

AVALIAÇÃO TEMPORO-ESPACIAL DAS TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO DE VILA VELHA (ES), NOS ANOS DE 2006 E 2016 COM O USO DE GEOTECNOLOGIAS

Fabricio Holanda do Nascimento

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
fabricio.climatologia2015@gmail.com

Cláudia Câmara do Vale

Professora do Departamento de Geografia da UFES
camaravale@gmail.com

André Luiz Nascentes Coelho

Professor do Departamento de Geografia da UFES
alnc.ufes@gmail.com

Jonatha Liprand Jaques

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
jonathacefetes@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação temporal e espacial das temperaturas de superfície (TS) no município de Vila Velha (ES) através de técnicas de Geotecnologias (Sensoriamento Remoto - SR e Sistemas de Informações Geográficas - SIG). Para tanto, foram extraídos dados da temperatura de superfície de imagens orbitais gratuitas dos satélites TM/Landsat-5 e TM/Landsat-8, em dois anos distintos 2006 e 2016, respectivamente. Os resultados foram satisfatórios, pois, foram observados contrastes nas temperaturas de superfície em Vila Velha (ES) no ano de 2006 em 11/04/2006 no horário austral 12:30 UTC, registrando temperatura mínima de 19°C e máxima de 27°C, as classes de temperaturas de superfície observadas em 09/02/2016 no horário austral 12:44 UTC, registrando temperatura mínima de 18,1°C e máxima de 28,1°C. Nos bairros próximos a linha de costa, a nordeste do município, como Praia da Costa e Itapuã, temperaturas mais baixas entre 19°C a 23°C em 2006 e 18,1°C a 24°C no ano de 2016, conquanto que nas áreas ao centro-norte e porção sul do município são observadas temperaturas superiores ou iguais a 27°C no ano de 2006 e superiores ou iguais a 28,1°C no ano de 2016, evidenciando a formação de núcleos de aquecimento nas áreas mais urbanizadas/industrializadas, com intenso fluxo de automóveis, pessoas e ausência de áreas verdes.

Palavras-chave. Landsat; núcleos de calor; clima urbano; Vila velha.

TEMPORAL-SPATIAL EVALUATION OF SURFACE TEMPERATURES OF THE MUNICIPALITY OF VILA VELHA (ES), IN THE YEARS 2006 AND 2016 WITH THE USE OF GEOTECHNOLOGIES

ABSTRACT

The objective of this work was to perform a temporal and spatial evaluation of surface temperatures (TS) in the city of Vila Velha (ES) through techniques in Geotechnologies (Remote Sensing - SR and Geographic Information Systems - GIS). For this purpose, data from the surface temperature of free orbital images of the TM / Landsat-5 satellites were extracted and TM / Landsat-8, in two separate years 2006 and 2016, respectively. The results were satisfactory, because contrasts were observed in surface temperatures in Vila Velha (ES) in the year 2006 on 11/04/2006 at austral time 12:30 UTC, registering a minimum temperature of 19°C and maximum of 27°C, the surface temperature classes observed on 02/02/2016 in the austral time 12:44 UTC, registering minimum temperature of 18.1°C and maximum of 28.1°C. In the neighborhoods near the coastline, northeast of the municipality, such as Praia da Costa and Itapuã, temperatures from 19°C to 23°C in 2006 and 18.1°C to 24°C in 2016, although in the areas to the north-central and southern portion of the municipality higher temperatures are observed or equal to 27°C in 2006 and 28.1°C or more in 2016, evidencing the formation of heating cores in the most urbanized / industrialized areas, with an intense flow of cars, people and the absence of green areas.

Keywords: Landsat; heat cores; urban climate.

INTRODUÇÃO

Os estudos acerca do clima ganharam notoriedade, independente da área do conhecimento, sobretudo devido à intensificação das atividades antrópicas (indústrias, comércio, etc.). Segundo Sorre (2006) clima é uma série de condições atmosféricas em ciclos habituais sobre determinado lugar. Para Monteiro (1975, p.116), “o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

É no espaço urbano que se observam os maiores contrastes no clima, pois, as aglomerações humanas, a pavimentação, bem como as indústrias e automóveis corroboram significativamente para a mudança no comportamento dos elementos climatológicos e meteorológicos, alterando as características da baixa troposfera (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Corroborando com ideia acima, Assis (2010), aponta que a redução na velocidade do vento, aliado à intensa edificação do espaço urbano, consiste em um dos principais fatores que mais influência tem na vida dos cidadãos. Portanto, o estudo do clima

urbano é de suma importância no que se refere à qualidade de vida da população e ambiental.

O conceito de ilha de calor, por exemplo, está relacionado com as modificações sobre a paisagem, sobretudo devido ao uso e cobertura da terra, este fenômeno ocorre pelo aumento das temperaturas nas áreas urbanas, devido ao crescimento desordenado e sem planejamento das cidades. Assim, o conceito de ilha de calor está relacionado com as modificações humanas sobre a natureza, alterando assim a cobertura natural em artificial e conseqüentemente a troposfera inferior.

Devido à vulnerabilidade conceitual acerca deste fenômeno, Fialho (2012) desenvolveu uma pesquisa com o objetivo de discutir se o conceito de ilha de calor¹ utilizado no início do século XIX pode ser utilizado em estudos mais atuais devido aos novos métodos de monitoramento como: registradores contínuos de temperatura do ar e umidade relativa (*data-loggers*), balões meteorológicos e imagens de satélites para identificar esse fenômeno. Nos primeiros estudos foi verificado o fenômeno de ilha de calor no período noturno e estudos mais atuais diagnosticaram que este fenômeno também ocorre no período diurno. Porém não houve evidências de avanços no conceito de ilhas de calor, concluindo que mesmo com a disseminação de novas tecnologias não significou avanço na reflexão crítica a respeito do tema.

Dentre as metodologias utilizadas para mensurar os elementos climatológicos, a exemplo do termo-higrômetro, aparelho usado para se mensurar a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, o uso do sensoriamento remoto (SR) é mais uma tecnologia relativamente recente que tem sido utilizada na mensuração da temperatura de superfície. Assim, o SR refere-se a uma tecnologia capaz de coletar informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com ele. Os dados são obtidos utilizando a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais, amplamente utilizado em pesquisas que utilizam dados cartográficos (ROSA, 2005). No entanto, a possibilidade de uso do SR dar-se-á dentro dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que faz parte de um conjunto maior de tecnologias ligadas às Geotecnologias (FITZ, 2008).

