

Análise do Campo Térmico do Município de Vitória Através de Produtos Landsat-8/TIRS/OLI.

Rafael Justino de Jesus¹
André Luiz Nascentes Coelho²

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia
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
just_rafael@yahoo.com.br

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia
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

Abstract. This work aims in performing the mapping of the thermal field of the city Vitoria from the use of matrix products derived from Landsat-8 TIRS / OLI. Thermal infrared, in surface temperature measured in Celsius - some algorithms for the transformation of the gray levels present in the band 10 were applied. From the Maximum Likelihood classifier was possible to map use and land cover checking for urban, industrial areas, forests, water bodies, bare soil, forestry, beach and rocky outcrop. The result of the mapping allowed us to observe that urban and industrial areas are those with the highest temperatures ranging from 27.1 ° C to 29 ° C and areas with significant vegetation cover the lower temperatures, turning around 23.1 ° C at 25 ° C - validating the importance of the presence of green areas within the city area and the influence of urbanization - verified by vertical and intense use of concrete and asphalt in increasing the thermal gradient from the surface. The joint analysis of the two mappings has shown potential areas with rates of heat islands and freshness, contributing in government decision making and use of Remote Sensing and Geographic Information Systems in Urban Planning.

Palavras-chave: Remote Sensing, Urban Climate, Infrared Thermal Image. Sensoriamento Remoto, Clima Urbano, Imagem Infravermelho Termal.

1. Introdução

As relações entre homem e meio por intermédio do trabalho e da técnica efetivam diversas formas no espaço geográfico, sendo a cidade uma das principais materializações. Como segunda natureza passa a apresentar características físico-ambientais que outrora não eram assinaladas, destacando-se como a maior “expressão social do espaço produzido, transformada e adaptada para atender as necessidades dos seres humanos” (LOMBARDO, 1985:17). Neste sentido observa-se que atuação do homem sobre o espaço contribui para transformações sobre ele, possibilitando o desenvolvimento de diversos fenômenos de caráter socioambiental. Mudanças no uso e na cobertura do solo podem ser os responsáveis diretos por transformações de determinada área, provocando algumas alterações no âmbito social, na supressão do porte vegetativo, no ciclo hidrológico, na perda de habitats, no empobrecimento e degradação do solo, bem como nos aspectos climáticos. No espaço urbano, o clima terá uma característica singular, pois nesta escala as interferências feitas pelo homem como impermeabilização, verticalização e emissão de poluentes possibilitará o desenvolvimento de um clima específico: o clima urbano, que refletirá, sobretudo na intensidade das precipitações, em níveis de umidade do ar e no desenvolvimento de núcleos de calor.

Ao construir cidades os homens engendram enorme quantidade de novos materiais e equipamentos no ambiente natural originando um novo ambiente/natureza, e que a intensidade das alterações imprimidas no ambiente precedente será razão direta da qualidade e quantidade dos elementos nele introduzidos (MENDONÇA, 1994:7).

Conforme Araújo (2006, *apud* Ideião, *s/a et al*) o espaço urbano será um grande influenciador da mudança do clima em sua espacialidade, pois considera-se que a camada de ar sobre o solo é mais quente sobre as cidades do que nas áreas rurais, tendo em vista os seguintes fatores: contingente populacional, emissão de gases pelos veículos, diminuição das áreas verdes, etc. A cidade é um grande centro consumidor de energia, e toda vez que a mesma é utilizada, parte é liberada para o ambiente.

Neste contexto o Sensoriamento Remoto - SR e os Sistemas de Informações Geográficas – SIG's, contribuem no fornecimento e gerenciamento de informações que possibilitam a criação de dados sobre o espaço analisado. Nichol (1996) destaca que o SR proporciona um importante banco de dados relacionados à temperatura sobre parte ou sobre o todo de determinada cidade. Já Teza e Baptista (2005) evidencia que a associação dos dados de sensoriamento termal com a modelagem digital de terrenos tem sido um importante mecanismo para a compreensão do contexto no qual se encontra a cidade. E Jensen (2009:251) declara que “objetos que tem temperatura acima do zero absoluto emitem energia eletromagnética”. Deste modo, compreende-se que a partir da utilização de dados do Sensoriamento Remoto é possível observar e compreender as condições gerais da dinâmica térmica espacial para o município de Vitória no ano de 2014.

