

ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS (ES)

Eberval Marchioro¹, Juliana Neri Kerckhoff² e Rodrigo Borrego Lorena³

1. Departamento de Geografia (PPGG/UFES). Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFES (PPGG/UFES). E-mail: ebervalm@gmail.com

2. Bacharel em Geografia (UFES). E-mail: jukerckhoff@gmail.com

3. Professor visitante do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG/UFES). E-mail: roborrego@hotmail.com

Artigo convite - 40 anos do lançamento da obra *Teoria e Clima Urbano* do Professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro

RESUMO

O mapeamento do campo térmico no recorte espacial de bacias hidrográficas com características rurais e Mata Nativa ainda é incipiente nos estudos de climatologia geográfica. Em função disto, este trabalho visou analisar o campo térmico da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES). Para tal, foram utilizadas imagens de satélites *Landsat 8*, banda 10, para o dia 23 de agosto de 2014, intitulado de inverno e, 30 de janeiro de 2015, intitulado Verão. O mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano de 2012 foi realizado por Santos (2016), utilizando-se da base do mapeamento realizado pela empresa Hiparc Geotecnologias Ltda. Os processamentos necessários para gerar os mapas dos campos termais das estações do ano, foram realizados no programa *Spring*. Os resultados apontaram o aumento da temperatura do campo térmico no Verão em relação a estação do ano Inverno. Também, foi possível verificar que fatores geográficos como orientação e morfologia das vertentes, altitude, fundo de vales interferem no campo térmico intra-classes de cada uso e cobertura da terra. A utilização de imagens de satélite do *Landsat 8*, apresentou-se como excelente ferramenta para o mapeamento do campo térmico em bacias hidrográficas rurais como a BHRDB.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Bacia Hidrográfica. Temperatura.

TERMAL FIELD ANALYSIS OF THE DUAS BOCAS (ES) WATERSHED

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the air temperature, maximum and absolute minimum in the The mapping of the thermal field in the spatial area of watersheds with rural characteristics and Native Forest is still incipient in geographical climatology studies. Because of that, this study aimed to analyze the thermal field of the Duas Bocas (ES) watershed. To this end, *Landsat 8* satellite images, spectral band 10, were used to 23 August 2014, entitled winter and January 30, 2015, entitled Summer. The 2012 Land Use and Land Cover mapping was carried out by Santos (2016) using the basis mapping by Hiparc Geotechnologies Company. The needed procedures to generate the thermal fields maps of the analyzed seasons were held in the *SPRING* program. The results show the increase of the thermal field temperature in summer compared to winter season. It was also observed that geographical factors as orientation and morphology of the slopes, altitude, and valley bottom interfere in the intra-class thermal field of each land use and land cover class. The use of *Landsat 8* satellite images, is presented as an excellent tool for mapping rural watersheds as the BHRDB.

Keywords: Remote Sensing. Watershed. Temperature.

INTRODUÇÃO

Desde o início do século XIX, o campo térmico na superfície da Terra vem sendo objeto de estudo, já que permite entre outros aspectos, verificar as inter-relações entre as transformações do uso e cobertura da terra com as variações térmicas (BARRY; CHORLEY, 2013).

Tal situação ocorre, pois ao se apropriar do espaço geográfico, o homem ocasiona mudanças no tempo de absorção da energia solar durante o dia (onda curta) e, a sua reemissão para a atmosfera durante a noite (onda longa), corroborando para que em áreas urbanas, em relação as áreas rurais, ocorra aumento da temperatura durante o dia e um resfriamento mais lento durante a noite (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; MONTEIRO; MENDONÇA, 2013).

Tal comportamento, segundo Santos e Silva (2014), está associado as características singulares das áreas urbanas, pois a interferência humana é constante por meio da impermeabilização do solo, verticalização, emissões de poluentes diários entre outros, e, em grande escala, possibilita o desenvolvimento de um clima específico, denominado de clima urbano.

Em termos mundiais, os primeiros trabalhos envolvendo a relação entre transformações no espaço geográfico e sua inter-relação com o campo térmico foi realizado em Londres (GARTLAND, 2010). Posteriormente, outros estudos foram desenvolvidos, tal como o verificado em Paris durante a segunda metade do século XIX, possibilitando o avanço nesse campo de estudo, culminando em estudos como o de Oke (1973 e 1988), entre diversos outros.

No Brasil, foi a partir das décadas de 1980 e 1990, que ocorreu a mensuração dos elementos do clima em ambientes urbanos, sendo que, a partir do século XXI houve condições para multiplicação das pesquisas (SANT'ANNA NETO, 2014). Neste sentido, diverso são os trabalhos que buscam averiguar o campo térmico dos sítios urbanos, como Monteiro (1976), Monteiro e Tarifa (1977), Lombardo (1985), Cruz (1995), Brandão (1996), Camargo, et. al. (2007), Schneider (2012), Fialho (2012), Monteiro e Mendonça (2013); Silva et al. (2014), Fialho et al. (2015), assim como, os que analisaram o papel da cobertura vegetal em áreas urbanas, como de Carvalho (2001), Barbirato e Barbosa et al. (2003), Andrade (2005), Shams (2009), Andrade e Mendonça (2010), Lois et al. (2011) entre outros.

No Espírito Santo, um dos primeiros trabalhos abordando tal temática com uso de imagens termais no município de Vitória, foi o desenvolvido por Holz et al. (2012), que impulsionou outros, como de Lorena et al. (2013), Coelho e Correa (2013), Coelho et al. (2013b) e Paula (2015).

Apesar dos inúmeros trabalhos na área de climatologia urbana utilizando transecto móveis e imagens de satélite, ainda são poucos os trabalhos de mapeamento do campo térmico em áreas rurais e/ou no recorte espacial de bacias hidrográficas rurais. Em função do incipiente número de trabalhos envolvendo o mapeamento do campo térmico em bacias hidrográficas por meio de sensoriamento remoto com imagens termais para áreas com o predomínio de floresta e atributos rurais, esse trabalho tem como objetivo, analisar o campo térmico da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES) nas estações de verão e inverno.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (BHRDB), está situada entre os municípios de Cariacica e Santa Leopoldina, possuindo uma área total de 92,27 km², um perímetro 55,69 km. Está compreendida entre as coordenadas geográficas de 20°12'01,28" e 20°17'24,90" de Latitude e, 40°23'06,35 e 40°32'07,88" de Longitude, sendo uma sub-bacia do rio Santa Maria da Vitória, que abastece de água grande parte da região metropolitana do Estado (Figura 1).

Baseado na série histórica de 1983 à 2013 da Agência Nacional das Águas (ANA), Bastos et al. (2015) evidência uma pluviosidade na BHRDB variando entre 1.307mm à 1.656mm, apresentando como os meses mais chuvosos de novembro, dezembro e janeiro e, os mais secos, junho, julho e agosto.

