

## INFLUÊNCIA DE DISTINTOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA (ES)

**Wesley de Souza Campos Correa**

Mestre em Geografia – UFES; Doutorando em Geografia Física - USP  
[wesley.campos.correa@gmail.com](mailto:wesley.campos.correa@gmail.com)

**André Luiz Nascentes Coelho**

Professor Doutor do Departamento de Geografia  
Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGG/CCHN/UFES  
[alnc.ufes@gmail.com](mailto:alnc.ufes@gmail.com)

**Claudia Câmara do Vale**

Professora Doutora do Departamento de Geografia  
Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGG/CCHN/UFES  
[camaravale@gmail.com](mailto:camaravale@gmail.com)

### RESUMO

O presente estudo teve por objetivo investigar a relação entre as mudanças de temperatura de superfície e usos e coberturas da terra do município de Vitória no estado do Espírito Santo, sob condições atmosféricas distintas, por meio de produtos orbitais, sub-orbitais, técnicas de sensoriamento remoto em ambiente SIG. Com a utilização do sensor infravermelho termal foi possível verificar que a aproximação da frente fria com vento predominante sul foi preponderante para minimização das ilhas de calor, e que durante a atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) estes fenômenos são mais intensos, evidenciando que os tipos de tempo são os principais fatores controladores da intensidade desse fenômeno. Os resultados extraídos durante a passagem do satélite evidenciaram áreas no município de Vitória com intensa emitância termal como áreas construídas, pavimentadas, telhados e outras superfícies típicas da paisagem urbana, bem como a distribuição heterogênea dessas respostas, resultando em temperaturas elevadas, sobretudo no dia 30 de julho de 2011. O estudo demonstrou também que a utilização dessa técnica pode contribuir na perspectiva do planejamento urbano, na medida em que são definidos padrões na distribuição da temperatura da superfície de acordo com o uso e cobertura da terra.

**Palavras-chave:** Ilha de calor; Uso e cobertura da terra; Clima urbano.

### INFLUENCE OF DIFFERENT ATMOSPHERIC SYSTEMS IN SURFACE TEMPERATURE OF THE CITY OF VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO (BRAZIL)

### ABSTRACT

The present study is concerned to investigate the relationship between the classes of surface temperature and land use and land cover of the city of Vitória in Espírito Santo State, southeast of Brazil, under different atmospheric conditions, through orbital products, sub-orbital, techniques of the remote sensing and GIS. Using of thermal infrared sensor was verified that the approximation of the cold front to the south prevailing wind was predominant for the minimization of "heat islands", and that during the performance of the Subtropical South Atlantic High (ASAS) these phenomena are more intense, showing what kinds of weather are the main factors controlling the intensity of this phenomenon. The results extracted during the satellite overpass showed areas in Vitória with intense thermal emittance as built-up areas, paved, roofs and other surfaces typical of the urban landscape as well as the heterogeneous distribution of responses, resulting in high temperatures, especially in

---

Recebido em 03/07/2014

Aprovado para publicação em 15/01/2015

the 30th July 2011. The study also showed that this technique can greatly contribute to the perspective of urban planning, to the extent that patterns in the distribution of the surface temperature according to the use and occupation of land are defined.

**Keywords:** Heat island; Land use and land cover; Urban climate.

## INTRODUÇÃO

As transformações sobre a superfície urbana provocam alterações no balanço de energia e ciclo hidrológico, influenciando diretamente as variáveis temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento (OKE, 1987; LANDSBERG, 2006; MONTEIRO, 2003; BRANDÃO, 2003, ANDRADE, 2005). Devido a essas transformações as cidades geram um clima próprio, ou seja, um clima urbano, que é resultante dos fatores urbanos, do clima regional e do meio físico local (ANDRADE, 2005).

A “ilha de calor”, também conhecidos como bolsões de calor, núcleo aquecido, núcleos térmicos ou úmidos (ASSIS, 2010), ou até mesmo núcleo de calor (FIALHO, 2012), representa o fenômeno mais conhecido e mais estudado do clima urbano (MENDONÇA, 2003). A intensidade do fenômeno depende das condições micro e meso climáticas sobre a cidade, aliada, às situações de uso e cobertura da terra, das poucas áreas verdes, da impermeabilidade do solo, da geometria das edificações, da topografia, do albedo dos materiais de construção, dentre outros fatores que são potencializadores na geração do clima urbano (OKE, 1987; BRANDÃO, 2003; FIALHO, 2009).

A atuação de um sistema atmosférico de escala sinótica pode atuar na minimização ou intensificação do fenômeno ilha de calor. Os tipos de tempo são os principais fatores controladores da intensidade desse fenômeno, conforme destaca Assis (2010), Fialho (op. Cit.), Jardim (2007) e Brandão (op. Cit.).

Em função da necessidade de compreender os efeitos da urbanização sobre o clima urbano existem cinco métodos básicos que são utilizados para medir o componente termodinâmico: estações fixas, transectos móveis, sensoriamento remoto, sensoriamento vertical e balanço de energia (GARTLAND, 2010). O uso de dados obtidos por meio de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando o canal do infravermelho termal, tornou-se uma importante ferramenta para detectar as características térmicas das superfícies da Terra, possibilitando a visualização das temperaturas em diversas escalas. Rao (1972) foi o primeiro a demonstrar que áreas urbanas poderiam ser identificadas por meio de análises de dados na faixa do infravermelho termal adquiridos por um satélite.

Diversos trabalhos utilizam a técnica de sensoriamento remoto, com objetivo de identificar as características térmicas da superfície urbana, entre eles Voogt e Oke (1997), Oke (2003), Jesen (2009) e Weng (2010 e 2003) na literatura mundial. No Brasil destacam-se os trabalhos de Lombardo (1985), Mendonça (1995), Nascimento (2011) Coelho e Correa (2013), dentre outros. Contribuição significativa foi à publicada por Chander *et al.* (2009), discutindo e aplicando fórmulas de coeficientes de calibração radiométrica e obtenção de temperaturas Kelvin (K), para imagens TM/Landsat-5 canal 6.

Considerando que os diferentes tipos de usos e coberturas da terra proporcionaram diferentes temperaturas, resultando, em alguns casos, em ilhas de calor, e que sob a atuação de sistemas atmosféricos, tais como as chuvas e os ventos moderados, estes fenômenos podem vir a intensificar-se ou minimiza-se. Dessa forma, este estudo teve por objetivo observar como se deu essa relação, em um evento sob o domínio de um sistema frontal, no caso uma frente fria, cuja predominância do vento foi de S no dia 27 de maio de 2011, e em outro evento com domínio do vento NE no dia 30 de julho de 2011. O presente estudo pretende servir de subsídio para compreensão do clima urbano do município.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O município de Vitória (ES), situado na região Sudeste do Brasil, localiza-se entre as coordenadas 20°14' e 20°20'S; 40°22' e 40°12'30"W, caracterizando-se como concentrador das

principais atividades econômicas e administrativa da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

A hipsometria da área em estudo varia desde áreas na região litorânea, plana (0m) até elevações superiores a pouco mais de 300m de altitude. O município é composto por uma parte insular continental e uma parte continental e sua topografia é constituída de planícies quaternárias costeiras, de terrenos do Terciário, sobretudo pelas colinas e pelos tabuleiros costeiros, e de elevações pré-Cambrianas que constitui primordialmente o Maciço Central de Vitória e uma série de outros afloramento granítico/gnáissicos de diferentes tamanhos (RADAMBRASIL, 1983).

O quadro geológico de Vitória está relacionado com o Complexo Paraíba do Sul e a Suíte Intrusiva de Vitória, com Granitoides, Granitos e Dioritos de idade pré-cambriana. Com a associação desses elementos, ocorrem os depósitos sedimentares continentais, representados pelo Grupo Barreiras, e os depósitos fluviomarinhas, ambos de idade cenozoica (RADAMBRASIL, 1983).

Segundo classificação proposta pelo Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN (2012) as unidades geomorfológicas encontradas no município de Vitória são as Colinas e Maciços Costeiros, Planícies Costeiras e os Tabuleiros Costeiros.

Os principais fenômenos meteorológicos de escala sinótica que influenciam a variabilidade do tempo no município de Vitória são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), os Sistemas Frontais (SF), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (SANT'ANNA NETO, 2005; VAREJÃO-SILVA, 2005; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Em relação às características climáticas mais gerais, Vitória apresenta totais pluviométricos anuais médios de 1.320mm, e os meses mais chuvosos são: novembro, dezembro e janeiro com 199,8mm, 153,7mm e 219,9mm, respectivamente. Esses meses caracterizam-se por serem quentes e úmidos, cujas temperaturas médias variam de 24,5°C a 27,7°C e a umidade relativa do ar em torno de 75%. A estação menos chuvosa ocorre entre os meses de maio a setembro com temperaturas médias amenas que alternam-se entre 22°C e 23°C e baixos totais pluviométricos, que variam em de 54 a 77mm (CORREA, 2011).