Nesta pesquisa, o conceito de SIG considerado é o de Rosa (2005) e refere-se a um conjunto de ferramentas para recuperação, modificação, armazenamento e visualização de dados espaciais, que fornecem as informações necessárias para tomadas de decisões. É um ambiente virtual com *hardware*, *software*, dados, usuários e metodologias de análise espacial, e que oferecem aos usuários um ambiente eficiente para visualização, tratamento, análise e gestão de dados geográficos (JUNIOR, 2017).

Coelho *et al.*, (2013) realizaram análises das temperaturas de superfície em Vila Velha (ES), por meio do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e imagem do canal infravermelho termal do sensor TM/Landsat-5, identificando percentuais de temperatura de superfície elevadas nos centros urbanos e locais com indústrias, estas superiores a 27°C no momento da passagem do satélite, e os bairros próximos à linha de costa foram encontradas temperaturas mais baixas, entre 19°C e 21°C.

¹ Conforme Fialho (2012), neste trabalho o termo ilha de calor será substituído por núcleos de calor ou aquecimento.

Constatando que este fenômeno ocorre devido ao padrão construtivo altamente verticalizado em grande parte do litoral. Os autores concluíram que este estudo contribui para o diagnóstico dos problemas existentes no município capixaba, tais como, poluição da atmosfera, desconforto térmico nas áreas mais urbanizadas, problemas relacionados à saúde, formação de ilhas de calor, entre outros, e consequentemente auxilia na tomada de decisões por parte dos órgãos gestores do mesmo.

Considerando o crescimento urbano acelerado e desordenado, verifica-se a necessidade de se desenvolver um planejamento organizado por parte dos tomadores de decisão que definem as normas construtivas dos municípios. Esta ação pode auxiliar na fiscalização e identificação das falhas no processo de urbanização como; a orientação e larguras das ruas, densidade de áreas urbanas, altura nas construções verticalizadas, uso inadequado de áreas verdes e a supressão das mesmas, dentre outros, possibilitando a minimização dos efeitos negativos sobre o clima e sobre os recursos naturais nos centros urbanos.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) censo 2010 a população do Brasil que vive em áreas rurais é bem menor do que a que vive em áreas urbanas. Além disso, o crescimento da população urbana aumentou de 67,70% em 1980 para 84,36% em 2010, diminuindo consideravelmente a população residente em áreas rurais de 32,30% em 1980 para 15,64% em 2010. Neste contexto, há uma considerável supressão de áreas verdes devido a urbanização. Já o Espírito Santo, de acordo com os dados do último censo demográfico, contava com uma população de, pelo menos, 3.512.672 habitantes, sendo que 83% reside em área urbana. E em Vila Velha, há pelo menos 414.586 habitantes. Desse total, mais de 84% referem-se à população urbana do município (IBGE, 2017; IJSN, 2017)².

Considerando esses fatores, os resultados dessa pesquisa podem auxiliar os tomadores de decisão e órgãos municipais responsáveis pela implantação do Plano Diretor Municipal (PDM), na elaboração de novas normas e estratégias de urbanização de forma a minimizar os impactos causados pelo crescimento desordenado das cidades, sejam elas de grande, médio ou até mesmo pequeno porte. Ainda neste contexto, este estudo é relevante, pois, preenche uma lacuna de trabalhos científicos acerca da temática abordada em municípios do Espírito Santo, em especial do município de Vila Velha.

Assim, esta pesquisa teve por objetivo realizar uma avaliação temporo-espacial das temperaturas de superfície (TS) no município de Vila Velha (ES) por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), em dois anos distintos, 2006 e 2016, relacionando as mudanças de temperatura com o padrão de uso e cobertura da terra, de forma a produzir informações que sirvam de apoio científico aos órgãos gestores do município nas tomadas de decisões, a exemplo da elaboração do Plano Diretor Municipal (PDM).

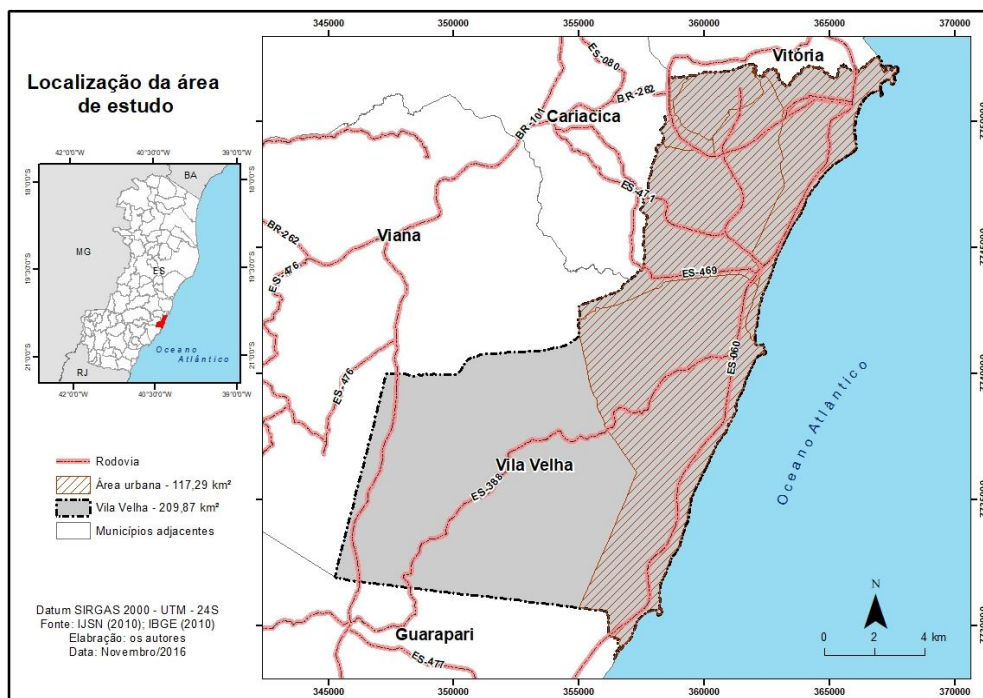
² Características da população brasileira. Disponível em <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/caracteristicas-da-populacao.html>, acesso em 22/07/2017. Distribuição populacional no Espírito Santo: resultados do censo demográfico 2010. IJSN – Ano IV – Número 27 – Maio de 2011. Disponível em http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20121022_958_201127_.pdf, acesso em 22/07/2017.

MATERIAIS E MÉTODO

Localização da área de estudo

A área de estudo é o município de Vila Velha, e faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), composta pelos municípios: Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra, Viana, Fundão e Guarapari, Estado do Espírito Santo. Está inserido nos paralelos 20°19'13" e 20°30'42" de latitude sul e meridianos de 40°16'29" e 40°21'34" de longitude oeste (Figura 1).

Figura 1: Localização do município de Vila Velha (ES). Fonte: IBGE; IJSN.



Organizado pelos autores/2016.