O maior total pluviométrico da BHRDB está concentrado na porção mais elevada da mesma, com altitude de 750m, onde ocorre chuva orográfica. Além da interferência do relevo, na porção superior da bacia encontra-se um fragmento de Mata Atlântica, que tem o papel importante na evapotranspiração, podendo contribuir para as chuvas locais.

Em termos térmicos, a BHRDB possui média de 24°C, sendo que no verão, atinge valores de 33°C (OLIVEIRA FILHO, 2010). Os ventos predominantes da região metropolitana de Vitória, onde está inserido a BHRDB, são de nordeste, sendo modificados pela entrada de massas de ar fria oriundas do Sul, para a direção sudeste (MARCHIORO, 1996).

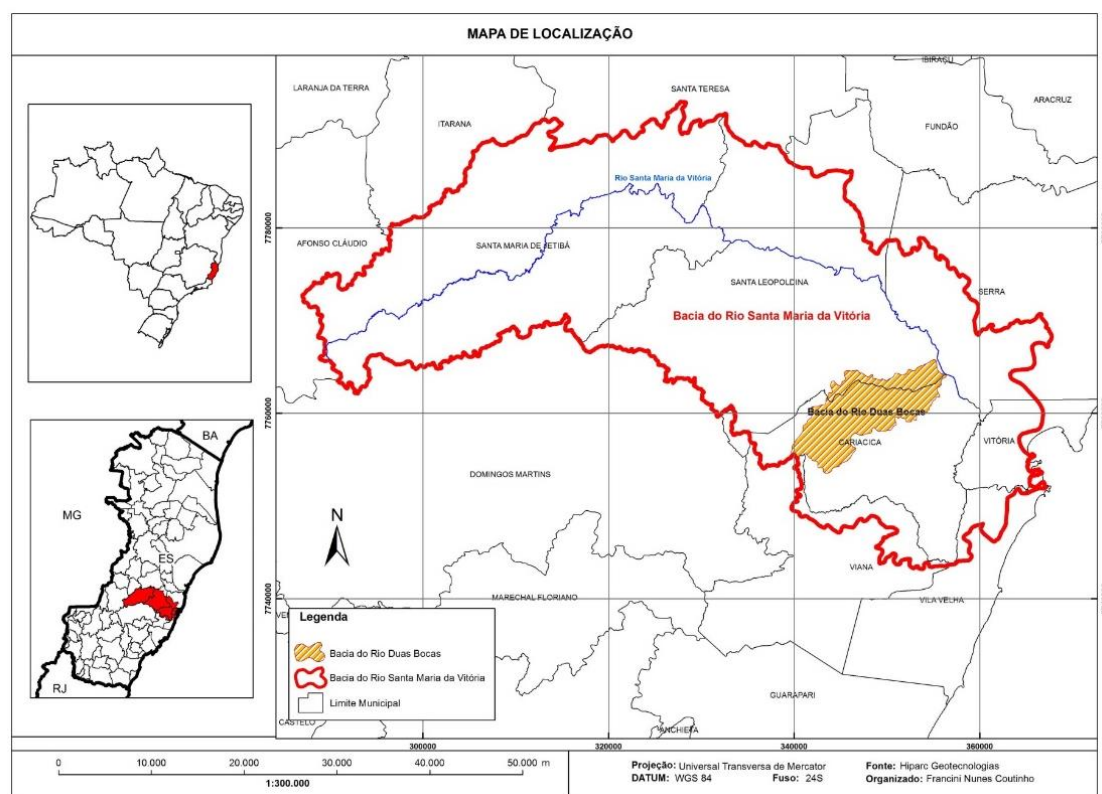


Figura 1 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES)

Dentre os fatores dinâmicos que promovem a variabilidade dos elementos climáticos citados, pode-se destacar a Zona de Convergência do Atlântico Sul, a Zona de Convergência de Umidade, as massas de ar e a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (MARCHIORO, 2012).

Com base no RADAMBRASIL (1983), nas folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, escala 1: 1.000.000 e, o levantamento da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (CPRM, 2016), a geologia da BHRDB é constituída pelo Complexo Nova Venécia, Granito Maciço Vitória, Grupo Barreiras e Depósitos Flúvio-Lagunares. Em termos geomorfológicos é possível verificar a ocorrência das unidades: Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Colinas e Maciços Costeiros, Tabuleiros Costeiros, e a Planícies Fluviais (IJSN, 2012).

De acordo com o mapeamento de solos da Embrapa de 1978, reclassificado em 1999, 2006 e, em 2013, disponível na escala de 1:400.000, na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas são verificadas as classes de solos: Cambissolo, Gleissolo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo/Argissolos e Neossolos Litólicos

Com relação a hidrografia, Marchioro (1996), Perrone (1995), Barroso e Marchioro (1999) salientam que as principais nascentes do rio Duas Bocas estão dentro da ReBio de mesmo nome, sendo elas: Pau Amarelo, Naia-Assú, Panelas e Sertão Velho.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho, primeiramente foi realizado uma revisão dos trabalhos escritos abordando a temática do campo térmico, bem como, buscou-se material cartográfico que corroborassem com a temática. A metodologia foi dividida em duas etapas: 1) elaboração dos mapas de campo térmico, uso e cobertura da terra e de direção de vertentes; 2) cruzamento dos mapas de uso e cobertura da terra e direção de vertentes com os mapas de campo térmico de verão e inverno.

Para elaboração do mapa do campo térmico da BHRDB, foram utilizadas as imagens de Satélite do *Landsat 8*, lançado em 2013, possuindo dois sensores imageadores, sendo o primeiro, o multiespectral *Operational Land Imager* (OLI), com 9 bandas, sendo 8 com 30 metros de resolução espacial e uma pancromática com 15 m e, o segundo sensor termal, *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), com 2 bandas, com resolução espacial de 100metros (USGS, 2016).

Cada cena do satélite *Landsat 8* possui, aproximadamente, 170 km norte-sul por 183 km a leste-oeste, possuindo resolução radiométrica de 16 bits (65536 níveis de cinza), resolução temporal de 16 dias, sendo que a sua passagem pela linha do Equador, ocorre às 10:00 horas da manhã, podendo atrasar ou adiantar 15 minutos (USGS, 2015). Nesse contexto, para alcance dos objetivos do trabalho a banda utilizada foi a de número 10 (faixa do infravermelho termal – 10.6 – 11.19), pois tem os parâmetros necessários para diagnosticar o campo térmico da área de estudo. Também, levou-se em consideração a questão de visibilidade, interferência de nuvens entre outros.

Após a obtenção das imagens, as mesmas foram processadas através do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este processamento é composto normalmente por três momentos: a correção geométrica das imagens através do processo de georreferenciamento; a transformação do sinal digital derivado do satélite em radiância ($\text{W.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$) e, a conversão dos valores de radiância em temperatura através do inverso da lei de Planck.

