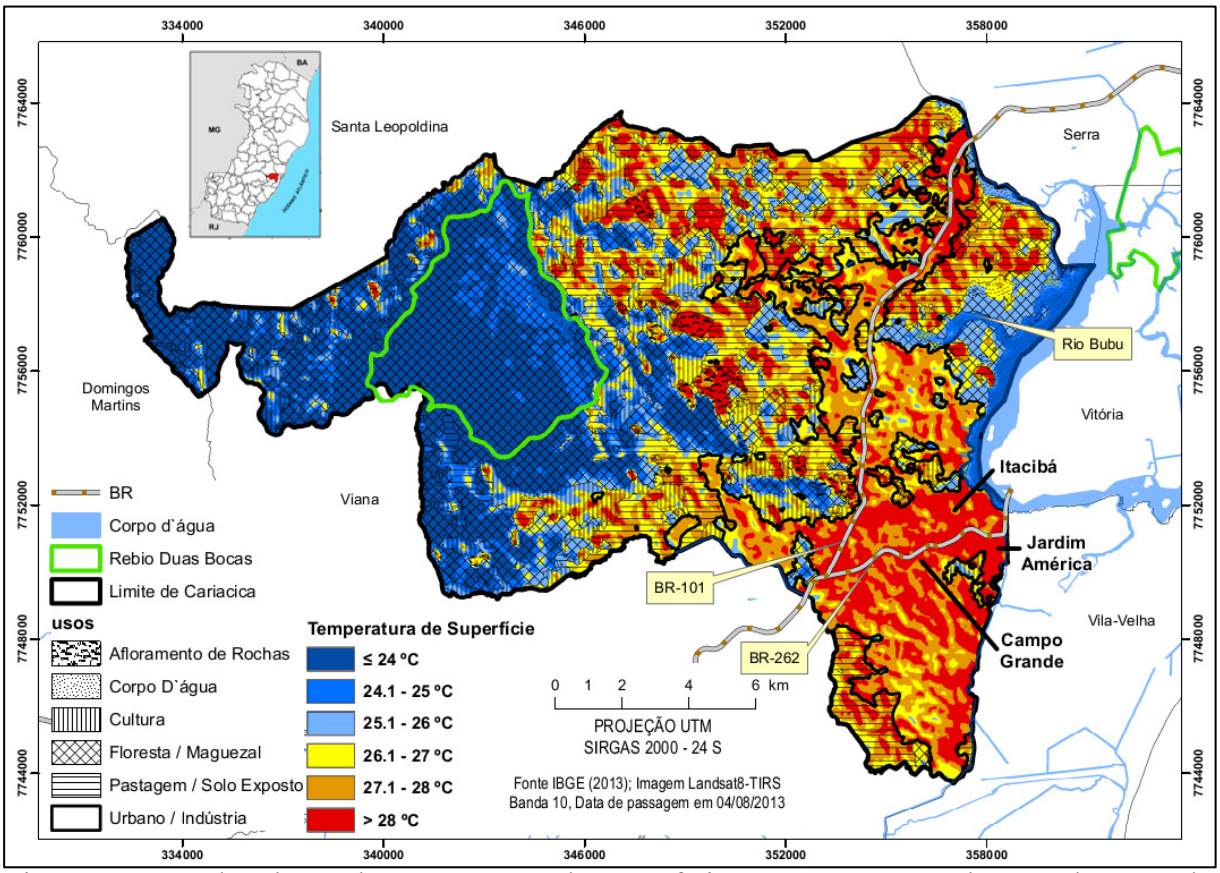


Figura 1. Mapa da relação da Temperatura da Superfície, MDE e Uso e Cobertura da Terra do Município de Cariacica.

Nesse dia, boa parte da região Sudeste, inclusive a área de estudo, estava sob a influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), fato que favoreceu o bloqueio da Frente Fria (FF) que estava estacionada sobre a região Sul do Brasil, resultando na diminuição de nuvens no céu e, conseqüentemente, no aquecimento da superfície proporcionada pela incidência de radiação solar sobre Cariacica e adjacências (CPTEC, 2013). Segundo o INCAPER (2013), no Estado do Espírito Santo o respectivo mês compreende um dos períodos de inverno mais intensos e secos pela atuação freqüente das frentes frias, acompanhadas de massas de ar polar, que provocam com a sua passagem, a diminuição nas temperaturas com as máximas médias em torno de 27,0ºC.