2. Metodologia de Trabalho

Para o desenvolvimento da pesquisa alguns procedimentos foram adotados. Inicialmente buscou-se uma seleção de referências bibliográficas sobre o assunto, disponíveis por meio de teses, dissertações, artigos e livros, seguido pela coleta das imagens orbitais do satélite *Landsat 8* (USGS, 2013), sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) - órbita 216, ponto 74, com data de passagem 23/08/2014 e horário central 9:45. Para a confecção dos mapas e da Temperatura de Superfície – TS, foram utilizadas as 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.

Os planos de informações em formato *shapefile* foram manipulados pelo *software* de geoprocessamento ArcMap 10.1, constituindo-se num Sistema de Informação Geográfica ou como define Moreira (2005:258) “geotecnologia que permite inserir e integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagens de satélite, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de rede e de modelo numérico de terreno”. Destaca-se que todo o mapeamento realizado seguiu uma padronização cartográfica, apresentando as definições de projeções em UTM, DATUM WGS-1984 Zona 24 Sul, além de outras informações relevantes como a toponímia, fontes de informações, direção do norte, escala gráfica, legenda e um título representativo (FITZ, 2008; NOGUEIRA, 2008; JOLY, 1990).

Para mapear o campo térmico de Vitória adotou-se a contribuição metodológica proposta pelo USGS que apresenta coeficientes de calibração radiométrica e obtenção de temperaturas medidas em Celsius ($^{\circ}\text{C}$), para canais do infravermelho termal do *Landsat 8*. Destarte, a temperatura aparente ou campo térmico foi mapeado a partir da transformação do número digital de cada pixel da banda termal, isto é, a conversão dos dados radiométricos em dados de temperatura aparente com valores em Kelvin (K). Após este procedimento, os valores de

temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto 273,15 (JENSEN, 2009), concebendo um produto matricial de Temperatura da Superfície em graus Celsius (°C).

Os procedimentos técnicos para a obtenção da temperatura de superfície do município de Vitória para o mês de agosto de 2014 são assim descritos:

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \quad (1)$$

Tabela 1. Fórmula de Conversão para Radiância.

L_{λ}	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

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

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_{λ}	Radiância espectral em Watts/(m ² sr μm)

Para a realização do mapeamento do uso e cobertura da terra utilizou-se as bandas 2, 3 e 4 do satélite *Landsat-8* seguido pelo processamento de composição de bandas – cor natural: R4, G3, B2 e da fusão com a banda 8 – pancromática, com a finalidade de aperfeiçoar a escala espacial dos produtos matriciais para 15 metros. Após foi realizado o processo de classificação do uso e cobertura da terra a partir do emprego da técnica de classificação automática supervisionada da Máxima Verossimilhança – MAXVER. Essa técnica num dos métodos supervisionados mais empregados em Sensoriamento Remoto, baseando-se na escolha de áreas que possam ser representativas de determinadas feições conhecidas. Nele são utilizadas a média e a covariância dos pixels amostrados, sendo calculada a probabilidade de um pixel externo a essas amostras pertencer a elas (FITZ, 2008). A distribuição dos valores da imagem em uma área de treinamento é descrita por uma função de probabilidade, onde a possibilidade de ter uma radiometria R similar a classe Ci - parâmetro do intérprete, estimada na estatística Bayesiana (RENNÓ, 1998).

3. Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os valores de temperatura de superfície para o município de Vitória no ano de 2014 por meio da conversão dos níveis de cinza oriundos da imagem termal do satélite *Landsat-8*. Ela apresenta temperatura máxima de 40,4°C e uma mínima de 21,3°C, exibindo uma amplitude térmica de 19,1°C. É importante destacar que os valores encontrados correspondem ao exato momento de varredura do satélite, ou seja, as 09h45m do dia 23/08/2014; De acordo com as informações contidas nas imagens, o azimute solar – que

mostra a direção do raio do Sol em relação ao Norte, apresenta o valor de 46.39144079 e a Elevação solar – inclinação dos feixes luminosos numa superfície, exprime o valor de 46.46381279. Neste sentido, além de outros critérios deve-se também levar em conta as informações referentes à insolação no momento da passagem do sensor remoto.