Porém, nesta pesquisa, foi realizado somente a segunda e a terceira etapa, pois a primeira não se fez necessário devido à precisão geométrica encontrada nas imagens do satélite *Landsat 8* em relação as imagens de referência, que foram as fotografias aéreas ortorretificadas de 2012, com resolução espacial de 0,25 metro, disponibilizadas pela Hiparc Geotecnologias Ltda. ao Laboratório de Monitoramento e Modelagem de Sistemas Ambientais (Lamosa)

A segunda etapa, foi transformar o sinal digital do satélite em radiância conforme apresentado na equação de número 1.

$$L = \{[(Lmax - Lmin)/(NCmax - NCmin)]*(NC - NCmin)\} + Lmin, \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Lmax = Valor de radiância máxima; Lmin = Valor de radiância mínima; NCmax= Valor de nível de cinza máximo, dada a quantização; NCmin= Valor de nível de cinza mínimo e NC= Valor de nível de cinza de cada pixel da imagem (Holz, 2012; Lorena et al., 2013, Monks, 2014).

Na terceira etapa foi realizada à correção dos valores de radiância para temperatura usando o inverso da lei de Planck, como pode ser visto na equação 2:

$$\text{Temp}(^{\circ}\text{C}) = \left\{ \left(\frac{K1}{\ln(K2 / L)} \right) + 1 \right\} - 273,15 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

K1 e K2 = são constantes de calibração para a banda do infravermelho termal (10,4 e -12,5µm).

Desta forma foi possível extrair os dados de temperatura necessários através do processamento de dados em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) implementada no SPRING e, por fim, gerar o mapa de campo termal da estação inverno (Agosto/2014) e, de verão da (Janeiro/2015) da BHRDB.

O mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, foi elaborado por Santos (2016), como base no mapeamento realizado pela empresa Hiparc Geotecnologias Ltda., utilizando fotografias aéreas ortorretificadas, com resolução espacial de 0,25 metros, composto pelas seguintes classes de uso e cobertura da terra: Afloramento Rochoso, Brejo, Cultivo Agrícola - Banana, Cultivo Agrícola-Café, Cultivo

Agrícola - Côco Bahia, Edificação, Jaqueira, Macega, Massa D'Água, Mata Nativa, Outros Cultivos agrícolas Anuais, Pastagem, Silvicultura e Solo Exposto.

O mapa de direção de vertentes foi produzido a partir da interpolação de curvas de nível com equidistância de 5 metros. Este processo gerou um modelo digital de elevação que, posteriormente, foi reclassificado utilizando o ângulo azimutal correspondente à maior inclinação do terreno no sentido descendente (VALERIANO, 2008). Desta maneira, os dados foram classificados em 9 classes: Plana, Norte, Nordeste, Noroeste, Leste, Oeste, Sul Sudeste, Sudoeste.

Para contribuir com a avaliação do efeito das características do uso e cobertura da terra sobre o campo térmico da BHRDB, foi elaborado um transecto de sentido Leste-Oeste, denominado A e B.

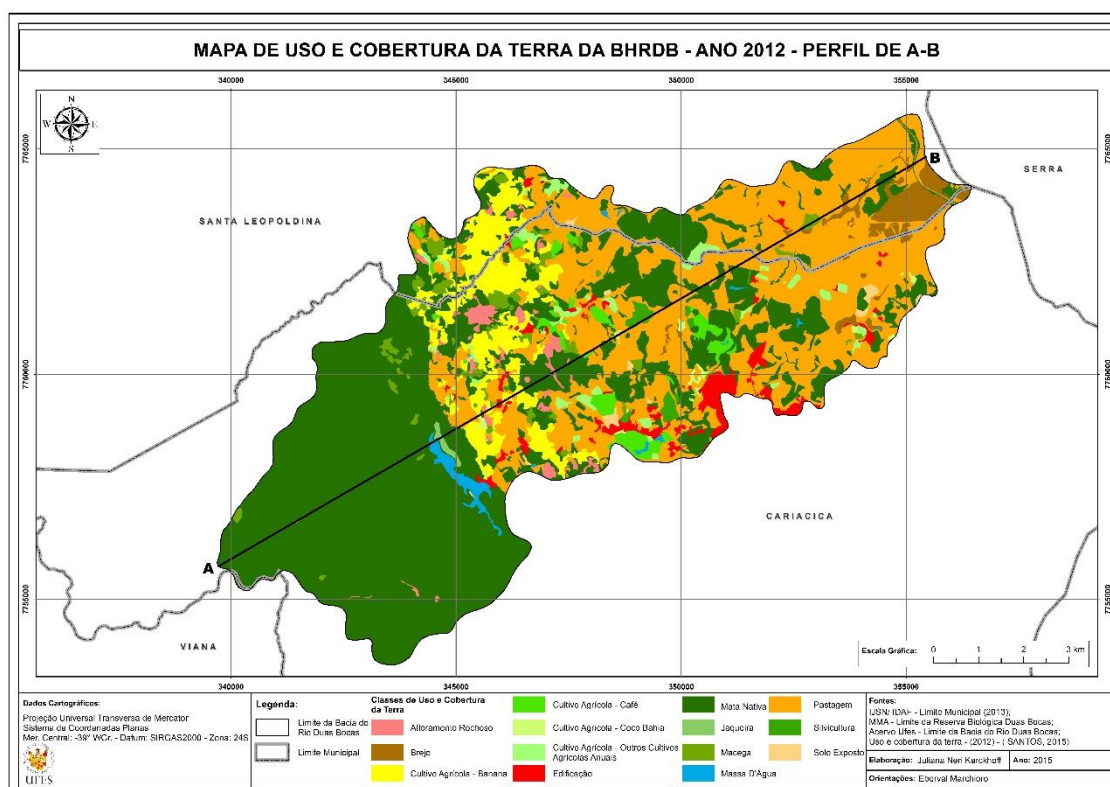


Figura 2 - Transecto no sentido A para B, em função dos usos e cobertura da terra da BHRDB

Fonte: adaptado de Santos (2016)

Após a elaboração dos mapas de campo térmico (inverno e verão), de uso e cobertura da terra e, direção de vertentes, a etapa seguinte foi o cruzamento desses 3 planos de informação com o objetivo de analisar a variação do campo térmico em relação as diferentes classes de uso e cobertura da terra para dois períodos diferentes do ano. Para

tanto, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento como a tabulação cruzada que compara duas informações espaciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor compreensão do leitor, os resultados serão apresentados a partir do uso e cobertura da terra e, posteriormente a análise do campo térmico para o inverno de 2014 e verão de 2015.