No que se refere ao tamanho das áreas da classe de uso e cobertura da terra, há o destaque para três, sendo: a Floresta/Manguezal, seguido da Pastagem/Solo Exposto e Urbano/Indústria que ocupam, respectivamente, 106,1 km², 67,4 km² e 64,1 km², abrangendo estas 84,9% da área de estudo. A classe Floresta/Manguezal ocorre, sobretudo a oeste na Reserva Biológica de Duas Bocas e em pequena área a leste no manguezal junto a foz do rio Bubu (Figura 1 e Tabela 3).

Em relação aos intervalos de temperaturas de superfície observa-se uma distribuição heterogênea da radiação emitida pelo Sol devido a diversos fatores como a latitude do local, a altitude, os diferentes usos e cobertura da terra e nos materiais constituintes, convergindo com as observações documentadas por Pereira, et al. (2012) e Souza e Ferreira Júnior (2012) em outras regiões. Predominaram no território, no momento da passagem do satélite, os valores <= 24ºC e 27,1 a 28ºC abrangendo 63,9 km² e 60,1 km² respectivamente, cobrindo ambos 44% do Município.

Tabela 3. Área e Percentuais de Uso e Cobertura da Terra.

| **Uso e Cobertura da Terra** | **Área em km$^2$** | **Percentual** |
|---|---|---|
| Floresta/Manguezal | 106.1 | 37.9% |
| Pastagem/Solo Exposto | 67.4 | 24.1% |
| Urbano/Indústria | 64.1 | 22.9% |
| Cultura | 29.5 | 10.6% |
| Corpo D'água | 7.9 | 2.8% |
| Afloramento de Rochas | 4.6 | 1.7% |
| **TOTAIS** | **279.6** | **100 %** |

A Figura 1, revela também, na classe Urbano/Indústria a ocorrência de temperaturas de superfície mais elevadas, superiores a 28ºC na porção sul do Município, a exemplo dos bairros Itacibá, Jardim América, Campo Grande, como também, ao longo dos corredores rodoviários das BR's 101 e 262 em ambas as margens.

Estes elevados valores ocorrem em função da ausência quase que total de áreas verdes predominando materiais como concreto, asfalto, entre outros, proporcionando uma menor emissão de radiação de Ondas Longas (OL) para atmosfera e por sua vez, ocasionando o desconforto térmico. Sobre esse aspecto, Jardim (2010) salienta que à presença de áreas verdes nas cidades não se limita somente pelo seu papel regulador do clima urbano, mas também na infiltração da água no solo e manutenção dos níveis freáticos.

Identificou-se, num raio de aproximadamente de 100 metros, ao longo da baía de Vitória e da desembocadura do rio Bubu, em direção ao interior do Município, temperaturas mais amenas de 24ºC a 26ºC das classes Floresta/Manguezal e Corpo D'água, em decorrência do vento proveniente da direção norte-nordeste levando o frescor da vegetação e da água (efeito brisa). A água, em particular, atua como um regulador térmico devido a sua alta capacidade calorífica, pois, durante o dia, ela absorve e retém a radiação solar. Já na porção central da área de estudo há a ocorrência de encostas mais abruptas da unidade geomorfológica Colinas e Maciços Costeiros como o morro Mochuara (724 m) e serra do Anil (240 m) cujas elevações e disposição topográfica destas impediram que a incidência da radiação solar e dos ventos norte-nordeste atingissem o reverso no momento da passagem do satélite, proporcionando um sombreamento e formação do fenômeno "canyons" com temperaturas ≤ 24ºC, compatíveis com as identificadas por Mendonça (1995) nas áreas urbanas.

Já no polígono interno da Reserva Biológica Duas Bocas (Figura 1), ocorrem temperaturas entre 25,1 a 26ºC, paralelo ao limite leste, ocasionadas pela direção dos ventos norte-nordeste com temperaturas mais elevadas, enquanto na porção centro para oeste da reserva, temperaturas ≤ 24ºC em função da densa cobertura vegetal e ausência de materiais não porosos e não evaporativos. Já na porção extrema norte do território verificaram-se temperaturas superiores a 27ºC em região caracterizada pelo uso predominante de pastagem, reduzida cobertura vegetal e solo exposto.