De acordo com Mattiuzzi e Marchiorio (2012), para o período entre 2000 a 2011, os ventos predominantes no município de Vitória (ES) foram do quadrante nordeste, apresentando velocidades médias que variam entre as classes 2,1-3,6m/s e 3,6-5,7m/s. Segundo esses autores, quando há incidência de Frente Fria (FF), o vento possui direção predominante Sul (S) e velocidades que variam entre 3,6-5,7m/s, e sob atuação da ZCAS, há o predomínio do vento entre os quadrantes Sul (S), Sul-Sudeste (S-SE), Oeste (W) e Oeste-Noroeste (W-NW).

Segundo Marchiorio (2012) nas estações inverno e primavera, ocorre maior incidência de frente fria no município de Vitória. O estudo também concluiu que a incidência de frente fria contribui para a ocorrência de precipitações, e conseqüentemente diminuição da temperatura média e aumento do componente meridional do vento.

Historicamente, a partir da década de 1960, Vitória vem passando por acelerado processo de crescimento urbano, decorrente do desenvolvimento urbano-industrial do Espírito Santo, que ocasionou o aumento populacional, com aproximadamente 352.104 habitantes (IBGE, 2014), gerando uma intensa verticalização de seu espaço urbano, por meio das construções de edificações, bem como pelo aumento do fluxo de veículos automotivos na cidade, dentre outras conseqüências daí advindas (COSTA, 1992).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para que os objetivos propostos nesse estudo fossem alcançados, o mesmo foi dividido em diversas etapas iniciando-se com consulta de referencial bibliográfico abordando a temática do clima urbano.

Foram obtidas as imagens orbitais digitais gratuitas do satélite *Thematic Mapper-TM/Landsat-5*, Órbita 215, ponto 74, canais/bandas 1, 2, 3 e 6, o último correspondendo ao infravermelho termal (faixa espectral de 10,4 a 12,5  $\mu\text{m}$ ) com resolução espacial de 120 x 120m, nas

seguintes datas de passagem 27/05/2011 e 30/07/2011 e horário central 09h 28min e 09h 27min, respectivamente junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013ab).

As bases cartográficas utilizadas no presente estudo foram: Limite Municipal, Área Urbana, Bairros, Ortofotomosaico Digital 1/5.000 cedidas pela Coordenação de Geoprocessamento do Instituto Jones dos Santos Neves – IJSN/CGEO (2011).

A organização e tratamento todos os dados *raster* e vetoriais foram trabalhados no SIG ArcGIS 10.2.2 do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (LCGGEO/UFES) e foram ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 24 Sul com todo o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica sugerida por Lo & Yeung (2008) e Fitz (2008).

Inicialmente foi criando um projeto no SIG com a adição dos Planos de Informações abrangendo o município e adjacências, seguido da organização e tratamento dos dados *raster* com o georreferenciamento das imagens TM/Landsat-5 utilizando os parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e, finalmente, para graus Celsius (°C), conforme proposto por Chander *et al.* (2009), expressa nas Equações 1 e 2, inseridas na calculadora *raster* do *software* ArcGIS. Os elementos das fórmulas de conversão para radiância, bem como, a constante de calibração da banda termal, são apresentados nos Quadros 1 e 2, respectivamente.

$$L_{\lambda} = ((L_{max_{\lambda}} - L_{min}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + L_{min} \quad (1)$$

**Quadro 1.** Elementos e valores da fórmula de conversão para radiância

|         |   |
|---------|---|
| L λ     | Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts.                             |
| QCAL    | Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN.                                    |
| Lmin λ  | Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts = 0.000.          |
| LMax λ  | Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 17.040.                  |
| QCALMIN | O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a Lmin λ), em DN = 1. |
| QCALMAX | Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a LMax λ) no DN = 255.  |

**Fonte:** Chander et al. (2009).

Conforme mencionado, após a transformação dos valores em radiância aplicou-se a Equação 2 com a finalidade de transformar os valores obtidos na primeira, em temperatura de valor em Kelvin:

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

onde:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

K2 = Constante de calibração = 1.260,56

K1 = Constante de calibração = 607,76

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral em Watts / (metro quadrado).

**Quadro 2.** TM + Constante de Calibração da banda termal

|              | Constant 1 - K1 Watts / (metro quadrado ster ** mm) | Constant 2 – K2 Kelvin |
|--------------|---|------------------------|
| TM/Landsat-5 | 607,76  | 1.260,56               |

**Fonte:** adaptado de Chander et al. (2009).

Após este procedimento os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o *raster* de temperatura de superfície em graus Celsius (°C). Na sequência foi realizado o recorte com base nos limites municipais e reclassificação.

Posteriormente foi elaborado o mapa de uso e cobertura da terra com base na imagem de satélite TM/Landsat-5, datada em 30/07/2011, composta nas bandas RGB cor natural com a

combinação da banda 3 ao filtro azul, banda 2 ao filtro verde e a banda 1 associada ao filtro vermelho (3R; 2G; 1B), correspondendo, respectivamente, aos comprimentos de ondas azul, verde e vermelho, além do ortofotomosaico digital, para detalhamentos de alguns polígonos.

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) Urbano/Industrial: abrangendo os equipamentos residenciais, industriais e institucionais, a exemplo da Vale e da Arcelor; 2) Floresta/Manguezal/Restinga: abrangendo todas as áreas verdes com exceção da silvicultura; 3) Silvicultura, particularmente eucalipto; 4) Solo Exposto/Pastagem/cultura: abrangendo áreas sem equipamentos, com pastagem e culturas temporárias ou solo exposto; 5) Corpos d'água, compreendendo as águas superficiais do município; 6) Praia, correspondendo exclusivamente à porção arenosa junto a linha de costa exposta e 7) Afloramentos rochosos.

De posse dos dois produtos principais foram realizadas em ambiente SIG a elaboração de mapas temporais em escalas espaciais distintas e análises estatísticas obtendo valores para cada classe de uso e cobertura da terra nos intervalos de temperaturas com base na média geral da amostra,  $\leq 20,5^{\circ}\text{C}$ ;  $20,6^{\circ}\text{C}$  a  $24,5^{\circ}\text{C}$ ;  $24,6^{\circ}\text{C}$  a  $27,5^{\circ}\text{C}$ ;  $27,6^{\circ}\text{C}$  a  $30,5^{\circ}\text{C}$  e  $> 30,5^{\circ}\text{C}$ .

Para o acompanhamento das condições de tempo da passagem dos satélites, foram obtidas informações referentes às cartas sinóticas de superfície, de satélite e análise sinótica, obtidas no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2013ab) no site <http://www.cptec.inpe.br/>.

Quanto às informações referentes às variáveis meteorológicas, temperatura do ar e direção dos ventos, estas foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013) na plataforma Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) e também pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos na plataforma Banco de dados Meteorológico (CPTEC/BDM, 2013c).

O *software* WRPLOT View® foi utilizado para construir os gráficos de velocidade e direção dos ventos, bem como, demonstrar o comportamento dos ventos na área de estudo, para o dia 27/05/2011 sob influência da frente fria e para o dia 30/07/2011 sob influência da ASAS.

Para validação do produto gerado foi necessário realizar a parametrização da temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), registrada pelas estações meteorológicas que há no município, para os dias 27 de maio de 2011 e 30 de julho de 2011, com o pixel de temperatura de superfície ( $T_{sp}$ ) registrada pelo sensor na localização das estações nos dois dias.

As estações meteorológicas utilizadas no estudo foram, a estação meteorológica convencional do INMET localizada na Ilha de Santa Maria ao sul da área em estudo, a estação meteorológica automática do INMET, localizada no Campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sendo que os dados de ambas as estações foram disponibilizados pelo INMET na plataforma BDMEP; a terceira estação meteorológica utilizada foi a automática do Aeroporto Eurico Sales, mais conhecido como Aeroporto de Vitória. Os dados desta foram disponibilizados no Banco de Dados Meteorológicos (BDM) do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Os valores de temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) das estações utilizadas para validação dos produtos, bem como, os valores de temperatura de superfície ( $T_{sp}$ ) registrada pelo sensor na localização das estações, são apresentados abaixo na Tabela 1.