Uso e cobertura da terra da BHRDB

Em relação ao uso e cobertura da terra da BHRDB, é possível verificar na tabela 1, o predomínio da Mata Nativa associada a cobertura vegetal de Mata Atlântica com 48,27%, o equivalente à 44,54km² da área da referida bacia, seguido pela classe pastagem com 31,51%, equivalendo à 29,08 km² da BHRDB (Figura 2). A outra classe com maior representatividade é a cultura de Banana, com 6,78%, equivalendo à 6,25km².

O predomínio de Mata Nativa na BHRDB está associado a criação da Reserva Florestal de Duas Bocas, por meio da lei nº 2.095 de 12 de janeiro de 1965, que em 2 de janeiro de 1991, através da Lei nº 4.503, foi transformada em Reserva Biológica de Duas Bocas (ReBio) (GOVERNO DO ESTADO, 1996).

A segunda classe com maior representatividade espacial é a de Pastagem (Tabela 1). Está classe ocorre prioritariamente no terço médio e inferior da BHRDB, estando associado a prática de pecuária extensiva. Outra classe representativa na área é o Cultivo Agrícola de Banana (Tabela 1), ocupando prioritariamente o terço médio da BHRDB, sendo importante para a economia local.

O campo térmico da BHRDB para o inverno

Com relação ao campo térmico do dia 23 de agosto de 2014, intitulado nesse trabalho de inverno, foram obtidas temperaturas entre 20,46°C (mínima) e 32,48°C (máxima), conforme pode ser visto na figura 3 e, amplitude térmica de 12,02°C

Em termos espacial, o intervalo de temperatura entre 22,1 – 24°C ocorre em 34% da área da BHRDB, seguida pelo intervalo entre 24,1 - 26°C, com 29% e, entre 26,1 – 28°C com 28% do espaço geográfico da área estudada. As classes com menores áreas estiveram associadas aos intervalos de 30,1 – 32°C e 32,1 – 34°C, obtendo valores inferiores a 1% da área da bacia.

Tabela 1: Representatividade das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas para o ano de 2012.

Classes de Uso e Cobertura da Terra de 2012	Área em km²	Área em ha	(%)
Afloramento Rochoso	1,16	115,99	1,26
Brejo	2,11	211,29	2,29
Cultivo Agrícola - Banana	6,25	625,45	6,78
Cultivo Agrícola-Café	1,66	165,77	1,80
Cultivo Agrícola - Côco Baía	0,25	25,72	0,27
Edificação	2,15	215,19	2,33
Jaqueira	0,14	13,58	0,15
Macega	2,02	201,83	2,19
Massa D'Água	0,67	67,21	0,73
Mata Nativa	44,54	4453,53	48,27
Outros Cultivos Agrícolas Anuais	1,37	136,94	1,48
Pastagem	29,08	2907,54	31,51
Silvicultura	0,51	51,03	0,55
Solo Exposto	0,36	35,81	0,39
Total	92,27	9226,88	100

Fonte: Santos (2016)

Quando se analisa a relação entre o campo térmico da BHRDB e as classes de uso e cobertura da terra, verifica-se que as menores temperaturas estão associadas as classes Mata Nativa (Mata Atlântica), Jaqueira, agricultura de Banana, que apresentaram temperaturas mínimas na classe entre 20,1 - 22°C e, as máximas temperaturas, na classe entre 32,1 - 34°C, estão associadas as classes Macega e Pastagem.

Na classe Pastagem, o intervalo de máxima temperatura foi de 32,1 - 34°C, abrange apenas 0,06% da área da bacia, predominando a classe de temperatura entre 26,1-28°C, abrangendo 56% da área da BHRDB. Já em relação a Macega, o intervalo da classe de temperatura máxima entre 32,1 - 34°C abrange apenas 0,19% da área da BHRDB, predominando as classes de temperatura entre os intervalos de 24,1 - 26°C, com 39% e, entre 26,1 – 28°C, com 37%.

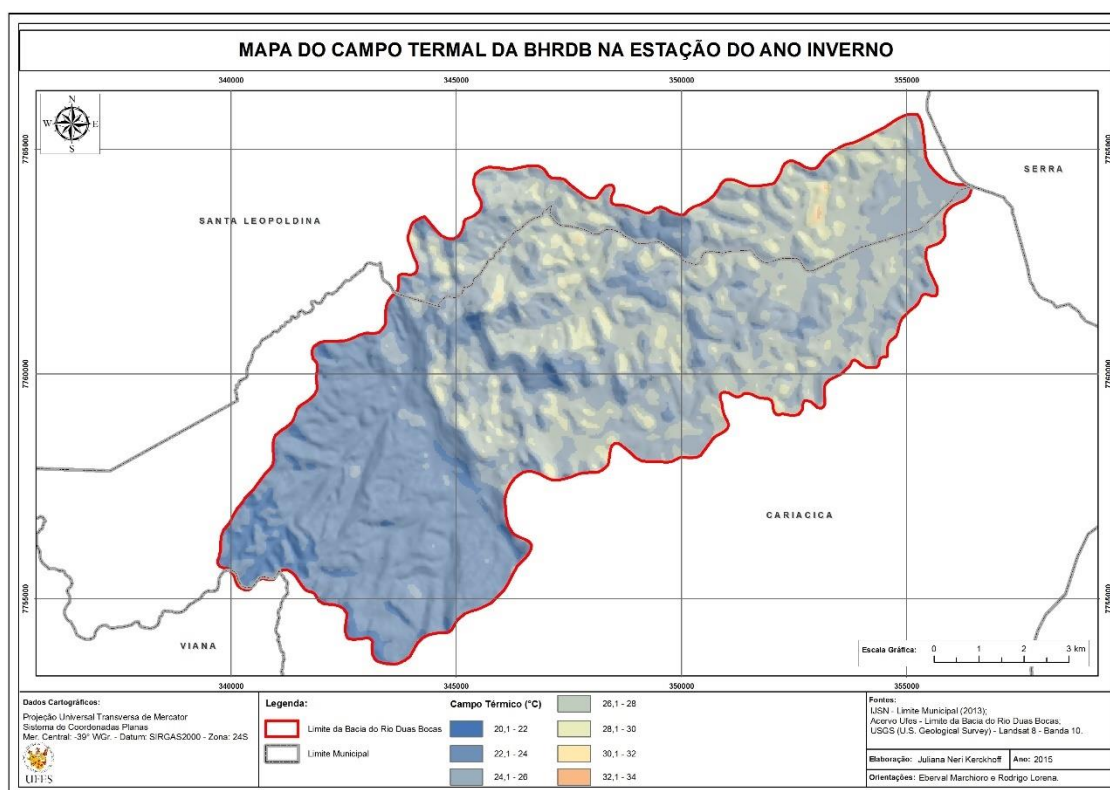


Figura 3 - Campo térmico da BHRDB na estação do ano inverno de 2014

A classe edificações, obteve temperatura máxima no intervalo entre 28,1 - 30°C e, predomínio da classe de 26,1 – 28°C, abrangendo 50% da área. Possivelmente, o comportamento da classe edificação em relação a Macega e Pastagem que apresentaram maiores temperaturas, está associado à sua pequena representatividade espacial, tipologia dos núcleos residenciais com predomínio de um a dois pavimentos e, sua fragmentação nos limites da BHRDB.