Ressalte-se, novamente, que durante o registro da imagem havia o predomínio da atuação da ASAS, com céu limpo e alta umidade, fato que também corroborou na configuração e/ou intensificação de bolsões de calor ou ilha de calor sobre os locais supracitados. A magnitude ou intensidade, normalmente está associada à presença do fenômeno sinótico, mesmo em latitudes distintas, como o documentado por Mendonça (op. Cit.) que encontrou intensidade semelhante em Londrina no estado do Paraná.

### 3.1 Perfil do Campo Térmico de Superfície e Topografia

O conhecimento das feições topográficas de um determinado recorte espacial de detalhe é de extrema importância nos estudos climáticos, pois neles podem existir significativas diferenças de microclimas oriundas da morfologia da superfície, da presença ou não de vegetação e de outros materiais. Trabalhos desenvolvidos por Fialho (2012) constatou que as vertentes mais sombreadas durante o dia se esfriam rapidamente em relação àquelas que receberam maior quantidade de luz solar.

As Figuras 2 e 3 apresentam o traçado do perfil A-B de 1,1km com base nos materiais, topografia, bem como nos usos e cobertura da terra de forma a evidenciar um desses microclimas, iniciando-se em ≤ 24ºC.

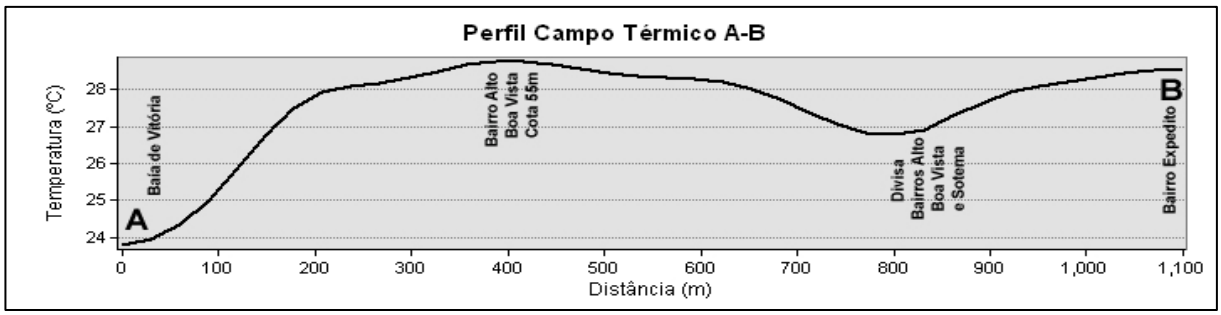


Figura 2. Gráfico do perfil A-B da imagem termal do satélite TIRS/Landsat-8 em 04/08/2013 e o horário central 9:37 h registrando variações térmicas conforme a topografia.