Vila Velha possui um total de 414.586 habitantes, dos quais 83% residem em área urbana e uma densidade demográfica de 1.973,59 habitantes por km², distribuídos em uma área aproximada de 210 km², segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), caracterizada como o segundo município mais populoso do estado, perdendo somente para a capital do estado, Vitória.

Para que os objetivos propostos dessa pesquisa fossem alcançados, a mesma foi dividida em três etapas, sendo: a primeira, como atividade de gabinete, foi dedicada a aquisição de referencial teórico entre livros, teses, dissertações, monografias, artigos científicos que abordassem os temas elencados na pesquisa, tais como: Clima; Clima Urbano; Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG); uso de imagens de SR no mapeamento da temperatura de superfície; entre outros.

Ainda nesta etapa foram adquiridas as imagens de satélites para a confecção dos mapas de temperatura de superfície dos dois períodos abordados (2006 e 2016), através dos *sites* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), bem como os dados cartográficos, em âmbito nacional pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) em âmbito estadual, pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN).

Para a aquisição das imagens, foram acessados dois *sites* específicos. Para o *download* da imagem do satélite Landsat 5, foi acessado o portal da Divisão de Geração de Imagens (DGI), ligada ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A imagem do Landsat 8 foi adquirida por meio do *site* do U.S *Geological Survey* (Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS).

O critério de seleção das imagens considerou alguns fatores: o primeiro levou-se em consideração as datas de passagem dos satélites, porém em estação semelhante, ou seja, verão austral. Para o ano de 2006, o satélite selecionado foi o Landsat 5, com data de passagem 11/04/2006 às 12:36 UTC³. Para o ano de 2016, foi selecionada a imagem com data de passagem do dia 09/02/2016 às 12:44 UTC.

O segundo critério para a escolha dos recortes temporais considerados, foi a cobertura de nuvens de cada imagem, que deve ter no máximo 20%. Dessa forma, as imagens com as datas acima mencionadas foram as que melhor atenderam as necessidades desta pesquisa. O terceiro e último critério, e este como o principal deles, refere-se ao fato dos satélites acima possuírem o canal termal. É sabido que nem todos os satélites possuem este canal capaz de identificar as diferentes temperaturas das superfícies dos materiais.

A segunda etapa da pesquisa foi dedicada ao mapeamento da temperatura de superfície por meio do SR e SIG. Para realização do mapeamento foi criado um projeto no SIG ArcGIS 10.1, extensão ArcMap para organização dos dados vetoriais no qual foram trabalhados os planos de informações (PIs) que abrangem o município de Vila Velha (ES). O projeto foi configurado em sistema de coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM), com *Datum* de referência SIRGAS 2000 e na zona 24 Sul, para manter uma padronização cartográfica, conforme aponta FITZ (2008).

Em seguida foi realizado o georreferenciamento das imagens TM/Landsat-5 para a organização e o tratamento dos dados *raster*, adotando a utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e por fim para graus Celsius (°C) conforme metodologia discutida

2 Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), refere-se a uma “coordenada de Tempo Universal, com referência ao Meridiano de Greenwich (Inglaterra), equivalente ao horário de Londres, que corresponde a 3 horas a mais em relação ao horário de Brasília”. Assim, quando se fala em 12 horas UTC, correspondem a 09 horas de Brasília.

por Chander *et al.*, (2009) expressa nas Equações 1 e 2, inseridas na calculadora *raster* do SIG supracitado. Os elementos da fórmula de conversão para radiância, bem como, a TM + Constante de Calibração da banda termal, são descritos nas Equações 1 e 2, respectivamente.

1 – Equação para conversão dos níveis de cinza em radiância.

$$L_{\lambda} = ((\text{Imax } \lambda - \lambda \text{ Lmin}) / (\text{QCALMAX}-\text{QCALMIN})) * (\text{QCAL}-\text{QCALMIN}) + \lambda \text{ Lmin} \quad (1).$$

Após a transformação dos valores em radiância foi aplicado a Equação 2 com a finalidade de transformar os valores obtidos na primeira, em temperatura de valor em Kelvin:

2 – Equação para conversão de temperatura

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

Onde T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin; K2 = Constante de calibração
K1 = Constante de calibração L = Radiância espectral em Watts / (metro quadrado).

As Tabelas 1 e 2 traduzem os elementos da fórmula de conversão e os valores da constante de calibração.

Tabela 1: Elementos da fórmula de conversão para radiância

L_{λ}	Radiância espectral em sensor de abertura em watts
QCAL	Valor quantizado 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	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

Adaptado de Chander (2009).

Tabela 2: TM + Constate de calibração da banda termal

Constant 1 – K1 Watts / (metros quadrado ster*mm)	Constant 2 – K2 Kelvin
TM/Landsat-5	607,76
	1.269,56

Adaptado de Chander (2009).

Após esta etapa os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (-273,15), gerando o *raster* de temperatura de superfície em graus Celsius (°C), possibilitando a análise dos dados e mapeamento da temperatura de superfície para a área em estudo.

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas a partir das bandas compostas do espectro refletivo, sendo: 1) Afloramento; 2) Cultura/Pastagem; 3) Floresta/Manguezal e Restinga; 4) Praia; 5) edificações urbanas. Obtendo os produtos principais foram realizadas 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, $\leq 18,1^{\circ}\text{C}$ a 23°C ; $23,1^{\circ}\text{C}$ a 24°C ; $24,1^{\circ}\text{C}$ a 25°C ; $25,1^{\circ}\text{C}$ a 28°C e $\geq 28,1^{\circ}\text{C}$.

A terceira foi utilizada para discussão dos resultados e redação final com as considerações e conclusão da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

