

## **Análise da temperatura de superfície no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES utilizando o sensor TIRS/LANDSAT-8.**

Arthur David de Angeli <sup>1</sup>  
Allan Henrique Lima Freire <sup>1</sup>  
Felipe Taveres da Silva Gomes <sup>1</sup>  
Mayke Decottignies Magalhães <sup>1</sup>  
Vilnar Bersot Neto<sup>1</sup>  
André Luiz Nascentes Coelho <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo  
Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias  
Av. Fernando Ferrari, 514 - 29075-973 - Vitória - ES, Brasil  
{arthurdaviddeangeli, allanhlf}@hotmail.com; {felipetavaressg, mayke.dm, alnc.ufes}@gmail.com; vilnarbersot@yahoo.com.br

**Abstract:** This article is about the temperature variation in the city of Cachoeiro de Itapemirim, in Espírito Santo state-Brazil, analysed by the thermal band's satellite Landsat-8, and relates the causes to different land uses and occupations, besides its geomorphological and climatic aspects. Based on thermal images and relief's shaded models, along with different land uses and coverages, the study delimited areas with higher temperatures and its geomorphological or usual causes. The analysis is focused on that demarcation (using GIS tools) of the most thermally affected areas by anthropic activity. The aim is also to present the active elements in thermal variation that occurs in the city. The analysis shows that in the more urbanized regions and in those which develop any industrial or mining activity, temperatures rise, exceeding 6 ° C compared to other areas of the city. Since it was possible to pinpoint the hottest areas and describe the causes of its increase of temperature, a climatic characterization of the city was held. This characterization demonstrates that industrial activities and unplanned urbanization resulting in a rise in the temperature, which triggered areas provided with a thermal discomfort to the population.

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

### **1. Introdução**

O modelo de crescimento urbano das últimas décadas trouxe consigo consequências de ordem ambiental. Parte considerável desse processo ocorre com a supressão das áreas verdes e a substituição da superfície do solo por materiais não-evaporativos e não-porosos, como asfalto, concreto, entre outros, resultando em um aumento geral da temperatura, um clima próprio ou clima urbano (MONTEIRO e MENDONÇA, 2011; MONTEIRO, 1976).

Seus efeitos mais diretos são sentidos pela população através da alteração do conforto térmico, da qualidade do ar, além de outras manifestações, deteriorando a qualidade de vida dos habitantes (MENDONÇA e DANNI- OLIVERIA, 2007). De acordo com Brandão (2011), o fenômeno “ilha de calor” é um dos mais significativos no clima urbano e sua intensidade depende das condições micro e mesoclimáticas locais como a topografia, a geometria das edificações, o albedo dos materiais constituintes, a impermeabilidade do solo, a baixa concentração de áreas verdes, dentre outros.

Por outro lado o avanço das geotecnologias, mais precisamente do sensoriamento remoto incorporado ao sistema de informações geográficas (SIG), possibilita realizar significativos trabalhos com análises de áreas da superfície terrestre (FITZ, 2008).

Nessa perspectiva, as informações como o uso e cobertura da terra juntamente com dados de temperatura de superfície, derivadas de técnicas de sensoriamento remoto orbital, constituem-se em parâmetros relevantes no que se trata dos estudos do clima de uma determinada unidade espacial (MONTEIRO, 1991).

Rao (1972) foi o primeiro a demonstrar que áreas urbanas poderiam ser identificadas por meio de análises de dados na faixa do infravermelho termal adquiridos por um satélite.

Pesquisadores como Coelho e Correa (2013), Nascimento (2011), Weng (2010), Jensen (2009), Liu (2006), Weng et al. (2004), Oke (2003), Streutker (2002), Mendonça (1995), Lombardo (1985), entre outros, também usaram sistemas de sensoriamento remoto infravermelhos termais para documentar o efeito de ilha de calor urbana, assim como extrair informação de temperatura da superfície de distintos materiais.