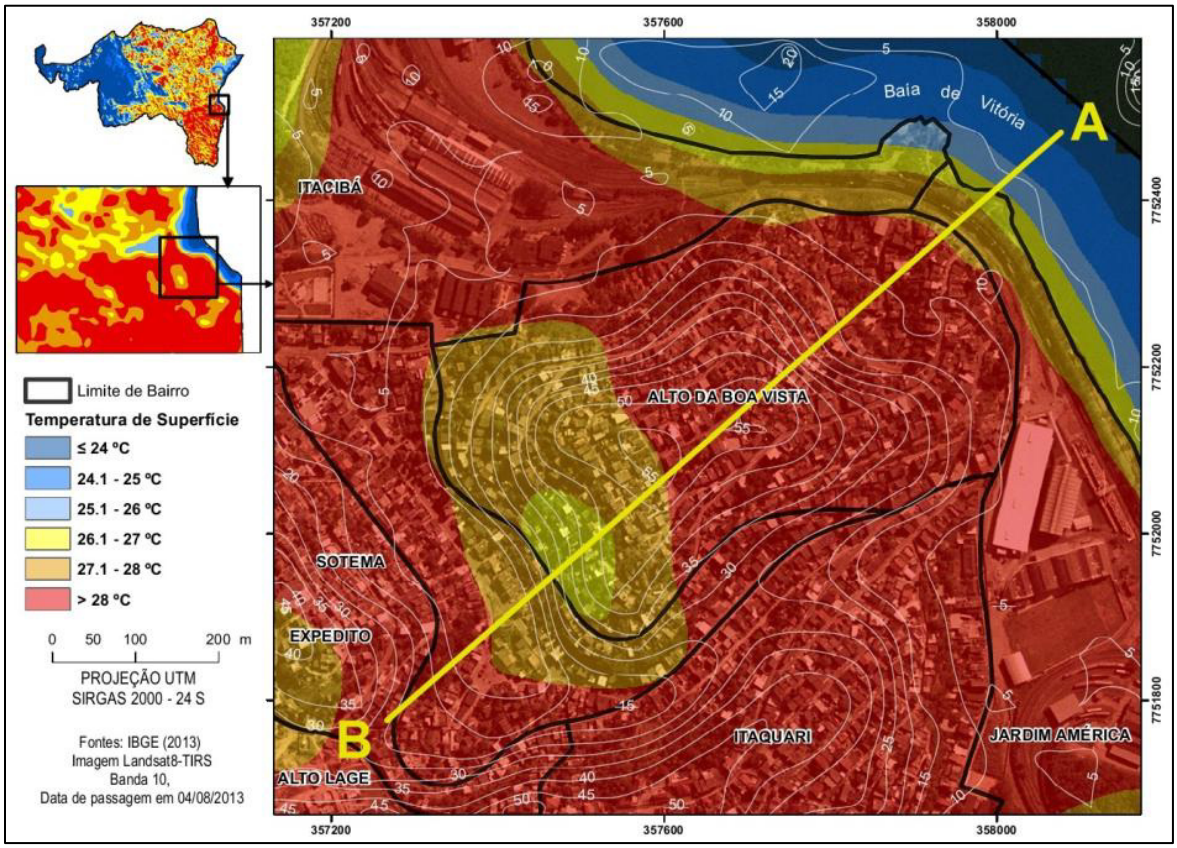


Figura 3. Traçado do perfil de temperatura da superfície A – B. Em A temperatura mais baixa, na baía de vitória, elevando-se em direção B até a cota máxima de elevação do bairro alto da Boa Vista (55 metros), enquanto no reverso observa-se a queda da temperatura proporcionada pela baixa incidência da radiação solar ocasionado pelo fator topográfico.

Quando ele atravessa o limite nordeste do bairro Alto da Boa Vista a temperatura eleva-se rapidamente até a cota altimétrica 55 metros. No momento em que a linha caminha para a cota 50 metros ocorre a queda gradual na temperatura até atingir a cota 15 metros, no reverso do morro e chegar a 26,8 ºC indicando a ausência ou pouca incidência da radiação solar registrada pela imagem.

Outra característica possível de constatar na Figura 3 é o mesmo padrão de rugosidade ao longo do perfil, inclusive no reverso, revelando que o fator topográfico interferiu no balanço de energia, por meio do sombreamento da encosta de inclinação inferior a 40%. Tal análise, como já mencionado, evidência a formação de microclimas, fenômenos como "ilha de frescor" que fornecem subsídio para a uma melhor compreensão do clima urbano do Município. A amplitude registrada no perfil A-B no momento da passagem do satélite foi de 5,2°C, considerada elevada para a época de inverno, com os menores valores de 23,7°C registrados na baía de Vitória e os maiores 28,8ºC na maior parte do perfil (Figura 2).

## 4. Conclusões

Os resultados extraídos durante a passagem do satélite evidenciaram áreas no município de Cariacica que apresentam efeitos característicos de ilhas de calor, ilhas de frescor/oásis e canyons.