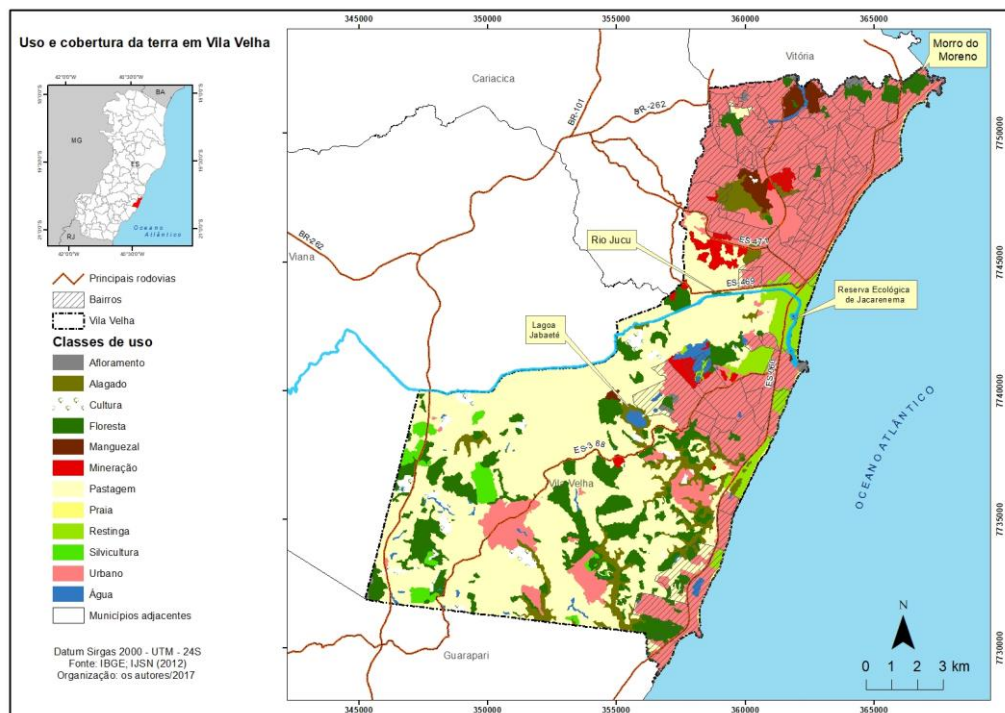
A Figura 2 apresenta as classes de uso e cobertura da terra no município de Vila Velha. Nesta, é possível perceber que a maior parte do município é caracterizada por pastagem e área urbana, em detrimento da supressão de áreas verdes.

A relação do uso e cobertura da terra e o clima local é de fundamental importância na compreensão deste. Geiger (1950, *apud LANDSBERG*, 2006, p. 95) afirma que: “Qualquer alteração sobre a cobertura natural do solo destrói os microclimas pré-existent”.

Na área de estudo, é possível perceber, pelo mapa de uso e cobertura da terra que, uma parte expressiva do município é coberta por área urbana e pastagem. Certamente isso corrobora para que as temperaturas de superfície sejam bem elevadas em relação às áreas com cobertura vegetal preservada. Além disso, é sabido que, não somente o clima local é afetado pela urbanização, mas também a capacidade de escoamento do solo que, em dias chuvosos, a pavimentação acelera o escoamento superficial do solo, contribuindo para as enchentes de rios, inundações e alagamentos.

A temperatura de superfície em Vila Velha (ES) em 2006, conforme a Figura 3, evidencia a relação entre as classes de temperatura de superfície, obtida através do satélite TM/Landsat-5 e as classes de uso e cobertura da terra do município de Vila Velha (ES) em 11/04/2006 e o horário central 12:30 UTC, registrando temperatura mínima de 19°C e máxima de 27°C .

Figura 2: Uso e cobertura da terra em Vila Velha

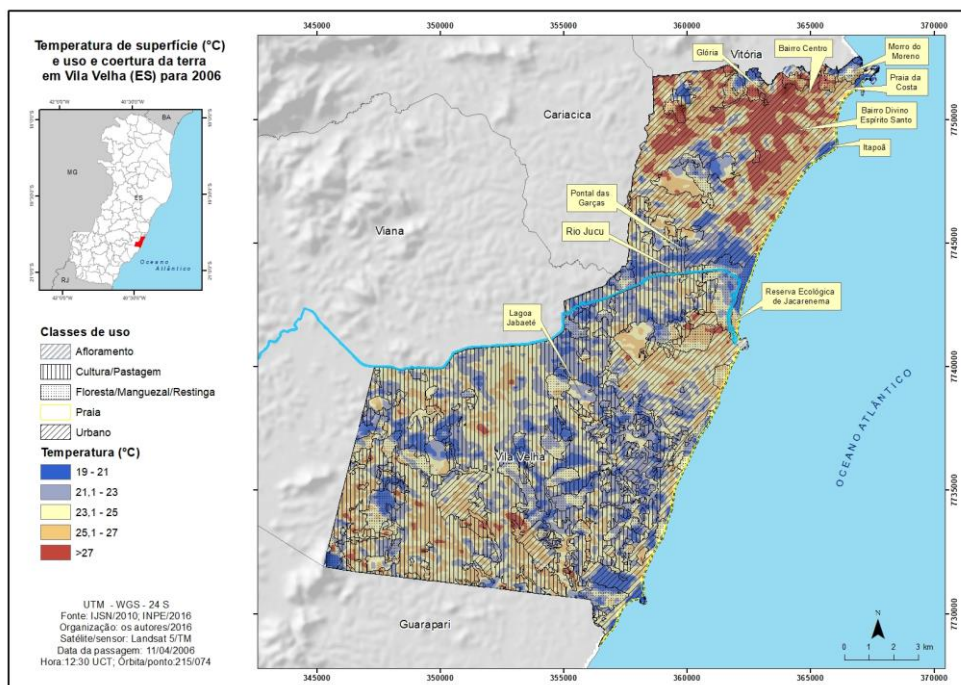


Organizado pelos autores/2017.

Foram identificados valores de temperatura de superfície no centro urbano e em locais com indústrias, superiores a 27°C no momento da passagem do satélite. Enquanto nos bairros próximos à linha da costa foram detectadas temperaturas mais amenas em torno de 19°C e 21°C, demonstrando que as mesmas possuem relação padrão das construções altamente verticalizadas em grande parte do litoral de Vila Velha, fato que está em consonância com a perspectiva de Monteiro (1990), na qual cita que o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

Ressalta-se os valores de temperatura mais baixos em locais com a presença de vegetação preservada, como por exemplo, na Área de Proteção Ambiental (APA) do Morro do Moreno, localizado no bairro Praia da Costa, porção Nordeste do município, embora seja altamente urbanizado. Além desse, o Parque Ecológico de Jacarenema, localizado no bairro Barra do Jucu, próximo a foz do rio Jucu. Assim, deve-se chamar a atenção para o fato da importância da preservação e conservação desses remanescentes florestais intra-urbanos, pois contribuem de forma significativa na amenização das temperaturas. Jardim (2010) afirma que a áreas verdes nos centros urbanos possuem um papel regulador do clima, mas também contribuem, de maneira expressiva no processo de infiltração da água no solo e manutenção do nível freático.