No dia da varredura observou-se sobre o Brasil uma intensa área anticiclônica, que reflete na camada média/baixa da troposfera, possibilitando uma estabilidade e baixa umidade relativa do ar entre o sudeste ao sul do país, além da presença de uma elevada temperatura, configurando uma onda de calor por todo o centro-sul do Brasil (CPTEC, 2014), favorecendo o aquecimento da superfície no município de Vitória. O referido mês no Espírito Santo constitui-se num dos períodos de inverno mais secos devido a constante presença das massas de ar frias e também a frequente ocorrência de fenômenos como a inversão térmica. A temperatura máxima fica na faixa dos 27°C com mínimas de 17°C (INCAPER, 2014).

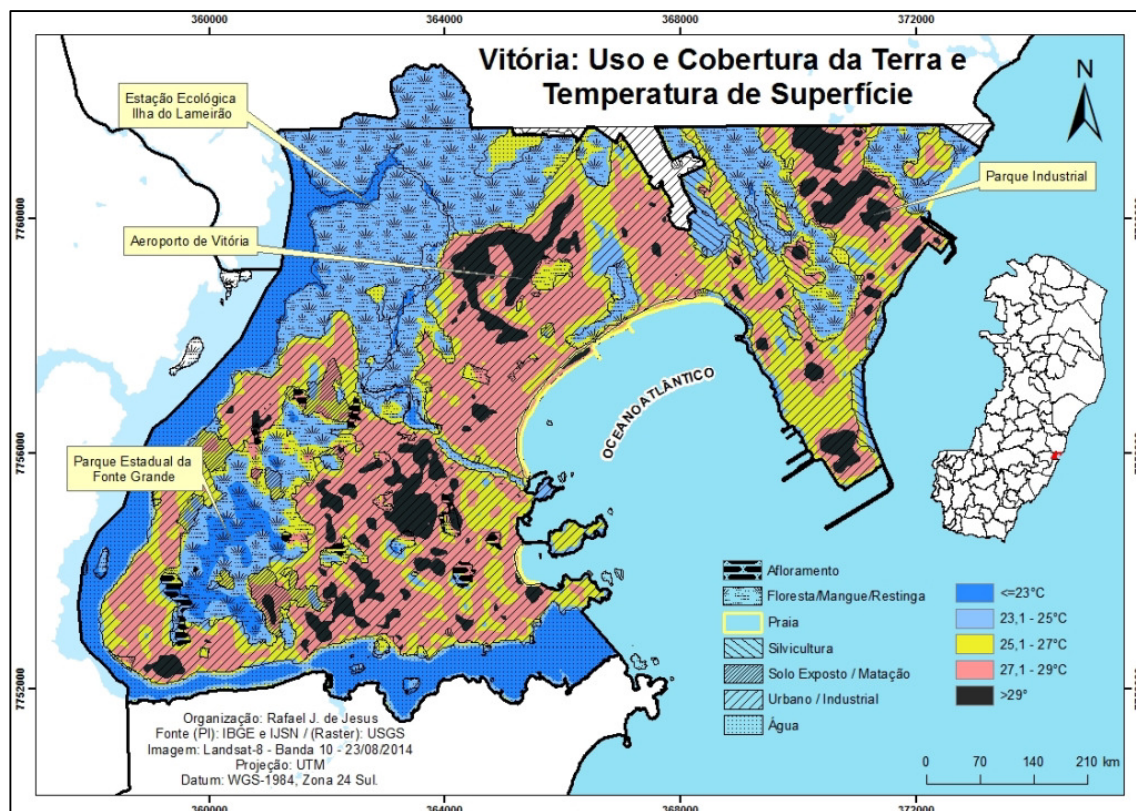


Figura 1: Mapa da Temperatura de Superfície do município de Vitória. Agosto/2014.

A Figura 1, elaborada em ambiente SIG, gerou intervalos de temperatura assim destacados: $\leq 23^{\circ}\text{C}$, $23,1^{\circ}\text{C}$ a 25°C , $25,1^{\circ}\text{C}$ a 27°C , $27,1^{\circ}\text{C}$ a 29°C e valores acima de 29°C . Constata-se uma presença bastante heterogênea entre os intervalos térmicos, associado a diversos fatores geocológicos como a latitude e altitude e/ou principalmente aos distintos usos e coberturas da terra verificados em Vitória, confluindo com os resultados encontrados em Pereira, et al. (2012) e Souza e Ferreira Júnior (2012).