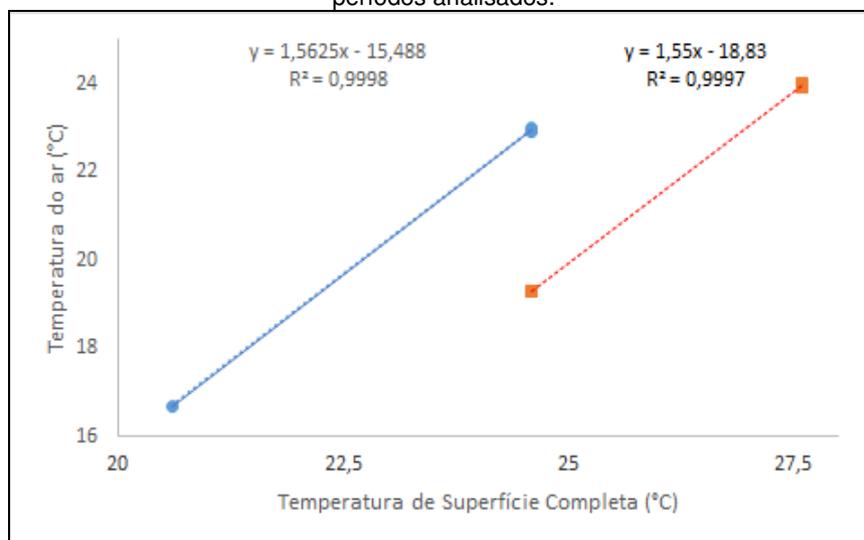
Ao analisar a Tabela 1 são observadas diferenças entre os valores de  $T_{ar}$  e  $T_{sp}$ , porém, conforme destacado por Weng (2010), a temperatura de superfície ( $T_{sp}$ ) apresentará, normalmente, valores mais elevados em relação à temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), uma vez que, a temperatura quantificada pelo satélite é a temperatura radiante da superfície.

Os coeficientes de determinação para os dois dias entre a temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) e a temperatura de superfície ( $T_{sp}$ ) registrada pelo sensor na localização das estações são apresentados na Figura 1. Observa-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o dia 27 de maio de 2011 foi de 0,9998 e para o dia 30 de julho de 2011 foi de 0,9997.

**Tabela 1.** Valores de temperatura do ar e temperatura de superfície

| ESTAÇÃO                     | Data de Análise | Temperatura     |         | Gradiente de Temperatura (°C) |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------|-------------------------------|
|                             |                 | Superfície (°C) | Ar (°C) |                               |
| 1 - Convencional INMET      | 27/05/2011      | 24,6            | 22,9    | 1,7                           |
|                             | 30/07/2011      | 27,6            | 23,9    | 3,7                           |
| 2 - Automática INMET (UFES) | 27/05/2011      | 20,6            | 16,7    | 3,3                           |
|                             | 30/07/2011      | 24,6            | 19,3    | 5,3                           |
| 3 - Aeroporto de Vitória    | 27/05/2011      | 24,6            | 23,0    | 1,6                           |
|                             | 30/07/2011      | 27,6            | 24,0    | 3,6                           |

**Figura 1.** Relação entre a temperatura de Superfície ( $T_{sp}$ ) e a temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) para os dois períodos analisados.



Fonte: INMET (2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

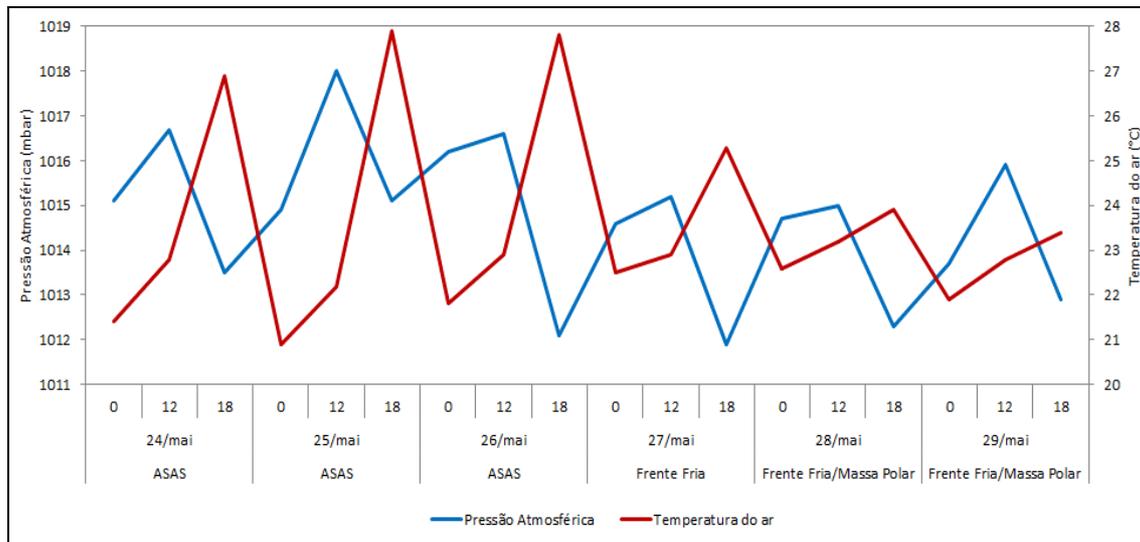
Após o processamento das imagens e aplicação dos algoritmos *Thermal*, foram obtidos os mapas da relação entre as classes de temperaturas superficiais e classes de uso e cobertura da terra para o município de Vitória, conforme sob a atuação de diferentes sistemas atmosféricos (Figuras 4 e 5).

No que se refere às classes de uso e cobertura da terra no município de Vitória, há o predomínio do *Urbano/Industrial* seguido da *Floresta/Mangue/Restinga* que ocupam 44,8 km<sup>2</sup> e 24,8 km<sup>2</sup>, respectivamente, abrangendo, ambas as classes, mais de 80% da área em estudo. A classe *Floresta/Mangue/Restinga* ocorre, sobretudo, na porção noroeste e centro sul como o Parque Estadual da Fonte Grande e a Estação Ecológica Ilha do Lameirão.

### CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ENTRE OS DIAS 24 A 29 DE MAIO DE 2011

As condições meteorológicas no município de Vitória, entre os dias 24 a 29 de maio de 2011 foram marcadas por atmosfera estável, com pouca nebulosidade e ventos fracos. As características do tempo nesse período, foram marcadas pelo domínio da ASAS. O comportamento das variáveis meteorológicas, pressão atmosférica e temperatura do ar, registrados pela estação convencional do INMET, podem ser observados na Figura 2. As caracterizações da velocidade e direção do vento neste período, registrados pela estação do Aeroporto de Vitória, apresentam-se na Figura 3.

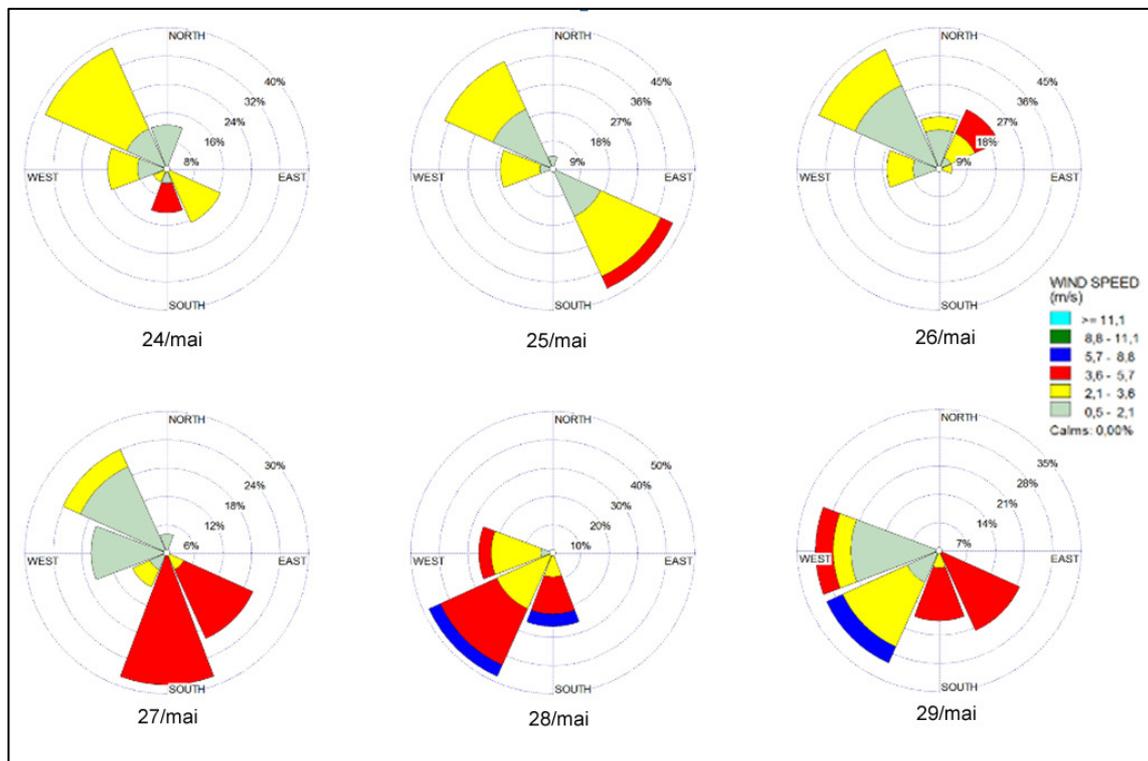
**Figura 2.** Evolução temporal da pressão atmosférica (mbar) em superfície, da temperatura do ar (°C) no período de 24 a 29 de maio de 2011



Fonte de dados: INMET (2013).