Nesse contexto, o presente artigo tem por objetivo a discussão, operacionalização e difusão das geotecnologias utilizando imagem do satélite Landsat-8 para avaliar o comportamento da temperatura de superfície nos usos da terra e topografia, em escalas espaciais distintas no Município de Cachoeiro de Itapemirim Estado do Espírito Santo.

Como objetivos específicos: destacar as fórmulas de coeficientes de calibração radiométrica para obtenção de temperaturas Celsius da faixa do infravermelho termal do satélite Landsat-8, banda 10, de resolução espacial de 30 metros a partir da metodologia apresentada por Coelho e Correa (2013); compor uma imagem das bandas 2, 3, 4 e 8 pancromática do satélite Landsat-8 para avaliar os principais uso e cobertura da terra; contribuir nas pesquisas relacionadas com o clima regional/urbano, como também na produção de material de apoio para elaboração de diretrizes/planos municipais.

## 2. Metodologia

A sistematização deste trabalho dividiu-se em três principais etapas. A primeira direcionada para uma revisão bibliográfica relacionada à temática como os estudos e pesquisas de Coelho e Correa (2013), Nascimento (2011), Weng (2010), Jensen (2009), Liu (2006), Weng et al. (2004), Oke (2003), Streutker (2002), Mendonça (1995), Lombardo (1985), entre outros. Também a aquisição de dados pertencentes à área de estudo, como as informações de temperatura máxima e mínima na data de passagem do satélite coletadas na edição diária (08/01/2016) do jornal *A Tribuna* e no site Climatempo (2016). A escolha da utilização das informações de temperatura do jornal e do site como base de comparação e constatação se deve ao fato de o município não possuir uma estação meteorológica ativa no dia em que a imagem foi coletada.

A segunda etapa consistiu na aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8 junto ao Serviço Geológico Americano (USGS, 2016), sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), órbita 215, ponto 74, com data de passagem 08/01/2016 e horário central 9:45 horas, bandas: 2, 3 e 4 com resolução espacial de 30 metros, banda 8 pancromática com resolução de 15 metros e banda 10 correspondente a faixa do infravermelho termal (10.6 - 11.19  $\mu\text{m}$  - micrômetro), com resolução espacial de 30 metros.

Os mapeamentos e processamento de todos os dados vetoriais e matriciais foram realizados no SIG ArcGIS 10.4, iniciando-se com a criação de um projeto e a adição dos planos de informações abrangendo a área de estudo e adjacências ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000 Zona 24 Sul com todo o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica segundo propostas de Lo e Yeung (2008) e Fitz (2008).

Após a conclusão das duas etapas iniciais, realizou-se a organização, tratamento e análise do dado matricial, procedimentos que consistiram na terceira etapa do trabalho. Nesta etapa, foi realizado um recorte da imagem infravermelha termal (banda 10) na área de estudo, seguida do uso dos parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin, fundamentado nas Equações e Tabelas 1 e 2, disponibilizadas no Serviço Geológico Americano (USGS, 2016).

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad \text{(Equação 1)}$$

Tabela 1: Elementos e valores da formula de conversão para radiância, extraídos do metadados da imagem do Landsat-8, banda 10.

Lλ	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m <sup>2</sup> sr μm)
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL	Fator de dimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.1000
Qcal	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10
*	Símbolo de multiplicação na calculadora Raster do ArcGIS 10.4

Como já apresentado, após a transformação dos valores em radiância, aplicou-se a Equação 2, com o intuito de transcrever os resultados obtidos na primeira em temperatura de valor Kelvin:

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

Tabela 2: Elementos e valores da constante de calibração, extraídos do metadados da imagem Landsat-8, banda10.

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)
Lλ	Radiância espectral em Watts/ ( m <sup>2</sup> sr μm )

Em seguida, os dados em temperatura Kelvin foram transformados em graus Celsius (°C), sendo subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius, que foi validado com o registro de temperatura do jornal *A tribuna* (2016), seguido de delimitação da imagem baseado na escala do objeto de estudo.