Campo térmico na estação do ano Verão

Em relação ao campo termal da BHRDB na estação do ano Verão, observa-se na figura 4 que as menores temperaturas foram na classe de 25,1 - 26°C e, à máxima temperatura na classe entre 38,1 - 40°C.

Em termos espacial, o intervalo de temperatura no verão de 26,1 - 28°C abrangeu 30% da área da BHRDB, seguidos pelas classes de intervalos entre de 32,1 - 34°C com 22% e, por fim, as classes 34,1 – 36°C e 30,1 - 32°C com porcentagem de 22% e 16%, respectivamente. A classe entre 38,1 – 40°C, de maior temperatura, obteve valor inferior a 1% do espaço geográfico da BHRDB.

Quando se analisa a temperatura intra-estação do ano Verão em função do uso e cobertura da terra, pode-se verificar que as Classes Mata Atlântica e Jaqueira apresentam os maiores percentuais com temperaturas entre 26,1 - 28°C, sendo, respectivamente 59% e 100%, apresentando ainda na classe Mata Nativa (Mata Atlântica), a menor classe de temperatura entre 25,1 – 26°C, que abrange 4% da BHRDB. As classes de uso e cobertura da terra com maior abrangência espacial entre 34,1 - 36°C foram Pastagem e Brejo, com respectivamente 46% e 54%.

Apesar da maior abrangência espacial das classes Pastagem e Brejo, foi na classe Solo Exposto onde encontrou-se a máxima temperatura entre as classes analisadas, no intervalo entre 38,1 - 40°C, devido a ausência de umidade no período analisado, fato que contribuir para o aumento da absorção da radiação recebida do Sol, corroborando para o acréscimo na temperatura.

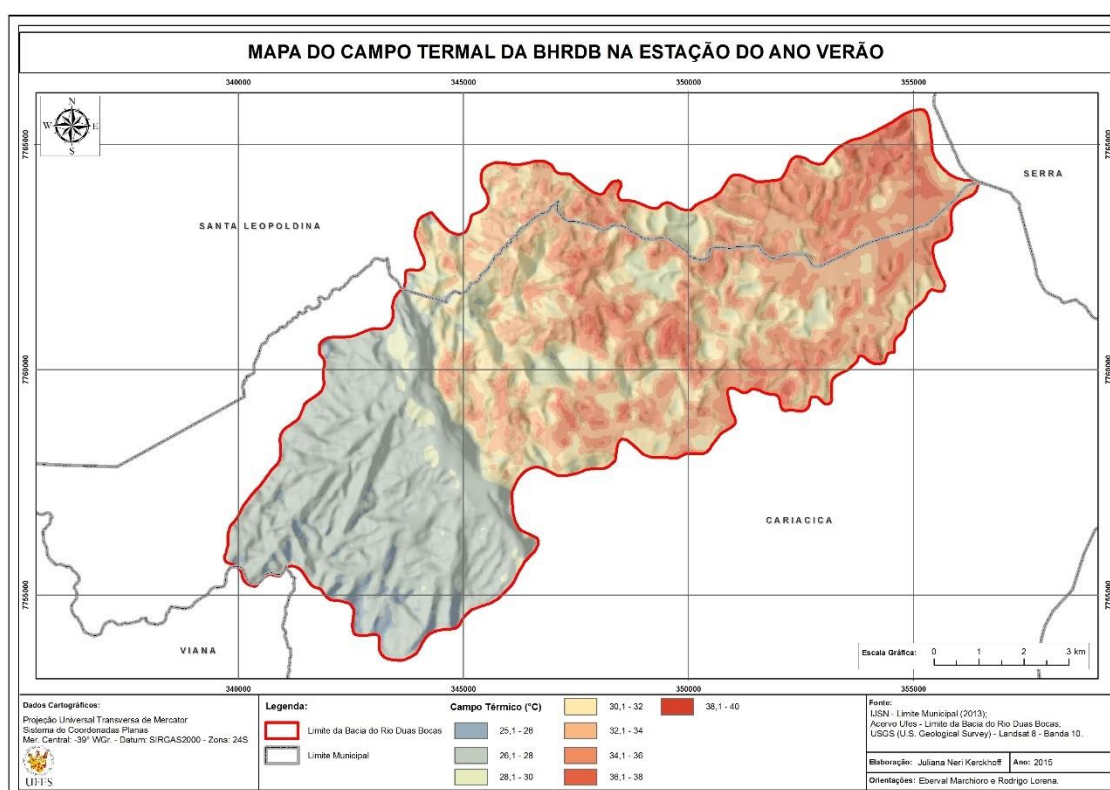


Figura 4 - Campo térmico da BHRDB para a estação do ano Verão de 2015.

Quando se compara a temperatura obtida no verão em relação ao inverno, verifica-se um aumento na mínima temperatura obtida no verão de 5°C e, de 6°C na máxima temperatura obtida (Figura 5).

Este comportamento está associado ao ângulo de incidência solar durante o verão do hemisfério Sul com azimute de solar de $91,20^\circ$ e sua elevação de $58,49^\circ$, que corroboram para o aumento na intensidade de radiação que atinge a superfície em relação ao da estação do ano inverno, com azimute solar de $46,39^\circ$ e a elevação solar era de $46,46^\circ$.

Apesar da menor temperatura na estação do ano Inverno entre $20,1 - 22^\circ\text{C}$ e, no verão entre $25,1 - 26^\circ\text{C}$ serem verificada por exemplo, na classe Mata Nativa ou Mata Atlântica, não se pode afirmar que existe uma homogeneidade no campo térmico desta classe, pois foram também identificadas temperaturas entre $26,1 - 28^\circ\text{C}$ e $30,1 - 32^\circ\text{C}$ para o Inverno e, entre $36,1 - 38^\circ\text{C}$ no Verão, indicando que fatores geográficos como a altitude, aos fundos dos vales, a orientação e forma da encosta, às característica da estrutura da vegetação da bacia associado ao ângulo de incidência do Sol, interferem em seu comportamento.

Baseado na figura 5 para as estações do ano Verão e Inverno, é possível verificar ao longo do perfil de temperatura A – B uma variabilidade análoga da temperatura, mesmo que apresentem valores discrepantes.