Sob o domínio da ASAS, entre os dias 24 a 26 de maio de 2011, verificou-se condições meteorológicas com céu claro e poucas nuvens. Neste período a pressão atmosférica manteve-se elevada, com média de 1014mbar, temperatura do ar média de 23,9°C (Figura 2), e direção do vento predominante NW, NE, N com velocidades entre 2,1 a 5,7m/s (Figura 3).

**Figura 3.** Evolução temporal da direção (em quadrante) e velocidade do vento ( $m s^{-1}$ ) no período de 24 a 29 de maio de 2011



Fonte de dados: CPTEC (2013b).

A análise da carta sinótica de superfície do CPTEC (2013b) para o dia 27/05/2011 indica que havia uma frente estacionária entre a Bolívia e o Mato Grosso do Sul, com o ramo frio sobre São Paulo e

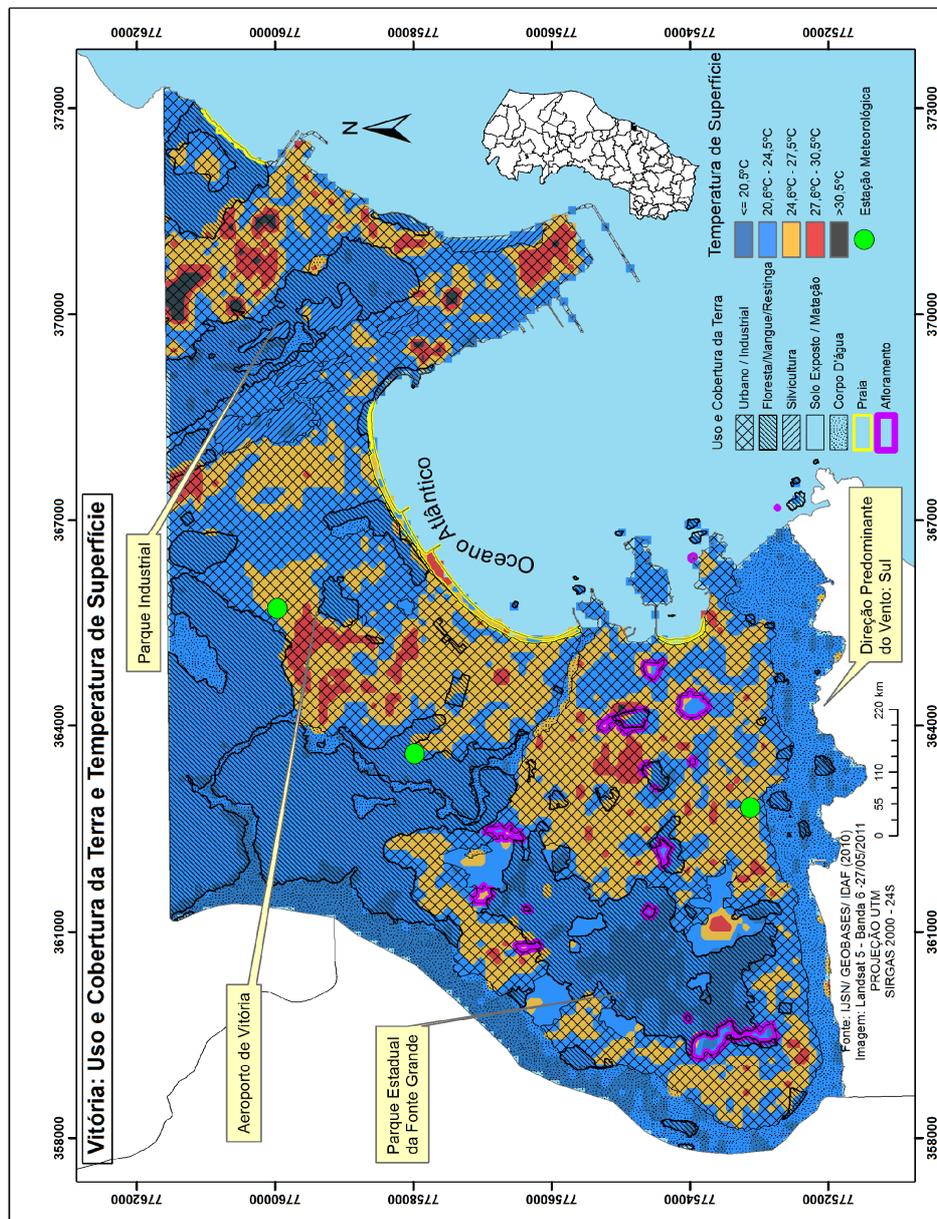
o Rio de Janeiro. A condição apresentada corroborou para que a direção do vento no município de Vitória neste dia fosse predominante S, e que houvesse queda da temperatura do ar.

A aproximação da frente fria no dia 27 de maio de 2011 provocou a queda da pressão, e na retaguarda da frente fria, a massa de ar polar, ocasionou a queda da temperatura do ar (Figura 2), bem como, a mudança na direção predominante do vento SE e S com velocidade entre 3,6 a 5,7 m/s, respectivamente, não havendo precipitação. Entre os dias 28 a 29 de maio de 2011 a temperatura permaneceu baixa e a direção predominante do vento foi de SE, S e W, com velocidade entre 0,5 a 8,8 m/s (Figura 3).

#### ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM 27 DE MAIO DE 2011 SOB INFLUÊNCIA DE FRENTE FRIA

Na Figura 4 observam-se o mapa da relação entre as classes de temperaturas de superfície do satélite TM/Landsat-5 e as classes de uso e cobertura da terra do município de Vitória (ES) no dia 27 de maio de 2011 e o horário 09h 28min, registrando temperatura de superfície mínima de 15,5°C, máxima de 35,2°C, média de 23,3°C e amplitude de 19,71°C.

**Figura 4.** Mapa da relação do uso e cobertura da terra com a temperatura de superfície (°C) para o município de Vitória no dia 27 de maio de 2011, às 9h e 28min, sob influência de frente fria.



Nesse dia os intervalos de temperatura de superfície que mais predominaram foram os de 20,6°C a 24,5°C e 24,6°C a 27,5°C, cobrindo 84,6% da superfície do município, sendo que a classe que predominou foi a de 20,6°C a 24,5°C, condição favorecida pela presença da frente fria, provocando diminuição na temperatura do ar e mudança da direção do vento, proporcionando a redução das temperaturas de superfície.

Na Figura 4 observa-se a ilha de calor na região do parque industrial, junto ao afloramento cristalino no bairro Santa Lúcia, ao sudeste da área em estudo, nas áreas de solo exposto do Aeroporto, e no entorno do Parque Estadual da Fonte Grande (PEFG) e também na região do bairro de Maruípe, com temperatura de superfície superior aos 30,5°C.

A formação dessas ilhas pode estar diretamente relacionada ao uso e cobertura da terra que, associados ao baixo calor específico e a pouca eficiência em seu mecanismo de dissipação de calor, contribuíram para as temperaturas elevadas obtidas no momento da passagem do satélite (Figura 4).

Diante do exposto, ressalta-se que no Parque Industrial pode haver associação ao calor originado pelos processos industriais de siderurgia, mineração, dentre outros, condição semelhante observado em Coelho (2013) e Holtz *et al.* (2012).

Em função da direção S do vento e a presença da frente fria, foi possível o registro de temperatura entre 20,6°C a 24,5°C no Parque Industrial e no Aeroporto.

No Parque Estadual da Fonte Grande (PEFG) houve o registro de temperatura de superfície abaixo de 20,6°C (Figura 4), evidenciando também o efeito da altitude aliado a condição sinótica apresentada. No PEFG há também uma diminuição temperatura que pode estar associada à cobertura florestal Ombrófila Densa, ali existente.

Próximo às áreas verdes como mangues, restingas, e corpos d'água (Figura 4), situados na porção sudoeste (PEFG), no entorno da baía de Vitória e adjacências do canal da Passagem, são encontrados os menores valores de temperaturas de superfície. Destaca-se que a condição sinótica apresentada também favoreceu o registro de baixos valores de temperatura de superfície na borda do litoral e na área de uso e cobertura da terra predominante urbano/industrial.