Além do processamento feito na banda 10, também foi realizado uma composição de bandas do *Landsat-8* para gerar uma imagem em cor natural do município de Cachoeiro de Itapemirim através da ferramenta “*Image Analysis*” partindo do processo de composição, cor natural, da banda 4 associada ao filtro vermelho, banda 3 ao filtro verde e a banda 2 associada ao filtro azul (4R; 3G; 2B), correspondendo, respectivamente, aos comprimentos de ondas vermelho, verde e azul. Após a criação da imagem multiespectral recorreu-se a técnica de fusão de imagem - *Pan Sharpening* - da banda 8 que consiste, basicamente, em integrar a melhor resolução espacial de 15 metros da banda pancromática preservando o conteúdo / cor da imagem composta. Além da imagem em cor natural, também foi criado um modelo sombreado, por meio de imagens SRTM, disponibilizadas no site da Embrapa.

Os mapas em análises nos resultados representam as classes de temperaturas de superfície (em relação aos valores dos pixels) derivadas do satélite *Landsat-8*, com temperatura mínima de 16,4°C, máxima de 38,2°C, média de 26,6°C e amplitude de 21,8°C. Esta elevada amplitude refere-se, essencialmente, às diferentes respostas da radiação refletida, relacionada aos variados usos e ocupações do solo deste território. Com base nos dados coletados, foi realizada uma reclassificação com intervalos de temperaturas em: ≤ 24°C; 24,1 a 27°C; 27,1 a 28°C; 28,1 a 30°C; e > 30°C.

Vale ressaltar o registro de uma pequena porção de nuvens no extremo noroeste do município, mas que não interferiram na análise final do trabalho. É possível constatar que a temperatura média do ar, retirada do jornal *A tribuna* (2016) e do site Climatempo (2016), é

mais baixa que a temperatura da superfície captada pelo sensor. Tal fato já era esperado, como salienta Weng (2003).

Por meio da interpretação de dados, foi possível desenvolver alguns apontamentos referentes às diversas temperaturas registradas em todo o município de Cachoeiro de Itapemirim. Devido à grande extensão do município, foi selecionada uma área específica para realizar a análise. A escolha relaciona-se ao intuito do trabalho, que é demonstrar as variações de temperaturas e suas respectivas causas.

### 3. Resultados e Discussões

A capacidade de construção e de análise dos mapas temáticos a serem discutidos neste tópico, é influenciada pela notória visualização do contingente populacional concentrada na sede do município. Além disso, vemos também o perfil da economia de mineração de rochas na região, que altera as médias de temperatura de superfície nesses pontos de extração e que influenciará nas discussões suscitadas pela análise (Figura 1).