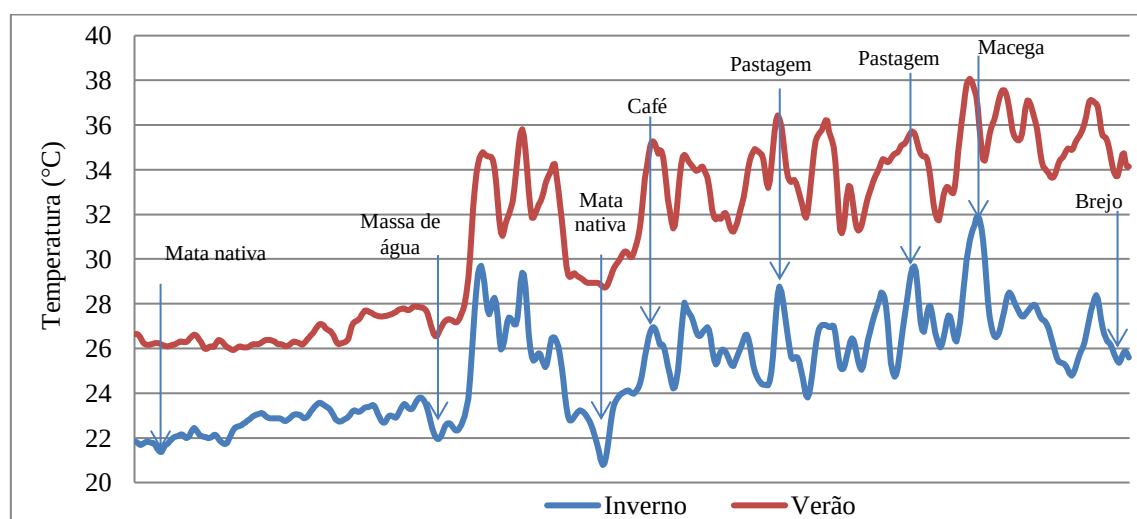


Figura 5 - Variabilidade da temperatura ao longo do perfil longitudinal A e B na BHRDB (ES) nas estações do ano Verão e Inverno.

Para exemplificar tal comportamento térmico na estação do ano Inverno, o perfil um (A – B) inicia-se em um ponto dentro da Reserva Biológica Duas Bocas com temperatura de $21,8^\circ\text{C}$ na classe de Mata Nativas, atravessa os vários tipos de cultivos agrícolas, atinge o seu ápice de temperatura camada de macega, com $31,7^\circ\text{C}$, finalizando num ponto dentro da classificação de brejo com temperatura de $25,6^\circ\text{C}$. No verão, o

mesmo perfil inicia-se em um ponto dentro da ReBio de Duas Bocas, na classificação de Mata Nativa/Mata Atlântica, com temperatura de 26,6°C, perpassa por várias classes apresentando a maior temperatura na classe de pastagem, com 37,5°C e, finaliza num ponto dentro da classificação de brejo, com temperatura de 34,7 °C. Tal variabilidade corrobora também para verificar como as mudanças em cada categoria de uso e cobertura da terra afeta a variabilidade da temperatura.

Também para exemplificar o efeito das orientações das encostas sobre o campo térmico no Inverno, é analisado os pontos denominado de 1 e 2, que são apresentados na figura 6. No ponto 1, foi verificado que no inverno as orientações voltadas para Oeste, Sul e Sudoeste tiveram presença de sombra, devido ao azimuth solar de 46°, consequentemente, apresentaram as menores temperaturas. Em contrapartida, a predominância das orientações das encostas de Norte, Noroeste, Nordeste e Leste, não há presença de sombra e, as variações de temperaturas registraram os maiores intervalos: 26,1 – 28°C; 28,1 – 30°C e 30,1 – 32°C.

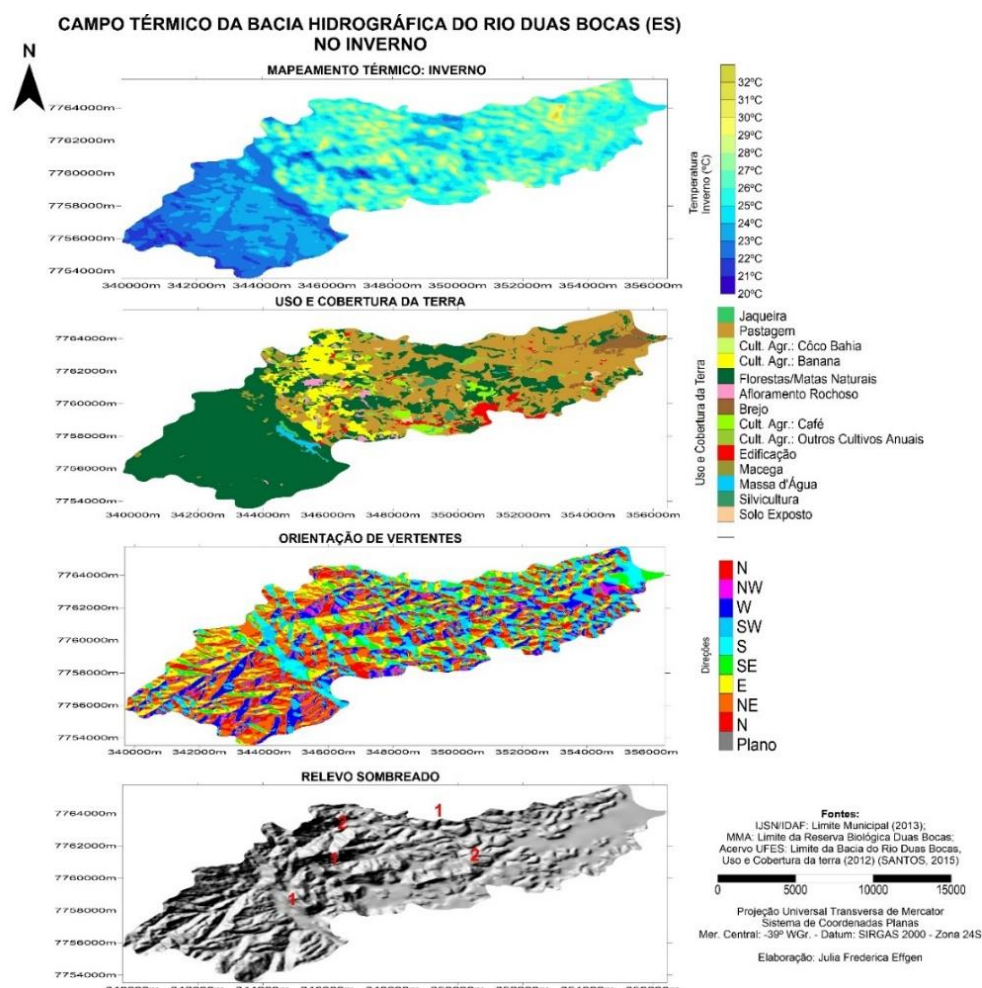


Figura 6 - Efeito da orientação das encostas no campo térmico da BHRDB na estação do ano Inverno

Já quando se analisa o efeito da orientação das encostas na estação do ano verão apresentados no mapa da figura 7, com os números 3 e 4, observa-se que nos pontos 3 com orientação de encostas Noroeste, Oeste, Sul e Sudoeste e, nos pontos 4 com vertentes orientadas para Leste, Oeste, Noroeste, Nordeste, Sul e Sudeste associado ao ângulo de incidência solar de 91° e a elevação de 58° a ausência das sombras como fator minimizador de campos térmicos (Figura 7).