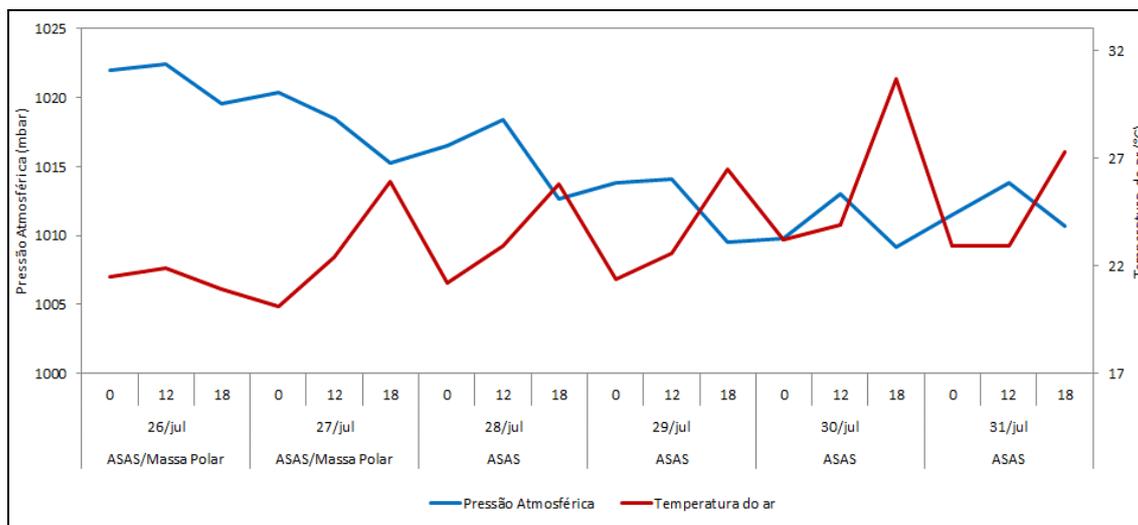
#### **CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO PERÍODO 26 A 31 DE JULHO DE 2011**

As condições meteorológicas no município de Vitória, entre os dias 26 a 31 de julho de 2011 foram marcadas, também, por atmosfera estável, com pouca nebulosidade e ventos fracos. As características do tempo nesses períodos foram marcadas pelo domínio da ASAS. O comportamento das variáveis meteorológicas, pressão atmosférica e temperatura do ar, registrados pela estação convencional do INMET podem ser observados na Figura 5. A caracterização da velocidade e direção do vento neste período, registrados pela estação do Aeroporto de Vitória, estão apresentados na Figura 6.

O comportamento da pressão atmosférica e da temperatura do ar no período de 26 a 31 de julho de 2011, foram influenciadas pela presença da ASAS. Deve-se ressaltar que no dia 24 de julho de 2011 houve passagem de uma frente fria sobre o Espírito Santo (CPTEC, 2013a), e que, conseqüentemente, a massa de ar polar na sua retaguarda, influenciou o registro de temperaturas do ar mais baixas no dia 26 de julho de 2011 (Figura 5), com direção do vento predominante S e NW e velocidade do vento variando entre 2,2 a 8,8 m/s (Figura 6). A partir de 27 de julho de 2011 essa massa de ar polar em processo de "tropicalização", também coopera para o estabelecimento da ASAS sobre a área em estudo.

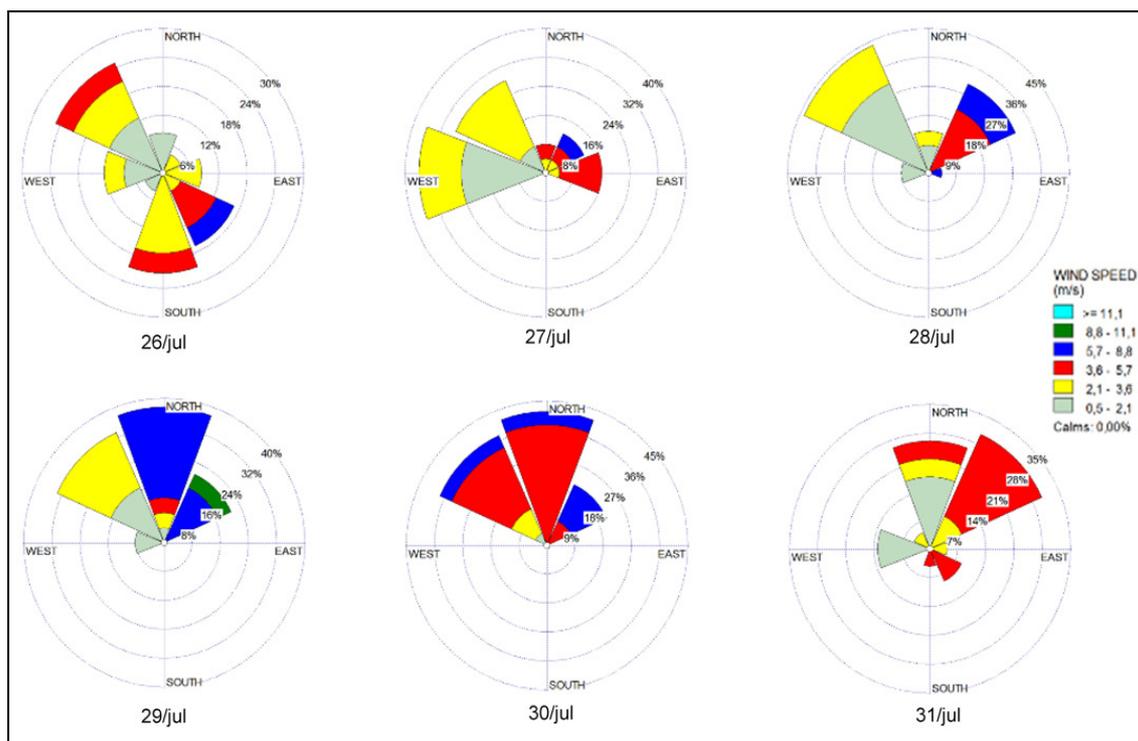
No período de 26 a 30 de julho de 2011, boa parte da região Sudeste, inclusive a área em estudo, estava sob a influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), fato que favoreceu o bloqueio da frente fria e a formação de uma frente estacionária que estava sobre a região Sul do Brasil resultando na diminuição de nuvens no céu e, conseqüentemente, aquecimento da superfície proporcionada pela incidência de radiação sobre o município de Vitória (CPTEC, 2013a). A condição apresentada favoreceu o aumento da temperatura do ar, bem como, a mudança na direção e velocidade do vento no período em questão, conforme podem ser visualizadas na Figura 6.

**Figura 5.** Evolução temporal da pressão atmosférica (mbar) em superfície e da temperatura do ar (°C) no período de 26 a 31 de julho de 2011.



Fonte de dados: INMET (2013).

**Figura 6.** Evolução temporal da direção (em quadrante) e velocidade do vento ( $m/s^{-1}$ ) no período de 26 a 31 de julho de 2011.



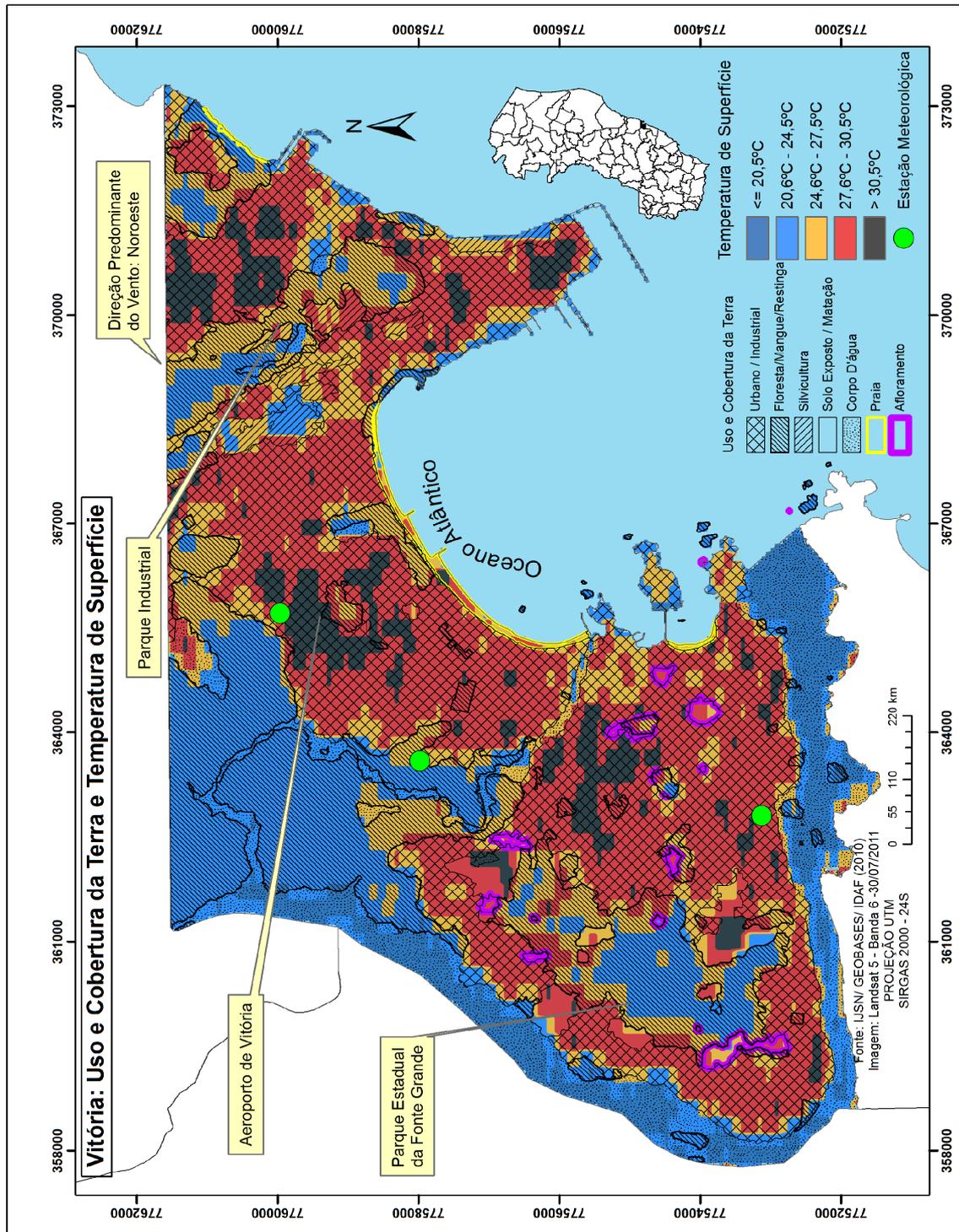
Fonte de dados: CPTEC (2013a).