O mapeamento térmico revelado pela Figura 1 destaca que as áreas efetivamente urbanizadas e industriais são aquelas que apresentaram os maiores índices térmicos, concentrando entre $27,1^{\circ}\text{C}$ e 29°C e picos com elevação superior a 29°C , principalmente na porção sudeste e nordeste de Vitória, abrangendo os bairros Itararé, Da Penha, Gurigica, Santa Lúcia, De Lourdes, Ilha de Santa Maria, Andorinhas, Santa Luzia, Santa Martha e Jardim da Penha, além do complexo industrial encontrado no final da porção continental de Vitória.

Esse efetivo gradiente térmico está associado a uma significativa ausência de áreas verdes, mas relevante no uso de materiais como o asfalto e concreto – retendo maior radiação por onda curta e emitindo em menor quantidade a radiação por onda longa. Sobre este aspecto verifica-se que:

A formação de condições climáticas intraurbanas, derivadas diretamente da heterogeneidade tanto do sítio quanto da estruturação e funcionalidades urbanas, gerando paralelamente ao clima da cidade (clima local/urbano), bolsões climáticos intraurbanos diferenciados (ilhas de calor, ilhas de frio, mesoclimas, topoclimas e microclimas) carece ainda de mais atenção dos estudiosos do clima das cidades (MENDONÇA, 1994:24).

Ao noroeste do município de Vitória foram identificados valores de temperatura de superfície menores do que na área anterior. Isso se deve a presença de uma robusta área florestal, caracterizado pela presença do ecossistema manguezal, especialmente na Estação Ecológica Ilha do Lameirão – um dos maiores manguezais localizados em ambiente urbano do mundo. Os índices térmicos da área geraram polígonos com temperatura entre 23,1°C e 25°C. De acordo com Schuch (2006) é comprovado que a vegetação assume benefícios que vão desde a melhoria no microclima através da diminuição da reflexão da radiação e por meio do aumento da umidade atmosférica. A cobertura vegetal arbórea possibilita uma melhoria térmica no ambiente urbano apesar da temperatura à sombra ficar apenas poucos graus mais baixos que ao sol, mas sente-se conforto por não haver insolação direta. Além das áreas vegetadas, a arborização de ruas pode abrandar o processo de aquecimento e amenizar as denominadas ilhas de calor.

No centro da Figura 1 encontra-se o maciço central local onde também está situado o Parque Estadual da Fonte Grande. Nele e nos arredores a temperatura de superfície apresentou baixos valores que variaram entre aqueles inferiores <23°C até os 25°C. Esse resultado exhibe a grande importância da presença da cobertura vegetal como amenizadora dos efeitos térmicos da radiação solar, pois ela potencializa a formação de ilhas de frescor, isto é, faixas dentro do ambiente urbano que dissemelha-se do comportamento térmico habitual que gira em torno dos 27°C aos 29°C.

As classes de uso e cobertura da terra - Urbano/Industrial, Floresta/Mangue/Restinga e Corpos D'água, são os mais representativos dentro da paisagem do município de Vitória correspondendo respectivamente a 44,3km², 25,0km² e 12,5km², abarcando juntas mais de 92% de toda área da pesquisa.

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

Uso e Cobertura da Terra	Área em km ²	Percentual
Floresta/Manguezal	25,0	28,3
Pastagem/Solo Exposto	1,9	2,1
Praia	0,5	0,6
Urbano/Indústria	44,3	50,2
Silvicultura	1,7	2,0
Corpo D'água	12,5	14,1
Afloramento de Rochas	0,7	0,8
TOTAIS	88,2	100

3.1 Perfil do Campo Térmico de Superfície e Topografia

Conforme verificado em Monteiro (1976) é de grande importância o reconhecimento das características geológicas durante a realização de uma análise climática tais como as feições topográficas, pois a morfologia da superfície influencia diretamente na diferenciação microclimática conforme verificado em Fialho (2012) no qual constata que vertentes mais sombreadas durante todo o dia esfriam com maior brevidade em relação à parte da vertente que recebe incidência direta da radiação solar, contribuindo na diferenciação nos valores da temperatura de superfície em várias partes de uma mesma encosta. As Figuras 2 e 3 apresentam um transecto A-B de 2,2 km com vistas à observação tanto da influência topográfica quanto dos usos e cobertura presentes no perfil.