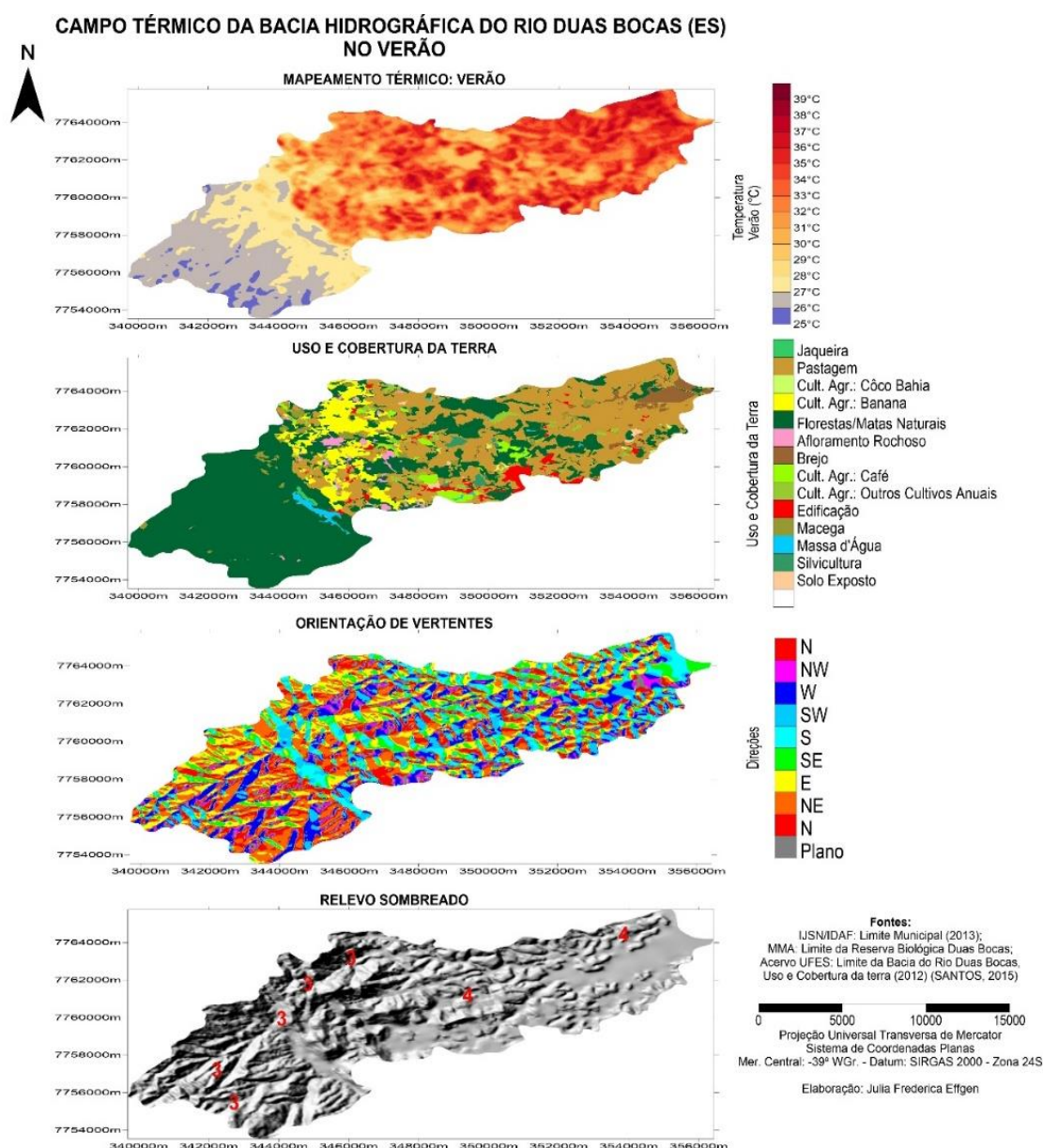


Figura 7 - Efeito da orientação das encostas no campo térmico da BHRDB na estação do ano Verão

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A BHRDB apresentou temperatura discrepantes entre as estações do ano Inverno e Verão, devido ao ângulo de incidência do Sol, corroborando para uma variabilidade de 5°C na temperatura mínima e, de 6°C na máxima temperatura.

O uso e cobertura da terra não responde unicamente pela variação térmica em bacias hidrográficas com características rurais e predomínio Mata Nativa ou Mata Atlântica, pois foi verificado que fatores geográficos como altitude, orientação e morfologia das encostas e ângulo de incidência solar, corroboram para tal ocorrência.

A classe Mata Nativas ou Mata Atlântica se destaca como um minimizador de temperatura na BHRDB pela forma como absorve radiação, formando um núcleo de frescor. Já as classes de uso e cobertura da terra Pastagem e Macegas, corroboram para obterem as maiores temperaturas na bacia devido ao comportamento espectral desses alvos.

Apesar do mapeamento do campo termal utilizando imagens de satélites serem aplicadas preferencialmente em sítios urbanos, pode-se afirmar que tal técnica corroborou para a análise do campo térmico no recorte espacial da bacia hidrográfica com características rurais e, com predomínio de Mata Nativa ou Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R.; R., ROSEGHINI, W. F. F.; MENDONÇA, F. Análise do Campo Térmico da cidade de Irati/PR: primeiros experimentos para a definição do clima urbano. *Revista brasileira de climatologia*, v. 6, p. 57-77, 2010.

ANDRADE, H. O clima urbano – natureza, escala de análise e aplicabilidade. *Finisterra*, XL, v. 80, p. 67-91. 2005.

BARBIRATO, G. M.; BARBOSA, R. V. R. Vegetação urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmido. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/III Conferência Latino - Americana sobre conforto e Desempenho Energético de Edificações, 7, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba. 2003. p. 722-729.

BARROSO, G. F.; Marchioro, E. Estudos de Parâmetros Morfométricos e Sólidos em Suspensão em Bacias Hidrográficas como Subsídios ao Manejo Ambiental: estudo de caso das sub-bacias do rio Duas Bocas (ES). In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 7, 1999, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte (MG), 1999. p. 40-41.

BARRY, R.G., CHORLEY, R. J. Atmosfera, tempo e clima. Tradução de Costa, T. C., Consultoria, supervisão e revisão técnica, Porto Alegre. Bookman, 2013. 512p.