A temperatura do ar aumentou a partir do dia 27 de julho 2011 atingindo o valor de 30,7°C no dia 30 de julho de 2011, o maior no período analisado e data da passagem do satélite. O campo do vento começa a mudar a partir do dia 27 de julho de 2011 com o predomínio de W e NW, com velocidade entre 2,1 a 8,8 m/s neste dia, e entre os dias 28 a 31 de julho de 2011, a direção do vento apresenta variação entre os quadrantes NW, NE e N, com velocidades entre 2,1 a 11,1 m/s. No dia da passagem do satélite a direção do vento foi predominante N, com velocidade entre 2,1 a 8,8 m/s.

### ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM 30 DE JULHO DE 2011 SOB INFLUÊNCIA DA ASAS

O mapa da relação entre as classes de temperaturas de superfície do satélite TM/Landsat-5 e classes de uso e cobertura da terra do município de Vitória (ES) em 30 de julho de 2011, horário 09h 27min, registrando temperatura de superfície mínima de 18,7°C, máxima de 35,9°C, média de 22°C e amplitude de 17,2°C apresentado na Figura 7.

**Figura 7.** Mapa da relação do uso e cobertura da terra com a da temperatura de superfície (°C) e para o município de Vitória no dia 30 de julho de 2011 às 9hs e 27min.



O intervalo de temperatura de superfície que mais predominou neste dia foi o de 27,6°C a 30,5°C, cobrindo 36,8% do território do município. Diferentemente do dia 27 de maio de 2011 que apresentou condições meteorológicas influenciadas pelo avanço da frente fria, e o intervalo de temperatura de superfície que predominou foi de 20,6°C a 24,5°C, correspondendo a 64,48% do município de Vitória (ES).

É possível observar na Figura 7, que as ilhas de calor ocorrem em todos os setores de classe de uso e cobertura da terra denominada *Urbano/Industrial* com temperaturas superiores a 30,5°C. As maiores extensões das ilhas correspondem às regiões como o Parque Industrial e o Aeroporto, situados na porção centro norte, algumas áreas de solo exposto no entorno do Parque Estadual da Fonte Grande (PEFG) e na área urbana do bairro de Maruípe, situada à direita do parque. Ressalta-se que durante dia 27 de maio de 2011, com a presença da frente fria e com a mudança na direção do vento, o comportamento dessas ilhas fora diferente.

Comparando a Figura 4 com a Figura 7, observam-se as ilhas de calor com temperatura de superfície superior aos 30,5°C, nas áreas de solo exposto do Aeroporto e no entorno do Parque Estadual da Fonte Grande (PEFG), bem como na região de Maruípe, situada à direita do parque, não aparecem na imagem do dia 27 de maio de 2011. A partir desse comparativo é possível evidenciar que a atuação de um determinado sistema atmosférico de escala sinótica influencia na minimização (frente fria) ou intensificação (ASAS) das ilhas de calor. Ainda em relação à Figura 7 no dia 30 de julho de 2011, os elevados valores de temperatura de superfície observados na região do Parque Industrial podem estar associados ao calor originado pelos processos industriais de siderurgia, mineração, conforme mencionado anteriormente. Mesmo o polo industrial localizado próximo ao oceano e sujeito ao efeito direto da maritimidade, as temperaturas permaneceram elevadas no momento da passagem do satélite. Resultados semelhantes foram observado por Coelho (2013) e Holz *et al.* (2012), para condição sinótica semelhante à apresentada nesse trabalho.

Nas regiões do Aeroporto e no entorno ao PEFG, que apresentam solo exposto, as ilhas de calor podem estar associado ao baixo calor específico e a pouca eficiência em seu mecanismo de dissipação de calor em decorrência dessa característica inerente ao solo exposto, fato que contribuiria para as temperaturas elevadas obtidas no momento da passagem do satélite no dia 30 de julho de 2011 (Figura 7). Outro fator que potencializa a elevada temperatura nesses ambientes é a ausência quase que total de áreas verdes, predominando materiais como concreto, asfalto, dentre outros, que geram inércia térmica e aumentando a temperatura do ar. As ilhas de calor não causam apenas desconforto térmico em ambientes de clima tropical, mas são responsáveis também, por aumento da demanda por energia, e por ambientes urbanos insalubres que afetam a saúde humana (SANT'ANNA NETO e AMORIM, 2009).

Próximo às áreas verdes ou corpos d'água (Figura 7) que estão situados na ilha do Boi, ilha do Frade, porção sudeste do território, como também na porção sudoeste, no entorno da baía de Vitória e adjacências do canal da Passagem, são encontrados os menores valores de temperaturas. Tal situação pode estar corroborando para a formação das "Ilhas de Frescor" (MENDONÇA, 1995). Além de proporcionar sombra, a vegetação ajuda a reduzir a temperatura de ar através do processo de evapotranspiração. Sobre esse aspecto Jardim (2010) lembra que a 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.

A temperatura de superfície na região do mangue manteve-se praticamente a mesma entre 20,6°C a 24,5°C tanto no dia 27 de maio de 2011 (Figura 4), quanto, no dia 30 de julho de 2011 (Figura 7), havendo somente um pequeno resfriamento nas bordas do mangue. Tal situação pode estar relacionada ao fato de que a vegetação funciona como um anteparo às perdas radiativas, logo, em dias com temperaturas menores, o resfriamento da superfície é menos intensificado. Por outro lado, a temperatura no bosque de mangue diminui muito mais no interior o bosque do que no dossel propriamente dito (VALE, 2004), fato que pode justificar o comportamento da temperatura da área coberta pelo mangue na área em estudo.

A amplitude térmica da superfície observada tanto no dia 27 de maio de 2011 (Figura 4), quanto no dia 30 de julho de 2011 (Figura 7) está relacionada diretamente a resposta da radiação dos materiais e dos diversos usos que são realizados no território em questão, a exemplo do Parque Industrial, da Vale e da Arcelor, todos situados no extremo norte do município de

Vitória, registrando valores máximos, com as áreas próximas aos corpos d'água e áreas verdes que registram valores mínimos.