As ilhas de calor ocorrem em praticamente em todos os setores da classe de cobertura da terra denominada Urbano / Indústria com temperaturas superiores a 28 ºC, sobretudo na porção sudeste do território na área urbana devido à intensa exitância termal, potencializada pela reduzida cobertura vegetal e afastamento dos equipamentos residenciais, somados aos pavimentos, telhados e outras superfícies típicas da paisagem urbana, bem como a distribuição heterogênea dessas respostas, resultando em temperaturas de superfície e amplitudes elevadas superiores a 12ºC. A imagem revela ainda que os locais mais quentes não são exclusivos da área urbana do município, mas também nos bairros periféricos e área rural onde há o predomínio de pastagem, solo exposto e afloramento de rochas.

Como medida de mitigação dos efeitos do calor nessas áreas onde foram observadas temperaturas elevadas, sugere-se um plano de rearborização com a finalidade de minimizar os indicies de temperatura no local e também a aplicação de uma legislação que infira uma relação adequada entre espaço verde e área construída.

Enfim, as informações de Temperatura da Superfície e uso e cobertura da terra adquiridas através de técnicas de sensoriamento remoto e de produtos gratuitos do satélite Landsat-8, com destaque para melhoria da resolução espacial de 30 metros da imagem termal, mostraram-se eficientes sob o aspecto da utilização de geotecnologias em ambientes urbanos, contribuindo na identificação, na espacialização e na compreensão da dinâmica climática operante de microclimas e, consequentemente, na adoção de diretrizes como planos de arborização no sentido de amenizar as temperaturas nesses locais, podendo ser aplicada em outros intervalos de datas e escalas distintas. A utilização dessa técnica também permite o conhecimento espacial e temporal da expansão urbana e dos problemas delas oriundos.

## Referências Bibliográficas

A TRIBUNA, **Caderno Cidades – Tempo e Temperatura**, pg. 10, Vitória, ES, Domingo, 04 de Agosto de 2013.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. **Boletim Técnico do dia 04/08/2013**. Acesso em 29 de setembro. 2013. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>.

COELHO, André L. N. **O Histórico da Ocupação e Impactos Socioambientais no Eixo Norte da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte) em Áreas do Município de Ribeirão das Neves - MG** (dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte 2003.

FIALHO, Edson S. Estudos Climáticos em Sítios Urbanos e Rurais, (Orgs.) SILVA, Charlei A. da e FIALHO E. S., **Concepções e Ensaios da Climatologia Geográfica** e-book. ED. UFGD, 2012. PP-83-112.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, **Censo Demográfico 2014** (estimativa publicada no Diário Oficial da União, em 28 de agosto de 2014).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, **Mapas Interativos**. acesso em 12 setembro 2013. Disponível em < http://mapas.ibge.gov.br/interativos/ferramentas/galeria-arcgis-online> 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, nº 7**, Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª Ed. Rio de Janeiro, RJ. 2013.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, **Estações no Espírito Santo: Inverno.** Acesso em 15 de setembro. 2013. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=estacinverno>.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Banco **de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa - BDMEP**. Brasília. acesso em 16 abril 2013. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

JARDIM, C. H. Variações da Temperatura do Ar e o Papel das Áreas Verdes nas Pesquisas de Climatologia Urbana. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, v. 10, n. 1, 2010. p. 9-25, jan./jun.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**, Editora Parêntese, São José dos Campos, SP, 2009. 598p.

LO, Chor Pang, YEUNG, Albert K.W. **Concepts and Techniques of Geographic Information Systems**, 2nd Edition, Ph. Series in Geographic Information Science, Prentice-Hall. 2008.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina / PR São Paulo, Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1995.

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

MONTEIRO, C. A. de F. **Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano do Brasil**. GeoSul. Nº 9, 1991. p.7-140.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. 2ª Edição. São Paulo: Contexto, 2011, 192 p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP/IG, 1976.

PEREIRA, L. C.; MARIANO, Z. de F.; WACHHOLZ, F.; Cabral, J. B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, edição especial 2, V.2, N.5, 2012. p.1243 – 1255.

SOUZA, S. B. de; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **Revista Espaço Geográfico em Análise.** Vol. 26. Paraná, 2012. p. 75 – 99.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano. **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8 e ASTER/GDEM** EUA. Acesso em 22 agosto 2013. Disponível em <http://landsat.usgs.gov>.

WENG, Q, **Remote sensing and GIS integration: theories, methods, and applications**, New York : McGraw-Hill, 2010.