Figura 3: Mapa da relação da temperatura de superfície e uso e cobertura da terra em Vila Velha no ano de 2006

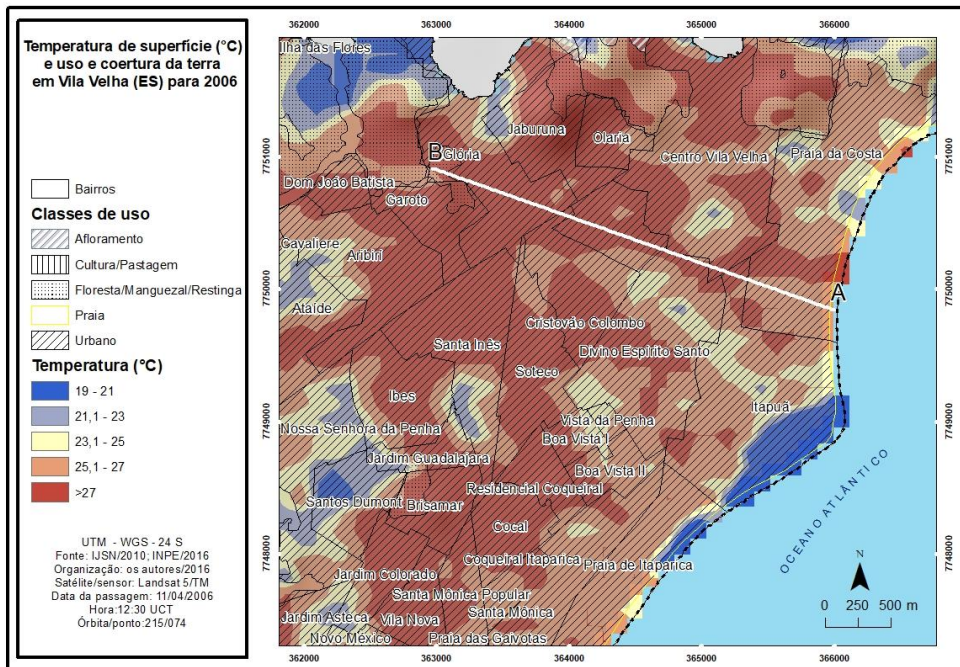


Organizado pelos autores/2016.

As Figuras 4 e 5 evidenciam as características das temperaturas no perfil campo térmico A-B entre a praia da Costa e o bairro Glória, estas superiores a 25°C no momento da passagem do satélite, enquanto que próximo à Praia da Costa temperaturas mais baixas, 23°C ou menos. Nota-se que os elevados valores de temperatura ocorrem próximos ao centro do município e bairros com concentração de comércio e indústrias, conseqüentemente mais aglomeração de pessoas e veículos. Além disso, essas áreas são caracterizadas pelo seu padrão morfológico altamente urbanizado, fato que corrobora com a formação de núcleos de aquecimento nas mesmas.

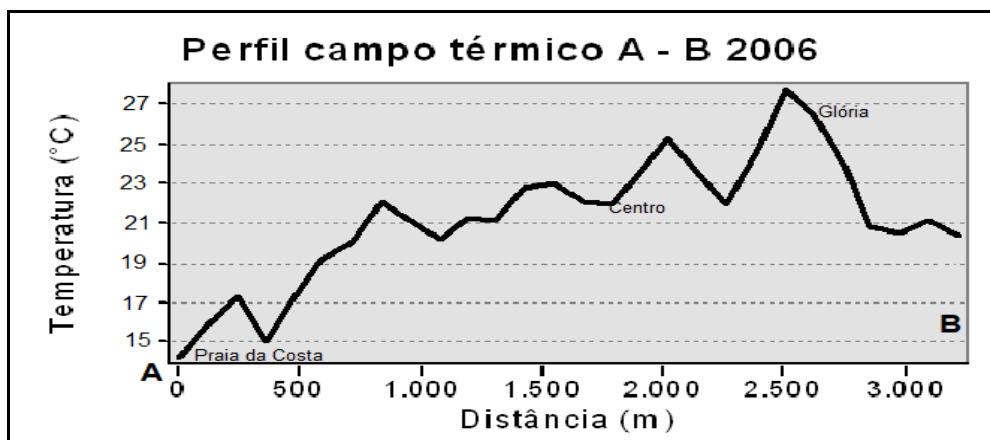
Mendes (2012) afirma que o clima interno das edificações, afetam as trocas de energia que, por sua vez, refletem no conforto térmico dos moradores das cidades. Como medida para minimizar os impactos da urbanização no clima, seria importante que os órgãos gestores, bem como os agentes responsáveis pela construção das edificações levassem em consideração o tipo de material, cor, coeficiente de reflexão e absorção de calor (albedo), bem como a manutenção de áreas verdes nos ambientes construídos. Por outro lado, as áreas próximas à linha de costa apresentaram temperaturas mais baixas, devido ao efeito das brisas. Conforme Landsberg (2006), essas áreas irão apresentar climas bem distintos às áreas ao seu entorno, devido as características geográficas do local.

Figura 4: Mapa da temperatura de superfície e uso e cobertura da terra, em escala de detalhe, em Vila Velha no ano de 2006



Organizado pelos autores/2016.

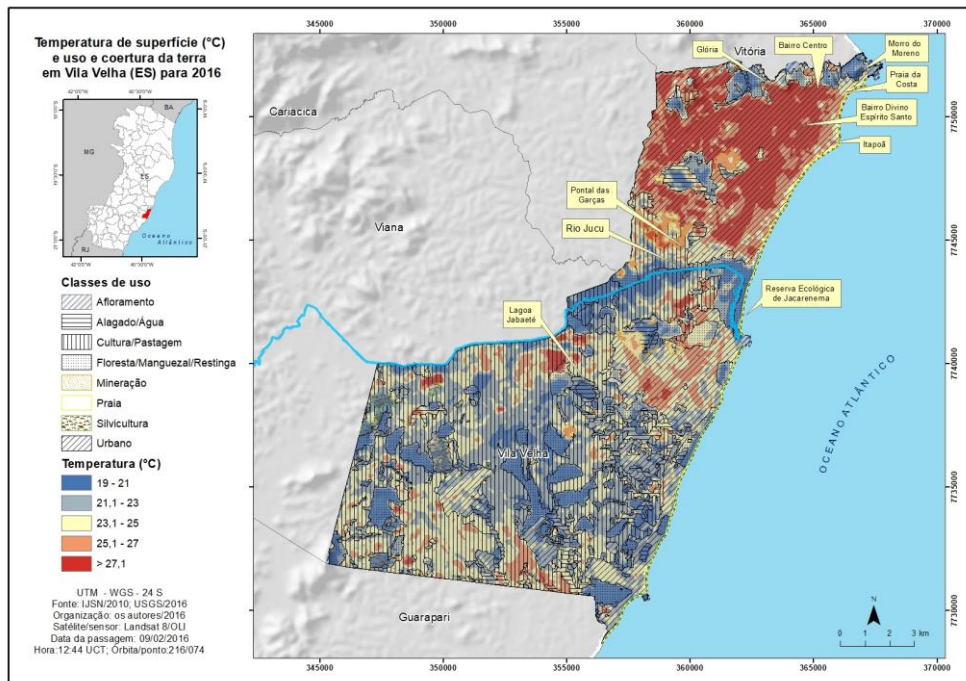
Figura 5: Perfil A-B do campo térmico de superfície (°C) da imagem termal do satélite TM/Landsat-5 em 11/04/2006 12:30 UTC, registrando variações conforme os materiais e distanciamento do litoral



Organizado pelos autores/2016.