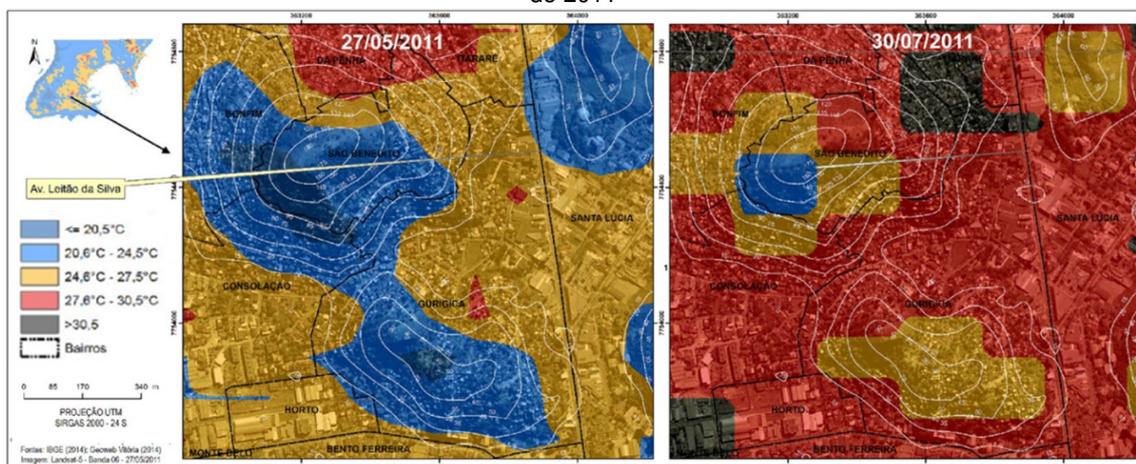
### **CAMPO TÉRMICO DA SUPERFÍCIE E TOPOGRAFIA**

Conforme destacado por Fialho (2009; 2012), as feições relacionadas à orientação e inclinação das vertentes, a posição geográfica, juntamente com o movimento aparente do sol, favorece a diferenciação do balanço de energia, por meio de sombreamento das encostas, modificando os padrões espaciais e temporais dos elementos do clima. Abaixo é analisada a influência da topografia sobre o campo térmico da superfície para o dia 27 de maio de 2011 e 30 de julho de 2011. Observa-se na Figura 8, com a aproximação da frente fria e mudança na direção do vento no dia 27 de maio de 2011, há a intensificação do efeito “fator topográfico” no balanço de energia, por meio do aumento da área de sombreamento da encosta em relação ao dia 30 de julho de 2011.

A análise do evento no dia 27 de maio de 2011, evidencia menores temperaturas nos pontos mais altos e reversos dos maciços e, em contrapartida há o registro de maiores temperaturas nas menores altitude e base dos maciços, no momento da passagem do satélite.

É possível observar que no reverso do Morro do São Benedito há o registro das menores temperaturas, porém, destaca-se que mesmo na área onde há pouca vegetação. No dia 30 de julho de 2011, há o registro de altas temperaturas na cota máxima de elevação do morro do São Benedito (175 metros), essa condição é influenciada pela alta taxa de construção e ausência de vegetação, enquanto no reverso, observa-se a queda da temperatura proporcionada pela baixa incidência da radiação solar ocasionado pelo fator topográfico/inclinação da vertente, em direção ao bairro Bonfim e Consolação, no momento da passagem do satélite, revelando que o fator topográfico interferiu no balanço de energia, por meio do sombreamento da encosta.

**Figura 8.** Mapa da temperatura de superfície e topografia para os dias 27 de maio de 2011 e 30 de julho de 2011



Fonte: IJSN/CGEO (2011); INPE (2013a).

### **PERCENTUAIS DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS INTERVALOS DE TEMPERATURA**

Abaixo, na Tabela 2, é apresentado o resultado do uso e cobertura da terra em relação aos intervalos de temperaturas de superfície (°C) expressos em percentuais para os dias 27 de maio de 2011 e 30 de julho de 2011.

A classe *Urbano/Industrial* apresentou intervalo de temperatura > 30,5°C representando 1,3% do total da classe, e 8% no intervalo de temperatura 27,6°C a 30,5°C, ambos no dia 27 de maio de 2011, em contrapartida, a mesma classe, no dia 30 de julho de 2011, apresentou um percentual de 64,3% no intervalo de temperaturas entre 27,6°C a 30,5°C e de 14% no intervalo de temperatura > 30,5°C. Estes valores elevados, muito provavelmente são em função dos materiais que predominam nesses locais, tais como o asfalto, o concreto, os metais (zinco) e as

telhas de amianto. O elevado adensamento das residências, a baixa presença de áreas verdes, a pouca circulação, a topografia plana, dentre outros.

**Tabela 2.** Percentuais de uso e cobertura da terra em relação aos intervalos de temperatura para o dia 27 maio de 2011 e 30 de julho de 2011

| Intervalos de Temperaturas em Celsius (°C)                | Afloramento (%) |     | Floresta / Mangue / Restinga (%) |     | Praia (%) |     | Silvicultura (%) |     | Solo Exposto / Matação (%) |     | Urbano / Industrial (%) |     | Corpo D'água (%) |     |
|---|-----------------|-----|----------------------------------|-----|-----------|-----|------------------|-----|----------------------------|-----|-------------------------|-----|------------------|-----|
|   | a*              | b*  | a*                               | b*  | a*        | b*  | a*               | b*  | a*                         | b*  | a*                      | b*  | a*               | b*  |
| Datas das Imagens →                                       |                 |     |                                  |     |           |     |                  |     |                            |     |                         |     |                  |     |
| <= 20,5   | 0               | 13  | 1                                | 16  | 3         | 0   | 1                | 6   | 0                          | 3   | 1                       | 1   | 51               | 35  |
| 20,6 - 24,5   | 6               | 60  | 57                               | 81  | 14        | 35  | 24               | 91  | 7                          | 77  | 4                       | 46  | 36               | 62  |
| 24,6 - 27,5   | 34              | 25  | 32                               | 3   | 39        | 46  | 46               | 3   | 20                         | 17  | 17                      | 44  | 10               | 2   |
| 27,6 - 30,5   | 59              | 2   | 10                               | 0   | 36        | 19  | 28               | 0   | 57                         | 4   | 64                      | 8   | 2                | 0   |
| > 30,5  | 2               | 0   | 0                                | 0   | 7         | 0   | 0                | 0   | 16                         | 0   | 14                      | 1   | 0                | 0   |
| <b>Total</b>  | 100             | 100 | 100                              | 100 | 100       | 100 | 100              | 100 | 100                        | 100 | 100                     | 100 | 100              | 100 |
| a = 30/07/2011 sob influência da ASAS e vento norte       |                 |     |                                  |     |           |     |                  |     |                            |     |                         |     |                  |     |
| b = 27/05/2011 sob influência de frente fria e ventos sul |                 |     |                                  |     |           |     |                  |     |                            |     |                         |     |                  |     |

Destaca-se também que 46% da classe *Urbano/Industrial* no dia 27 de maio de 2011 estavam no intervalo de temperatura 20,6°C a 24,5°C e durante o dia 30 de julho de 2011 somente 17%. Sendo assim, a comparação estatísticas entre os intervalos de classes, evidencia que durante atuação da ASAS, há o aumento da temperatura e intensificação das áreas já mais aquecidas, e sob influência de frente fria há minimização das áreas mais aquecidas, evidenciando que as ilhas de calor, são mais intensas ou aumentam de acordo com a dinâmica atmosférica, corroborando com as proposições teóricas e metodológicas de Monteiro (1990), Brandão (2003), Sant'Anna Neto e Amorim (2009), Fialho (2009; 2012;), Assis (2010) e Amorim e Monteiro (2011).

A análise dos percentuais de uso e de cobertura da terra em relação aos intervalos de temperatura para o dia 27 de maio de 2011 na Tabela 2 apresenta que todas as classes de uso e de cobertura da terra tiveram o maior percentual no intervalo de temperatura de 20,6°C a 24,5°C, porém, no dia 30 de julho de 2011 os maiores percentuais foram registrados nos intervalos 24,6°C a 27,5°C e 27,6°C a 30,5°C.

As classes *Florestas/Mangue/Restinga* e *Silvicultura* apresentaram os maiores percentuais nesse intervalo 80,7% e 91,2%, respectivamente, no dia 27 de maio de 2011, sob a influência da frente fria. Entretanto, sob a influência da ASAS apresentaram 57% e 24%, respectivamente. Assim, pode-se afirmar que a presença da vegetação tem papel fundamental para amenizar temperaturas durante o dia. Para Gartland (2010) árvores e vegetação reduzem as ilhas de calor produzindo sombras para edifícios, áreas construídas e pessoas, protegendo-as do sol e mantendo as superfícies mais frescas, reduzindo, ainda, o calor que é transferido para o ar acima. Ainda segundo a autora, “durante o processo de fotossíntese, as árvores e vegetações utilizam um processo chamado evapotranspiração para mantê-las frescas.” (p.135). Por outro lado, a água que escoia pelos troncos e galhos da vegetação não vai diretamente para a atmosfera como vapor d'água, e abastece os lençóis freáticos e tornando o ambiente mais saudável na cidade.

A classe *Praia* apresentou os maiores percentuais 35,1% e 45,9% nos intervalos de temperatura de superfície entre 20,6°C a 24,5°C e 24,6°C a 27,5°C, respectivamente no dia 27 de maio de 2011. Todavia, no dia 30 de julho de 2011, esta mesma classe apresentou percentuais 39,0% e 36% nos intervalos de temperatura 24,6°C a 27,5°C e 27,6°C a 30,5°C, respectivamente. Estes elevados valores nos dois dias analisados podem estar relacionados ao fato da areia da praia ser clara e possuir um elevado albedo.