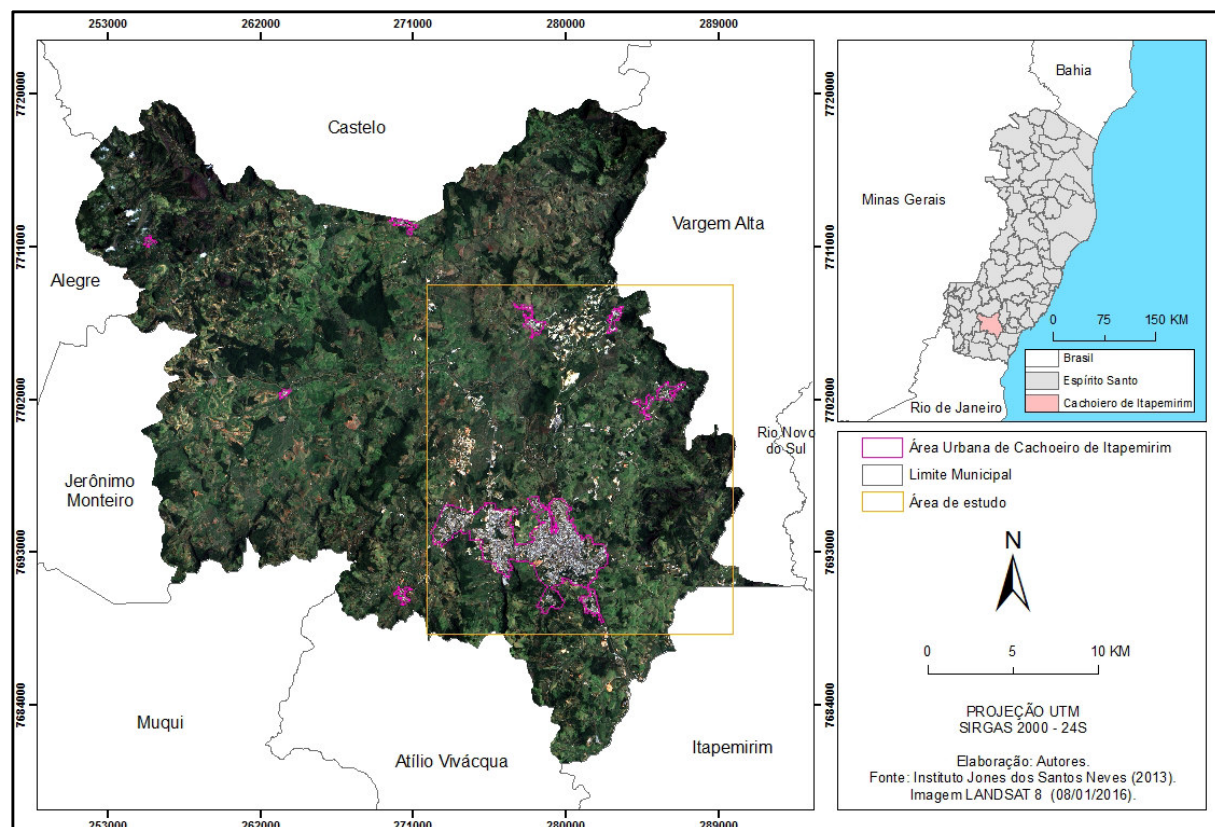


Figura 1: Destaque no quadro laranja da área de estudo, porção sudeste do Município de Cachoeiro de Itapemirim com a delimitação das áreas urbanas em vermelho.

Observa-se, então, uma área com concentração de elevada temperatura ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), localizada na sede do município, a qual possui uma intensa urbanização. Este fator é o grande responsável pelas médias acima de  $30^{\circ}\text{C}$ , um exemplo que reitera essa afirmação e contrapõe-se à elevação da temperatura é o rio Itapemirim, que atravessa a cidade e no mapa nota-se que precisamente localizado sobre ele há uma mancha de temperatura inferior a  $30^{\circ}\text{C}$  isso pelo fato das características da água interferirem positivamente no controle de temperatura. A porção mais ao norte diz respeito ao distrito de Itaoca, onde está localizada a principal área de mineração do município, enquanto a oeste localizam-se os afloramentos rochosos do pico do Itabira (Figura 2).