Abaixo é apresentado um mapa de temperatura de superfície para o ano de 2016 do satélite *Landsat 8*, com data de passagem 09/02/2016 (Figura 6).

Figura 6: Mapa da temperatura de superfície e uso e cobertura da terra em Vila Velha no ano de 2016



Organizado pelos autores/2016.

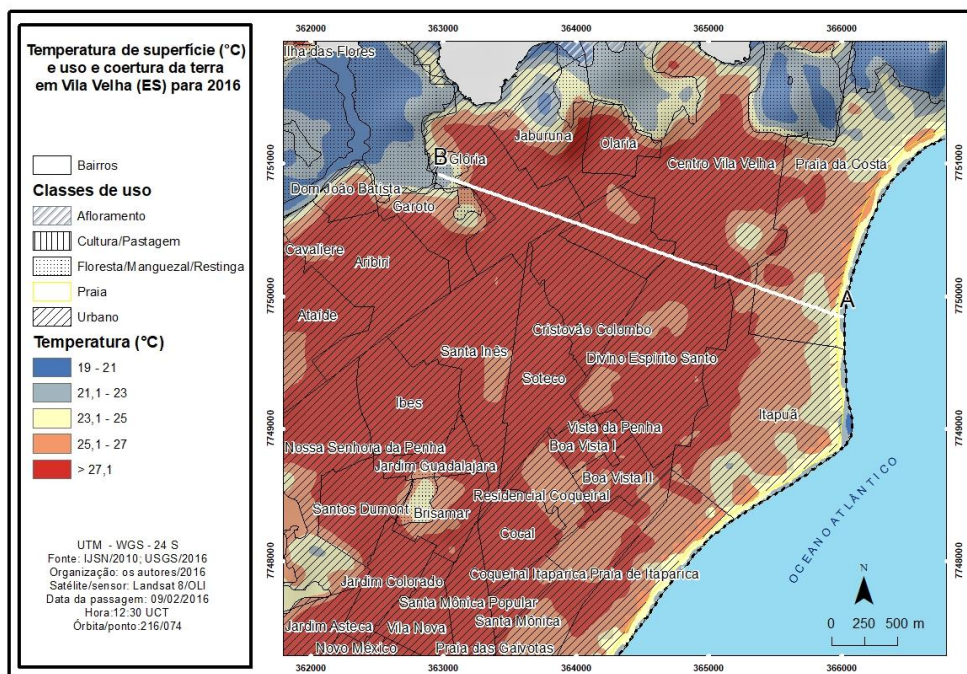
Semelhante às temperaturas de 2006, em 2016 foram identificadas elevadas temperaturas (acima de 24°C nas áreas mais urbanizadas e industrializadas do município, porções centro-sul e norte do município). Porém, em locais com presença de vegetação e corpos hídricos (porção sul e centro sul do município), observam-se temperaturas mais baixas (entre 18°C e 24 °C).

Contrapondo a imagem de 2006, em 2016 é possível inferir que a amplitude térmica foi mais elevada. Enquanto naquele ano a amplitude térmica foi de 8°C, neste ano a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas foi cerca de 10°C.

As Figuras 7 e 8 abaixo demonstram as temperaturas em um perfil campo térmico A-B para o ano de 2016. Semelhante a 2006, do litoral (bairros Praia da Costa e Itapoã) às áreas mais distantes do oceano (Centro, Glória e Ilha das Flores), as temperaturas tendem a um aumento considerável. Enquanto os bairros mais próximos ao litoral são influenciados pelo fenômeno das brisas, que amenizam as altas temperaturas, o que causa núcleos de frescor nessas áreas, os bairros distantes do litoral sofrem com o efeito

das temperaturas elevadas, formando verdadeiros núcleos de calor, devido à intensa urbanização com edificações elevadas (acima de 10 pavimentos), que promovem um bloqueio da passagem dos ventos provindos do oceano, industrias, ausência ou pouca vegetação, fluxo contínuo de automóveis e pessoas. Bairros, como Glória, por exemplo, maior centro comercial do município, há um intenso fluxo de pessoas e veículos ao longo de todo o dia e durante a semana inteira, fato que corrobora para a elevação das temperaturas superficiais.

Figura 7: Mapa da temperatura de superfície e uso e cobertura da terra, em escala de detalhe em Vila Velha no ano de 2016

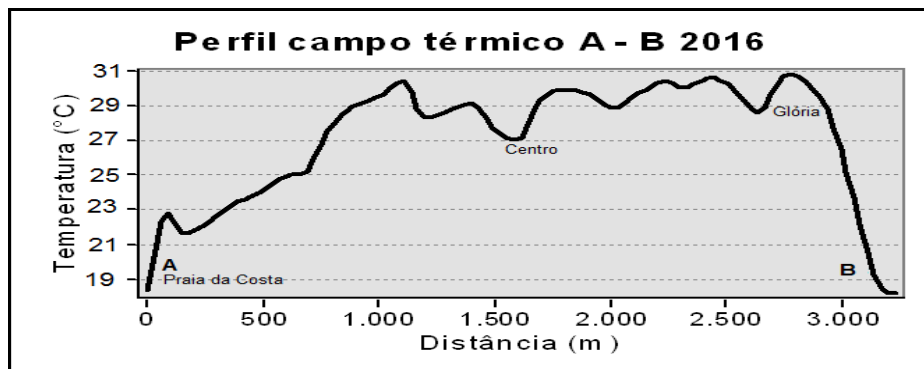


Organizado pelos autores/2016.