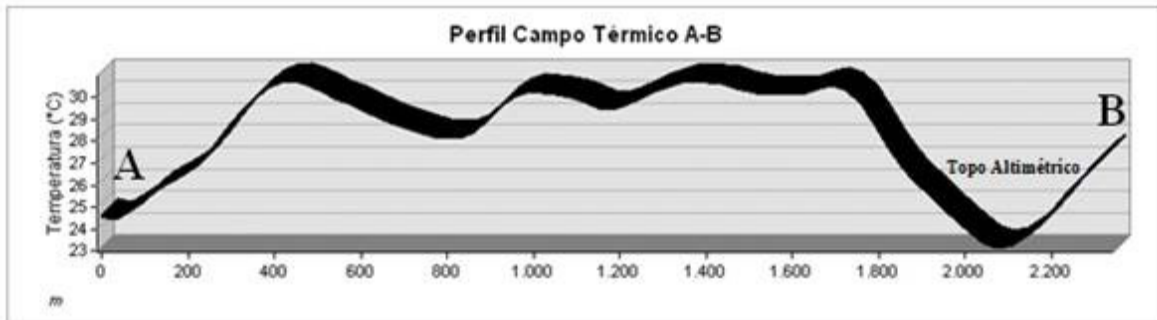


Figura 2: Gráfico do perfil A-B da imagem termal do satélite TIRS/Landsat-8 em 23/08/2014 registrando variações térmicas conforme morfologia do terreno.

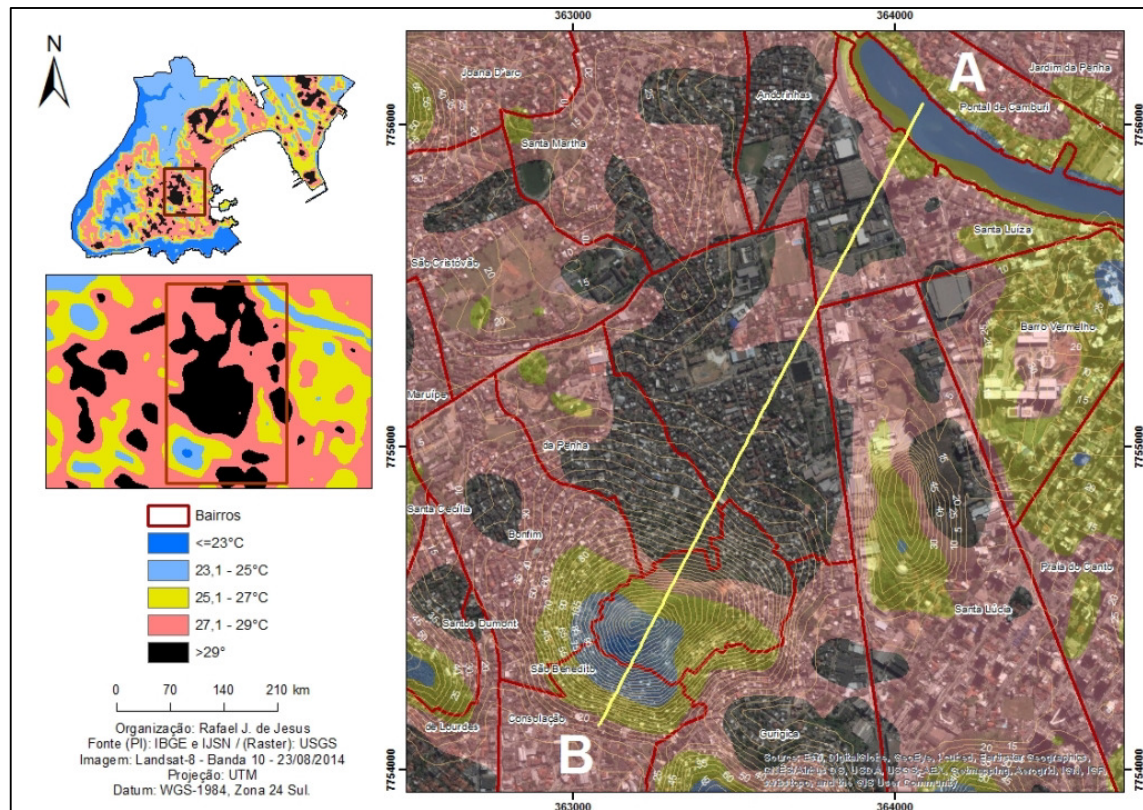


Figura 3: Transecto A-B de temperatura de Superfície.