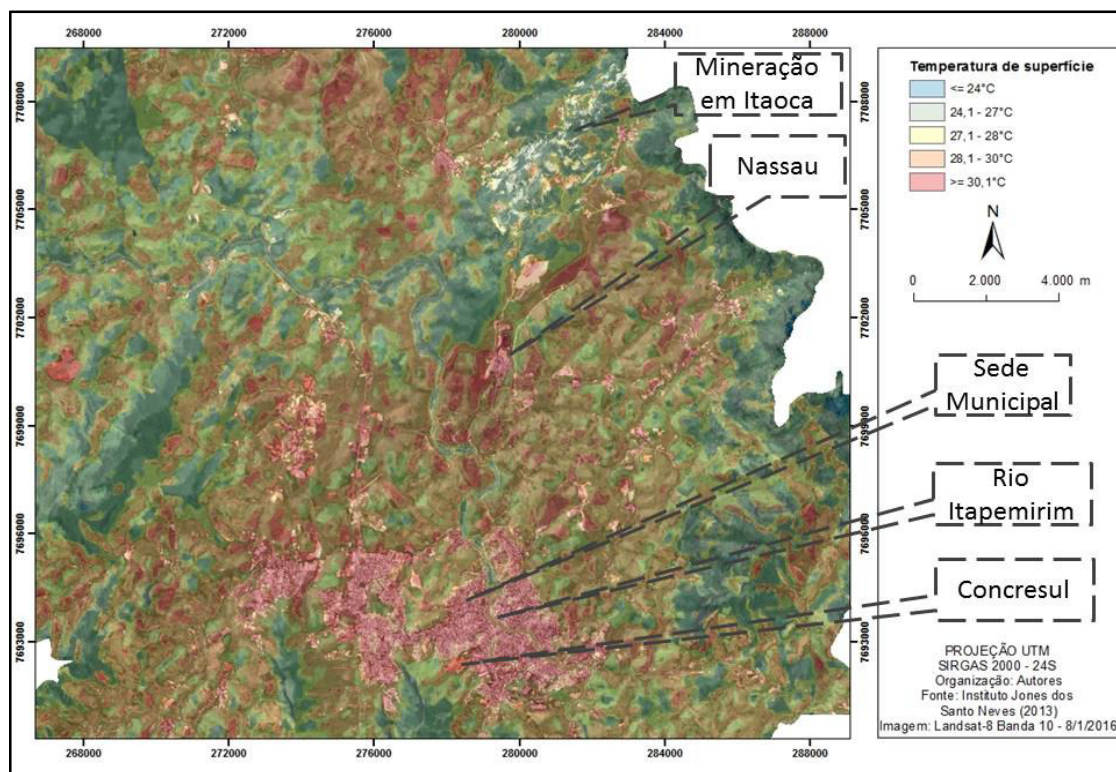


Figura 2: Temperatura de superfície no recorte de estudo em Cachoeiro de Itapemirim.

O solo exposto também é um fator que eleva a temperatura da superfície em alguns pontos em torno da área urbana, os quais consistem em áreas de terraplanagem e terras em preparo para plantio. A atividade industrial é outro fator chave de elevação da temperatura, pois também rodeia a região urbanizada. Essas indústrias são, em sua maioria, relacionadas ao mármore, principal motor da economia local. Seus galpões galvanizados e seu maquinário provocam o aumento da temperatura, sendo que a responsável pelo registro mais elevado no município foi a Fábrica de cimento Nassau. Nesse caso, todavia, o aumento captado pelo sensor foi provocado por suas chaminés de dissipação de calor.

Ao redor da ocupação urbana e destes pontos espalhados já citados no trabalho, que se apresentam como sendo os mais quentes, observam-se áreas com temperaturas amenas, portando médias menores a 30°C e chegando a 24°C.

Dentro dessa faixa de 24°C a 30°C, as áreas com índices mais elevados são aquelas, em sua maioria, de pastagem e de cultivo. Já as que resultaram em temperaturas próximas aos 24°C são corpos d'água e, principalmente, zonas de mata, localizadas nas áreas de maiores elevações e declividades, dificultando a utilização do solo por parte antrópica e preservando, deste modo, a vegetação, que exerce a função de reguladora da temperatura.

A cidade de Cachoeiro de Itapemirim possui uma temperatura média relativamente maior que as cidades vizinhas (Tabela 3). Uma explicação para esse fato é que a área da sede do município encontra-se em um domínio de colinas dissecadas e morros baixos, correspondentes a áreas com altitude máxima de 150m, relativamente mais baixa do que o Domínio montanhoso, que contorna a cidade e apresenta altitudes na faixa entre 150 e 700m. Ao extrapolar esses limites, a altitude em que se encontram os municípios vizinhos ocasiona um obstáculo ao vento, que interfere na temperatura da cidade, sobretudo na circulação, já afetada pela rugosidade urbana.

Outra variável que interfere na temperatura é a mineração, perceptível com maior frequência no distrito de Itaoca, porém, também é encontrada próxima ao centro urbano, como a pedreira de brita da Concrsul. Entretanto, existe uma diferença de temperatura entre essas áreas de mineração.

Tabela 3: Comparação da temperatura de Cachoeiro de Itapemirim aos municípios vizinhos.