Na classe *Corpo D'água* observa-se o predomínio de temperaturas de superfície entre 20,6°C a 24,5°C que corresponde 62% no dia 27 de maio de 2011 sob influência da frente fria, porém,

para o dia 30 de julho de 2011 sob influência da ASAS, observa-se o predomínio de temperatura de superfície  $\leq 20,5^{\circ}\text{C}$  para essa classe, que correspondem a 51% nos intervalos de temperatura. A diferença entre valores podem ser explicados pela estratificação térmica dos corpos d'água, energia térmica radiante disponível, propagação de calor na água, ventos e fatores diversos do ecossistema.

Por fim, no intervalo de temperaturas entre  $27,6^{\circ}\text{C}$  a  $30,5^{\circ}\text{C}$ , duas classes de uso e de cobertura da terra chamam a atenção por concentrarem grande porcentagem neste intervalo: *Solo Exposto/Matação* com o percentual de 57,3% e *Afloramento* com 59% no dia 30 de julho de 2011. O maior percentual de temperaturas  $>30,6^{\circ}\text{C}$  foi na classe de *solo Exposto/Matação*, com 16,2%, conforme supracitado, tais situações estão associadas ao baixo calor específico e a pouca eficiência em seu mecanismo de dissipação de calor em decorrência dessa característica. É possível observar no dia 27 de maio de 2011, sob influência da frente fria, que essas classes de uso e de cobertura da terra apresentaram baixo percentual.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o exposto, o presente trabalho comprovou que a utilização do sensor infravermelho termal é uma importante técnica para obtenção da temperatura de superfície da cidade em condições sinóticas diferentes. Tal situação evidencia que o conhecimento dos sistemas atmosféricos que atuam na região é de fundamental importância antes concluir trabalhos que façam análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor ou núcleos térmicos.

Com a utilização do sensor infravermelho termal foi possível verificar que à aproximação da frente fria com vento predominante sul foi preponderante para minimização das ilhas de calor, e que durante a atuação da ASAS estes fenômenos são mais intensos, evidenciando que os tipos de tempo são os principais fatores controladores da intensidade desse fenômeno, conforme destacam Monteiro (1990), Brandão (2003), Fialho (2012) e Assis (2010).

O estudo evidenciou que a utilização dessa técnica muito pode contribuir na perspectiva do planejamento urbano, na medida em que são definidos padrões na distribuição da temperatura da superfície de acordo com o uso e cobertura da terra. Os resultados extraídos durante a passagem do satélite evidenciaram áreas no município de Vitória com intensa emitância termal como áreas construídas, pavimentadas, telhados e outras superfícies típicas da paisagem urbana, bem como a distribuição heterogênea dessas respostas, resultando em temperaturas elevadas, sobretudo no dia 30 de julho de 2011.

Por fim, a produção do clima urbano no município de Vitória é resultado da interação dos fatores urbanos, com o clima regional e com o meio físico. Por isso, o ideal é examinar os padrões meteorológicos da região, estabelecendo as relações existentes entre o sítio urbano e as diversas funções desenvolvidas no espaço, expressas através do uso e da cobertura da terra.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES), pela bolsa de mestrado ao primeiro autor, também ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) pelas Imagens de Satélite e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados climatológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M.C.C.T. O.; Monteiro, A. **As temperaturas intraurbanas: exemplos de Brasil e Portugal.** Confins. Revista Franco-Brasileira de Geografia, n.13, 2011, p. 1-17.

ANDRADE, H. O clima urbano: Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra**, Lisboa, v. 50, n. 80, 2005. pp. 67-91.

ASSIS, W. L.: **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial.** Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010, 299f.

BRANDÃO, A.M de P.M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: **Clima Urbano.** Mendonça, F; Monteiro, C.A de F. (Org.) São Paulo: Contexto, 2003, p 121 – 153.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Análise Sinótica de Superfície do dia 30/07/2011.** 2013. Disponível em: <[http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise\\_30072011.pdf](http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise_30072011.pdf)>. Acesso em: 20 de julho de 2013a.

\_\_\_\_\_. **Análise Sinótica de Superfície do dia 27/05/2011.** 2013. Disponível em: <[http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise\\_27052011.pdf](http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise_27052011.pdf)>. Acesso em 20 de julho de 2013b.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados meteorológico.** Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 20 de julho de 2013c.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L.: Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, 2009, 113, p. 893-903.

COELHO, A.L.N.; CORREA, W.S.C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**. Boa Vista: v. 7, n.1 p. 31-45, 2013.

COELHO, A.L.N. Distribuição das Classes de Temperatura de Superfície a Partir da Faixa do Infravermelho Termal do Sensor TM/Landsat-5 no Município de Vitória (ES). XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Sensoriamento Remoto, 2013, p.826-833.

CORREA, W.S.C. **Comportamento dos elementos climáticos, temperatura e precipitação, no Município de Vitória (ES) no período de 1978 a 2007.** Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

COSTA, R.B. **Adversidades climáticas em Vitória?** Vitória, Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo/ Prefeitura Municipal de Vitória, 1992.

FIALHO, E. S. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009, 248f.

\_\_\_\_\_. Ilha de Calor: Reflexões acerca de um conceito. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76.

FITZ, P.R. Geografia Tecnológica. In: **Geoprocessamento sem complicação**, Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2008. p. 19-29.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248 p.

HOLZ, S.; LORENA, R. B.; MARCHIORO, E. O uso de sensoriamento remoto para análise do campo térmico da superfície urbana completa do município de Vitória (ES). **Revista GeoNorte**, v. 2, 2012, p 1674-1682.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2014 (Estimativa da População publicada no DOU em 28 de agosto de 2014).

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

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. **Mapeamento Geomorfológico do Espírito Santo**. Vitória/ES, 2012.

IJSN/CGEO – Instituto Jones dos Santos Neves Coordenação de Geoprocessamento. **Ortofotomosaico 1:5.000 e Planos de Informações**. Vitória/ES, 2011.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa**. Brasília, 2013.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens TM/Landsat-5, Órbita 215, ponto 74, com data de passagem 27/05/2011 e horário central 9:28 h**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/cdsr/>>. Acesso em: 20 de julho de 2013a.

\_\_\_\_\_. .. **Catálogo de imagens TM/Landsat-5, Órbita 215, ponto 74, com data de passagem 30/07/2011 e horário central 9:27 h.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/cdsr/>>. Acesso em: 20 de julho de 2013b.

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.

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas.** Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007, 334f.

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

LANDSBERG, H. E. O Clima das Cidades. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, 2006, p. 95-111.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

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.

MATTIUZZI, H. V.; MARCHIORO, E. O comportamento dos ventos em Vitória (ES): a gestão e interpretação dos dados climáticos. **Revista GeoNorte**, v. 2, 2012, p. 983-993.

MARCHIORO, E. A incidência de Frentes Frias no Município de Vitória (ES). **Acta Geográfica**, v. 7, p. 49-60, 2012.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR.** Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. 322f.

\_\_\_\_\_. Clima e planejamento urbano em Londrina. Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo higrométrico. In: Monteiro, C. A. de F.; Mendonça, F. (Org.). **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

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, 1990, p.7-140.

\_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano – um projeto e seus caminhos.** In: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. (Org.) (2003). Clima urbano. São Paulo: Contexto, p. 9-67.

OKE, T. R.: **Boundary Layer Climates.** Londres: Routledge, 2ª ed.1987. 435 p.

\_\_\_\_\_. **Thermal remote sensing of urban climates. Remote sensing of environment,** New York. 86, n. 3, p. 371–384, 2003.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas desensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010).** Dissertação (Mestrado em Geografia)– Instituto de Estudos Sociais - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. 96f.

RADAMBRASIL - **Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra.** v. 32, Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória, 1983. IBGE, 775 p.

RAO, P. K. **Remote sensing of urban "heat islands" from an environmental satellite.** Bulletin of the American Meteorological Society, Boston, 1972, v.53, p.647-648.

SANT'ANNA NETO, J.L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1,2005, p. inicial e final?

SANT'ANNA NETO, J.L.; AMORIM, M.C.C.T. O. Clima e segregação sócio espacial em cidades tropicais de porte médio. In: XII ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA. **Anais...** Montevideo. 2009.. Disponível em: <[http://egal2009.easyplanners.info/area07/7376\\_undefined\\_undefined.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7376_undefined_undefined.pdf)>. Acesso em: 01 de agosto de 2013.

VALE, C. C. **Séries geomórficas costeiras do Estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica.** Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VAREJAO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Recife, 2005.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Complete urban surface temperatures. **Journal of applied meteorology**, New York, 1997, v.36, n.9, p. 1117-1132.

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

Weng, Q. **Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.69. 2003.