É importante ressaltar que, no mês de fevereiro de 2016, mesmo período da passagem do satélite, a estação meteorológica de Vitória (ES), localizada nas coordenadas LAT: 20,316°S LON: 40,317°W a uma altitude de 9 metros registrou temperatura média do ar de 28,2 °C, semelhante aos resultados encontrados no modelo de temperatura de superfície, umidade relativa do ar em torno dos 68%, radiação solar em 1.219 kJ/m² e direção e velocidade dos ventos a 159° (Sudeste) e 2m/s², respectivamente. Além disso, segundo a carta sinótica do dia, o Espírito Santo foi influenciado por um anticiclone, situação esta que corroborou com o resfriamento das temperaturas no Estado do Espírito Santo. No entanto, a despeito dessa condição da atmosfera, o município de Vila Velha registrou temperaturas de superfícies relativamente elevadas, o que demonstra a grande influência que a urbanização possui no que se refere as modificações das condições do

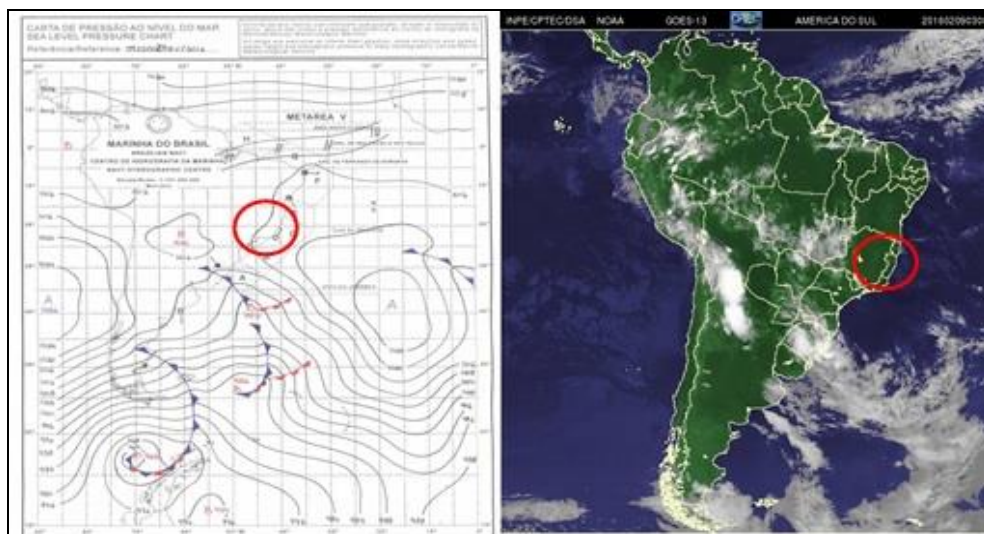
tempo de um determinado local (INMET, 2016; CPTEC, 2016; MARINHA DO BRASIL, 2016)⁴ (Figura 9).

Figura 8: Perfil A-B do campo térmico de superfície (°C) da imagem termal do satélite TM/Landsat-5 em 09/02/2016 e o horário 12:44 UTC registrando variações conforme os materiais e distanciamento do litoral



Organizado pelos autores/2016.

Figura 9: Carta sinótica e imagem de satélite Goes-13, evidenciando centro de Alta Pressão na região Sudeste do Brasil. Fonte: CPTEC/2016 e Marinha do Brasil/2016



Organizado pelos autores/2016.

⁴ Não foram encontrados dados sinóticos e nem de imagens de satélites meteorológicos para o ano de 2006, o que justifica a ausência da análise para o ano supracitado.

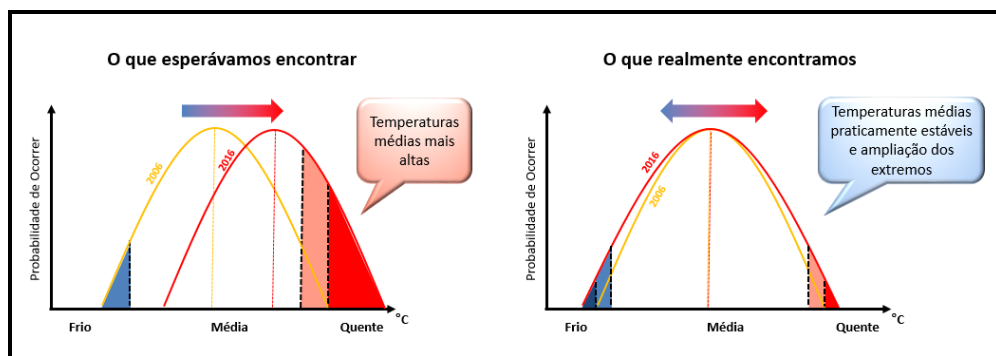
têm trazido problemas tanto para a saúde física quanto a mental dos habitantes, bem como o aumento do *stress* e demais desconfortos.

Ainda neste contexto, Garcia (1990, *apud* Jardim, 2010), afirma que diversos fatores contribuem para que ocorra anomalias no clima de uma cidade, gerando verdadeiros núcleos de aquecimento, como, por exemplo: diminuição de áreas fonte de evaporação (corpos hídricos e áreas verdes) em detrimento do aumento das áreas urbanizadas; menor perda do calor sensível devido a redução da velocidade do vento (caso verificado no bairros mais distantes da linha de costa); aumento da absorção de radiação solar, associado às características de albedo dos materiais constituintes dos espaço urbano.

Alves (2010) também verificou que o crescimento populacional e o avanço da industrialização evidenciam uma modificação no clima devido ao crescimento das construções e uso e ocupação do solo. As temperaturas de superfície verificadas por Correa *et al.*, (2015), nas datas de passagem 27/05/2011 e 30/07/2011 demonstraram grande semelhança com os dados obtidos em 2006 e 2016 por este trabalho. Neste contexto, ressalta-se a importância do monitoramento contínuo das temperaturas de superfície das cidades, garantindo assim aos gestores subsídios para o planejamento das mesmas.

É importante ressaltar também, as diferenças entre as temperaturas mínimas e máximas durante os anos analisados (Figura 11). Além da variação de temperatura em um espaço relativamente pequeno, os extremos de temperatura também tiveram um comportamento anômalo.

Figura 11: Gráficos de variabilidade das temperaturas máximas e mínimas em 2006 e 2016



Organizado pelos autores/2016.

Pela análise dos gráficos é possível identificar que, em 2006 a temperatura mínima era de 19 °C e a máxima de 27 °C, amplitude térmica de 8 °C. Em 2016 a mínima era de 18,1°C e a máxima de 28,1°C, amplitude térmica de 10 °C. Apesar do crescimento urbano acelerado, a diferença entre as temperaturas, máximas e mínimas foi de 2 °C. No entanto, é possível perceber que, o fator urbanização é

preponderante na alteração do clima local. Além disso, como as cidades localizadas em latitudes tropicais são, geralmente, mais quentes ao longo de todo ano, caso do município de Vila Velha, essas modificações no clima local podem acarretar desconforto térmico e quedas na qualidade ambiental e na qualidade de vida das populações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa estão de acordo com as principais teorias do clima urbano que afirmam que a urbanização é fator preponderante na modificação dos elementos da atmosfera de um dado local. Não somente isso, mas a intensa urbanização e pavimentação do solo, corrobora com a minimização da capacidade de infiltração do solo contribuindo para o aceleração do escoamento superficial da água, e conseqüentemente contribuindo com as enchentes dos leitos dos rios, inundações e alagamentos, suprimindo a qualidade de vida das populações e ambiental.