Municípios	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Cachoeiro de Itapemirim	22°	33°	118
Atilio Vivacqua	22°	29°	206
Rio Novo do Sul	22°	29°	160
Castelo	19°	25°	206
Muqui	20°	28°	206
Vargem Alta	19°	25°	206

Fonte: Climatempo (2016).

No âmbito das áreas de mineração, relacionadas ao fator altitude do relevo, pode-se comparar as pedreiras no distrito de Itaoca com a pedreira localizada próxima ao centro urbano de Cachoeiro. Esta última reflete a radiação de forma a indicar uma temperatura acima dos 30°C, contrapondo-se à região de mineração de Itaoca, que atinge médias superiores a 30°C em pouquíssimos pontos. Tal área detém temperaturas mais baixas pelo fato de se localizar geograficamente em um ponto de altitude superior (Domínios montanhosos), inferindo que seja uma região com maior incidência de ventos e de clima mais ameno.

Como já demonstrado por Ayoade, ao afirmar que “o relevo tem um efeito atenuador sobre a temperatura, principalmente porque a temperatura do ar normalmente diminui com a altitude crescente” (AYOADE, 1996, p. 53), em condições normais, a temperatura diminui conforme a altitude aumenta. Tal fato esclarece a ocorrência de uma temperatura mais baixa, mesmo em uma área onde se desenvolve a atividade de mineração, responsável pela elevação da temperatura.

Em uma microescala, somam-se fatores como: a inclinação e a orientação das vertentes à trajetória do sol nos resultados da temperatura de superfície. Para exemplificar esse processo, foi selecionada uma determinada área do município, localizada na região dos afloramentos rochosos do Pico do Itabira (Figura 3).

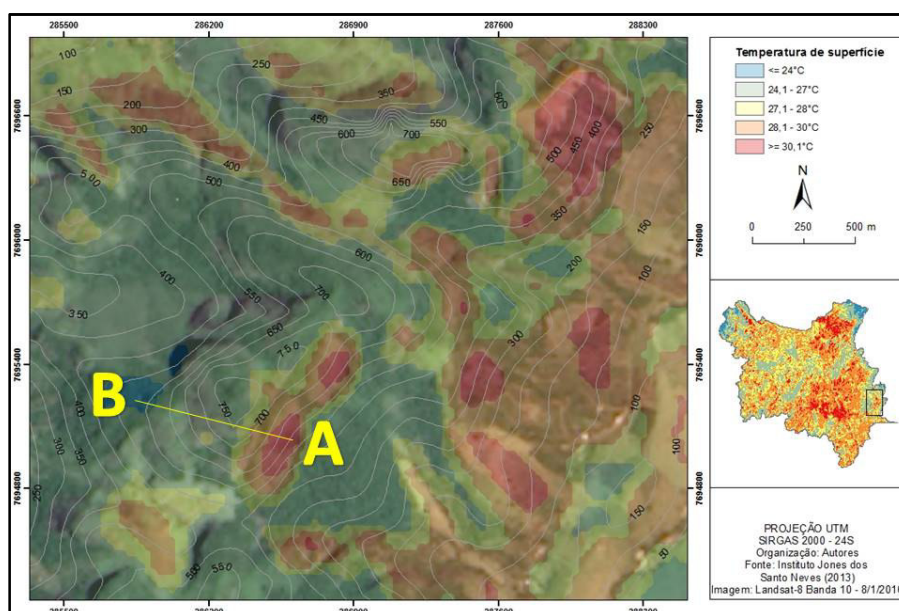


Figura 3: Temperatura de superfície no sentido “A-B”. Em “A”, há o predomínio da temperatura alta até a cota máxima de elevação na área (750 metros), enquanto no reverso, observa-se a queda da temperatura proporcionada pela baixa incidência da radiação solar, ocasionado pelo fator topográfico/inclinação da vertente, em direção a oeste, no momento da passagem do satélite.

A imagem contida no trabalho foi gerada pelo satélite Landsat-8, com horário de passagem às 09hs e 45min (horário local), ou seja, pela parte da manhã, interferindo na quantidade de energia recebida pelas vertentes direcionadas para o leste. Logo, receberam a insolação de forma mais direta, se comparado às vertentes opostas, demonstrando que o fator em análise interferiu no balanço de energia, por meio do sombreamento da encosta a oeste.