A Figura 3 permite verificar a influência do fator topográfico na distribuição da temperatura de superfície sobre o terreno. Observa-se que no início da encosta – entre as cotas de 15 a 55 metros, a temperatura passa dos 29°C, todavia quando as cotas altimétricas ultrapassam os 55 metros os índices térmicos diminuem de intensidade, indicando uma possível diferença na incidência dos raios solares entre as cotas. Outro fator que pode ser observado é a brusca queda da temperatura de superfície no outro lado da encosta – possivelmente associado ao sombreamento provocado pela morfologia do próprio terreno, apresentando valores entre 23,1°C e 25°C no topo e até a altura de 75 metros – validando a importância dos fatores geocológicos na formação do clima citadino.

4. Conclusões

O mapeamento da temperatura de superfície exibiu a formação de núcleos de calor e frescor no município de Vitória, sobressaindo os índices térmicos entre 27,1°C a 29°C. Somado ao mapeamento do uso e cobertura da terra, feito pelo MAXVER, foram verificadas que as maiores temperaturas são registradas dentro da classe Urbana/Industrial, local onde existem intensa verticalização e supressão de áreas verdes, bem como o uso acentuado de materiais como o concreto e o asfalto – diminuindo a retransmissão da energia térmica por meio de onda longa. Diferente do anterior, as classes Floresta/Mangue/Restinga e Água apresentaram as menores temperaturas – variando desde 23°C até os 25°C, validando a contribuição da cobertura vegetal na formação de ilhas de frescor. Destarte os diferentes usos do solo – relacionado à atividade humana, conjuntamente com os fatores geocológicos – morfologia do terreno, contribuem significativamente na formação de microclimas dentro das áreas urbanas. Ressalta a importância de novas áreas e parques verdes como medida mitigadora aos elevados valores de temperatura registrados pelo satélite no município de Vitória.

Por fim, os produtos gratuitos de Sensoriamento Remoto e o manuseio em ambiente SIG possibilitaram o desenvolvimento de dados sobre o campo térmico, contribuindo na difusão, acesso e manuseio das geotecnologias dentro do ambiente acadêmico e principalmente como ferramentas na análise geoespacial, figurando elemento essencial no trabalho do geógrafo, pois os produtos matriciais e vetoriais permitem ao profissional a realização de análises espaciais e temporais, contribuindo no exercício de monitoramento do espaço urbano.

Referências Bibliográficas

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. **Boletim Técnico do dia 23/08/2014**. Acesso em 06 de novembro. 2014. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>.

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

FITZ, Paulo R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

IDEIÃO, Sandra Maria; CUNHA, John Elton Brito Leite; RUFINO Alexandra Iana; SILVA Bernardo Barbosa. **Geotecnologias na determinação da temperatura de superfície e espacialização da pluviometria no estado da Paraíba**. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, **Estações no Espírito Santo: Inverno**. Acesso em 06 de novembro. 2013. Disponível em: <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=estacinverno>>

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2 ed. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

JOLY, F. - **A cartografia**. Campinas, Ed. Papirus, 1990.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR**. 1994. 322f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. 1976.184f. Tese (Livre Docência em Geografia) - Instituto de Geografia da USP, São Paulo, Série Teses e Monografias n.25.1976.

MOREIRA, Maurício Alves. **FUNDAMENTOS DO SENSORIAMENTO REMOTO E METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO**. 3. ed. Viçosa: Ufv, 2005.

NICHOL, J.E., (1996). **High-Resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study**. Journal of Applied Meteorology V35, 135-146.

NOGUEIRA, Ruth E. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**, 2ª Ed. Ed. da UFSC, 2008.

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.

RENNÓ, Camilo Daleles. **Avaliação das Incertezas nas Classificações de Máxima Verossimilhança e Contextual de Modas Condicionais Iterativas em Imagens JERS na região de Tapajós, Estado do Pará**. São José Dos Campos - SP: INPE, 1998.

SCHUCH, Mara Ione Sarturi. **ARBORIZAÇÃO URBANA: UMA CONTRIBUIÇÃO À QUALIDADE DE VIDA COM USO DE GEOTECNOLOGIAS**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Ufsc, Rio Grande do Sul, 2006.

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.

TEZA, C. T. V; BAPTISTA, G. M. M (2005). **Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras**. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, p. 3911-3918.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano. **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8** EUA. Acesso em 06 novembro 2014. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.