Os resultados obtidos durante a passagem dos satélites demonstraram uma variação na temperatura de superfície entre 19°C e 27°C no ano de 2006 e 18,1°C e 28,1°C no ano de 2016, com uma variação de 1°C para mais nos períodos quentes no intervalo de 10 anos no município de Vila Velha, estado do Espírito Santo. Nos bairros próximos à linha de costa, a nordeste do município, como Praia da Costa e Itapuã, temperaturas mais baixas entre 19°C à 23°C em 2006 e 18,1°C à 24°C no ano de 2016, esta característica ocorre em função do efeito da brisa marítima, aliado ao sombreamento proporcionado pelo padrão construtivo verticalizado, bem como as características geográficas do local. Já na região centro-norte e na porção sul do Município, observa-se temperaturas superiores ou iguais a 27°C no ano de 2006 e superiores ou iguais a 28,1°C no ano de 2016, evidenciando a formação de núcleos de aquecimento nas regiões mais industrializadas, devido ao intenso fluxo de automóveis, pessoas e conseqüentemente pelas construções e indústrias.

Como medidas mitigadoras dos efeitos dos núcleos de calor nessas áreas onde foram observadas temperaturas sugere-se um plano de arborização com a finalidade de minimizar as faixas de temperaturas de superfície elevadas sobre a população do local e também a aplicação de uma nova legislação que viabilize e exija uma adequação entre espaço verde e área construída, visando minimizar os impactos causados na vida dos cidadãos e ao meio ambiente.

Sugere-se também que os resultados obtidos nesta pesquisa possam ser utilizados como fonte de dados para novas pesquisas, a fim de aperfeiçoar a mesma e monitorar as temperaturas de superfície de modo contínuo na área em estudo e/ou em outras localidades do Espírito Santo, a depender da disponibilidade de dados. Além disso, trabalhos dessa natureza podem e devem ser desenvolvidos em outros municípios do estado que apresentam crescimento urbano acelerado, a exemplo de Colatina, Noroeste do estado, Cariacica, Guarapari, etc., haja vista a pouca ou ausência de estudos nesta linha de pesquisa, e com isso gerando conhecimento científico acerca do lugar e que possam ser úteis aos gestores do espaço urbano nas tomadas de decisões, a exemplo na elaboração do Plano Diretor Urbano (PDM).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JUNIOR, N L. **Estudo de clima urbano: Uma proposta metodológica**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso. 2005; p.23-24.

ALVES, E D L. **Ilha de calor ou ilha de energia térmica: Um conceito aberto à discussão**. Revista Espaço Acadêmico. 2010; n.110 p. 124-129. ISSN: 1519-6186.

ASSIS, W. L de. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociência da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2010.

Catálogo de Imagens do Departamento de Geração de Imagens (DGI). Disponível em:<<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/index.php>>, acesso em 05/08/2016.

Catálogo de imagens Earth Explorer (USGS). Disponível <<http://www.earthexplore.usgs.gov>>, acesso em 05/08/2016.

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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>

CORREA, W S C; COELHO, A L N; VALE, C C. **Influência de distintos sistemas atmosféricos na temperatura de superfície do município de Vitória/ES**. *Caminhos de Geografia - revista on line*. 2015; n. 53, p. 37-54. ISSN: 1 678-6343.

CORREA, W S C; COELHO, A L N. **Temperatura de superfície célsius do sensor TIRS/LANDSAT-8: Metodologia e aplicações**. *Revista Geografia Acadêmico*. 2010; v. 7 n.1 p. 31-45. ISSN: 1678-7226.

DAHE, M; PESSÔA, C S; FARIA, A L L; RODRIGUES, R A; DELGADO, C D. **Uso de sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilha de calor**. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. 2012; n. 25 p. 69-80. ISSN: 1808-4524.

DIAS, M B G; NASCIMENTO, D T F. **Clima urbano e ilhas de calor: Aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso**. *Fórum Ambiental*. 2012; v.10, n.12 p. 27-41. ISSN: 1980-0827.

Diretoria de Hidrografia e Navegação e Centro de Hidrografia da Marinha – Serviço Meteorológico Marinho. **Carta Sinótica do dia 9 de fevereiro de 2016**. Disponível em: < <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>, acesso em 08/05/2017.

Divisão de satélites e sistemas ambientais - INPE. **Banco de dados de imagens**. Disponível em < [http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes/formulario.logic)>, acesso em 08/05/2017.

FIALHO, E S. **Ilha de calor: Reflexões acerca de um conceito**. Revista Acta Geográfica. 2012; edição especial p. 61-76. ISSN: 1980-5772.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de textos: São Paulo, 2008.

FLORENZANO, T. G. Os satélites e suas aplicações. São José dos Campos (SP): SINDCT, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População, residente, por situação de domicílio** - Brasil censo- 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 maio. 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Dados meteorológicos de estações automáticas**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>, acesso em 08/05/2017.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, 2010, v. 10, n. 1, p. 9-25.

JUNIOR, H. C. de A. **Análise da vulnerabilidade socioambiental no município de Vitória-ES, com o apoio de um SIG livre**. Dissertação (mestrado em geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES, Vitória/ES, 2017.

MENDES S. **Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico**. Dissertação. Programa de Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2012; 67p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

NASCIMENTO, F H. (2013): **Uso de produtos de sensoriamento remoto para a classificação e análise de temperaturas de superfície no município de Vila Velha/Es (Brasil)**, Revista GeoFocus (*Informes y aplicaciones*), 2013; nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157.

NASCIMENTO, F H do; PAULA, M L M de; JESUS, R J. **Mensuração do campo térmico no campus da Universidade Federal do Espírito Santo. XI encontro nacional da ANPEGE. A diversidade geográfica brasileira: escalas e dimensões da análise e da ação**. De 9 a 12 de outubro de 2015. UNESP, campus Presidente Prudente/SP. ISSN 2175-8875.

População, residente, por situação de domicílio - Brasil censo- 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 maio. 2016.

ROCHA, J R R; MARIANO, Z F; FELTRIN, J C; SILVA, M R. **O clima em pequenas cidades: O sistema termodinâmico em Jatai/GO**. Revista Brasileira de Climatologia. 2014; v. 15, p. 205-228. ISSN: 1980-055.

ROSA. **Geotecnologias na geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia**. 2005; n.16, p. 81-90. ISSN: 2236-2878

SORRE, M. **Objeto e método da climatologia**. Revista do Departamento de Geografia. 2006; n.18, p. 89-94. ISSN: 2236-287.

Recebido em: 09/05/2017
Aceito para publicação em: 06/12/2017