#### 4. Conclusão

Após a análise do recorte dentro do município de Cachoeiro de Itapemirim, conclui-se que sua temperatura está inteiramente atrelada ao uso e ocupação do solo, pelo fato de estes possuírem diferentes tipos de utilizações, que interferem diretamente na temperatura registrada sobre o local estudado.

Como visto em Ayoade (1996), a superfície interfere plenamente em outros fatores, de maneira que a radiação sobre ela se torna uma causa que implica valores maiores ou menores de temperatura. Contudo, essas diferentes formas de exploração da área geram diferenciados níveis de albedo entre as regiões estudadas devido ao comportamento do terreno em relação às atividades realizadas.

Além disso, o trabalho constatou que o relevo é outro elemento de grande interferência na temperatura. Tanto em altitude quanto em características das vertentes (orientação e direção), o relevo caracteriza os valores das médias térmicas em relação aos seus fatores, como a temperatura relativa à altitude e à insolação nos ventos. Não obstante, a localização da sede municipal no Domínio de Colinas dissecadas e morros baixos, com altitudes inferiores às regiões circunvizinhas, no Domínio Montanhoso, ajuda na concentração de ar quente nessa região, agravando ainda mais a disparidade de temperatura de superfície.

As diferenças na sensação da temperatura no município evidenciam que, além dos aspectos naturais, as ações antrópicas intensificam a permanência das altas taxas de temperatura em diversos pontos do município. Logo, as áreas onde a temperatura não se elevou, são áreas em que a ação antrópica é menos presente, dessa forma as características térmicas dessas áreas mantem-se na normalidade.

Isso evidencia que a expansão urbana e as atividades industriais e econômicas no município não foram devidamente planejadas para que as ocorrências das elevadas temperaturas atuais não ocorressem.

#### 5. Referências Bibliográficas

- A TRIBUNA (2016). Caderno Cidades, Tempo e Temperatura, p. 8, Vitória, ES. Segunda-feira, 18 de Janeiro de 2016. Disponível em: <http://pdf.redetribuna.com.br/>. Acesso em: 25 de maio de 2016
- AYOADE, J. O. Temperatura, Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap.04. p.50-63.
- BRANDÃO, A. M. P. M. O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro, in: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. Clima Urbano. 2ª Edição. São Paulo: Contexto. 2011. p. 121-154.
- CLIMATEMPO – Climatologia Municípios (2016): Disponível em: <http://www.climatempo.com.br/climatologia/> Acesso em: 24 de maio de 2016.
- COELHO, André L. N. Imagens landsat-8/tirs/oli e aster/gdem aplicadas na avaliação do comportamento termal de superfície, usos e topografia. Disponível em: [http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/530/CT04-90\\_1400704027.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/530/CT04-90_1400704027.pdf). Acesso em: 24 de maio de 2016.
- COELHO, André. L. N. ; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. Revista Geográfica Acadêmica, v. 7, 2013, p. 31-45.
- EMBRAPA - Brasil em relevo. Aquisição de imagens SRTM gratuitas. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>. Acesso em 25 de maio 2016

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

IBGE. [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas)> acessado: 25 de maio de 2016.

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

LIU, William T. H. Aplicações de Sensoriamento Remoto. Editora Uniderp, Campo Grande – MS. 2006.

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

LOMBARDO, M. A. (1985). Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 244p.

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

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

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

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

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

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

OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote sensing of environment, New York. 86, n. 3, 2003. p.371–384.

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

STREUTKER, D. R. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. International Journal of Remote Sensing, Basingstoke, v.23, n.13, 2002. p.2.595-2.608.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2016). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 08/01/2016 EUA. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov>. Acesso em 25 de maio 2016.

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

WENG, Q. (2003). Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.6

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. (2004). Estimation of land surface temperature - vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment, Oxford, v.89. p.467-483