BASTOS, K. V; LÓPEZ, J. F. B; MARCHIORO, E; GONÇALVES, A. O. Ritmo Pluviométrico da Bacia do Rio Duas Bocas (ES). Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias (SASGEO), 1, 2015, Uberaba. **Anais....** Uberaba (MG), 2015.

BRANDÃO, A.M.P.M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. 1996. 356 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, FFLCH, São Paulo, 1996.

CAMARGO, F. F.; PEREIRA, G.; MORAES, C. E.; OLIVEIRA, de L. G. L.; ADAMI, M. Análise multitemporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na Região Metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993 e 2003. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis (SC), 2007.

CARVALHO, M. M. Urban climate and vegetation: analytic and prospective study of the Parque das Dunas in Natal. 2001. 283 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

COELHO, A. L. N.;CORREA, W. S. C. TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE CELSIUS DO SENSOR TIRS/LANDSAT-8: METODOLOGIA E APLICAÇÕES. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 7, p. 31-45, 2013.

COELHO, A. L. N.;CORREA, W. S. C.; NASCIMENTO, F. H. Uso de produtos de sensoriamento remoto para a classificação e análise de temperaturas de superfície no município de Vila Velha/Es (Brasil). *Geofocus* (Madrid), v. 13, p. 61-76, 2013.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) - Serviço Geológico do Brasil. Litoestratigrafia, 2006. Disponível em: http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/litoestratigrafia.litoestratigrafia.cadastro?p_cod_unidade_estrat=3428&p_webmap=S. Acesso: janeiro, 2016.

CRUZ, J.C.L. Características térmicas da cama intra-urbana em Rio Claro (SP). 1995. 189 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. *Acta geográfica* (UFRR), v. 1, p. 61-76, 2012.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.;ALVES, R. S.; MIRANDA, J. D. E. C. . O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. *Geografias* (UFMG), v. 1, p. 80-98, 2015.

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

GOVERNO DO ESTADO DO ESPIRITO SANTO Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente – SEAMA. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas – ITCF/ PLANAVE S.A. Estudos e Projetos de Engenharia Plano de Manejo da

Reserva Biológica de Duas Bocas Estado do Espírito Santo. RELATÓRIO FINAL. Volume I.1996.

HOLZ, S.; LORENA, R.B; MARCHIORO, E. O uso do sensoriamento remoto para análise do campo térmico da superfície urbana completa do município de Vitória (ES). Revista GEONORTE, Edição especial, v.2, n.4, p.1674 – 1682. 2012.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito. 19 f. Nota técnica 28 Vitória, ES, 2012.

LOIS, E.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. Efeitos de diferentes estruturas de vegetação ciliar sobre as variáveis de microclima e sensação de conforto térmico. Revista do Instituto Florestal, v. 23, p. 117-136, 2011.

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

LORENA, R. B.; MARCHIORO, E.; HOLZ, S. Análise do campo térmico da área urbana do município de Vitória através de dados de sensoriamento remoto. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais....** Foz do Iguaçu (PR), 2013. p. 1092-1098.

MARCHIORO, E. A incidência de frentes frias no município de Vitória (ES). Revista ACTA Geografia, Edição especial. p. 49-60. 2012.

MARCHIORO, E. Avaliação de sólidos Transportados, parâmetros da morfometria e solos de seções fluviais do Córrego Naiacú (Reserva Biológica de Duas Bocas - ES). 1996. 53 f. Monografia (graduação em Geografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 1996.

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

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. Clima urbano. São Paulo. Editora contexto. 2013. 192p.

MONTEIRO, C. A. F.; TARIFA, J. R. Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano. São Paulo: IG/USP, Climatologia, 7, 1977.

MONTEIRO, C. A.F. Teoria e clima urbano. Tese de Livre Docência. Departamento de Geografia (FFLCH). São Paulo, 1976, 181p.

OKE, T. R. Boundary layer climates. New York: Taylor & Francis Group. 1987. 372p.

OKE, T. R. City size and urban heat island. Atmospheric environmental, Oxford, v 7, p 769-779, 1973.

OLIVEIRA FILHO, A. Gonçalves. Estudo Geomorfológico do Município de Cariacica-ES com Uso de Sistemas de Informações Geográficas. Monografia. Graduação em Geografia, Centro de Ciências Humanas e Naturais, UFES. Vitória, 2010, 110 p.

- PAULA, M. L. M. Comparação do Campo Térmico do Município de Vitória-ES, em relação às Alterações de Uso e Ocupação do Solo Urbano em 1991 e 2011. 2015. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. 79 p.
- PERRONE, A. Estudos Preliminares sobre a Carga de Sólidos Transportados, Parâmetros Morfométricos e Pluviométricos da Bacia do Córrego Pau Amarelo – Reserva Biológica de Duas Bocas – ES. Monografia (Graduação). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1995.
- RADAMBRASIL. Projeto RadamBrasil. Folhas 23/24 Rio de Janeiro/Vitória.V 32. Rio de Janeiro, 1983.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Introdução. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. STEINKE, E. T. (Org.). Experimentos em Climatologia geográfica. Editora UFGD. Dourados (MS). 2014. p 23-34.
- SANTOS, C. AP.; SILVA, C. A. O sistema clima urbano (S.C.U): procedimentos de pesquisa no subsistema físico-químico, mensurando a qualidade do ar. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. STEINKE, E. T. (Org.). Experimentos em Climatologia geográfica. Editora UFGD. Dourados (MS). 2014. p 35-54.
- SANTOS, J. R. U. Análise integrada da vulnerabilidade erosiva da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas (ES). 2016. 157f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia/Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória (ES), 2016.
- SCHNEIDER, H. Da dinâmica urbana às dinâmicas do clima: considerações sobre às cidades de Dourados/MS. Revista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros. Seção Três Lagoas/MS. nº 16, p 53-70. 2012.
- SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. REVSBAU, v.4, n.4, p.1-16, 2009.
- SILVA, J. P.; CANEPARO, S. C.; PAULA, E. V. Análise comparativa de dois métodos para obtenção da temperatura de superfície do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba a partir sensor TM/LANDSAT-5. Revista Brasileira de Climatologia, v. 14, p. 199-212, 2014.
- USGS – Geological Survey/ Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8. EUA. Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov>> Acesso em: Outubro/ 2015.
- USGS – Geological Survey/ Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Satélite Landsat-8 e informações gerais. EUA. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php> Acesso em: Janeiro, 2016.
- VALERIANO, M. M. Topodata: Guia de Utilização de Dados Geomorfológicos Locais. Do Projeto de Produtividade em Pesquisa “Modelagem de dados topográficos SRTM”. CNPq, processo nº 306021/2004-8 (NV), INPE, São José dos Campos, 2008.