

## Análise comparativa dos campos térmicos do município de Vitória nas estações de inverno e verão através de dados de sensoriamento remoto

Lucas de Souza Silva<sup>1</sup>  
Barbara Gaigher<sup>1</sup>  
Douglas Gonçalves da Silva<sup>1</sup>  
Lucas de Oliveira Rosa<sup>1</sup>  
Robson Alves da Silva<sup>1</sup>  
Walquiria Barbosa de Sousa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Av. Fernando Ferrari, 514 - 29075-910 - Vitória - ES, Brasil  
ldss1990@outlook.com  
{elektra.giggs, walsbarbosa, robsondasilva90}@gmail.com  
{dougicm, lucas\_oliveira.or}@hotmail.com

**Abstract.** This article is a study on the climatic phenomenon heat islands, that occurs mainly in cities with high degree of urbanization. Heat island would be the increased temperature of the urban region in relation to the rural region, and less urbanized areas. This present study uses the city of Vitoria, capital of Espirito Santo state, as a field of investigation survey. Through the tools of remote sensing, the goal of the research is to analyze during two periods of the year, the seasons of winter and summer, the city of Vitória through Landsat TM satellite images, courtesy of the US Geological Survey. Through the satellite Landsat 8 10 Band, was made the thermal mapping of the city of Vitória in order to get the temperature data to perform a comparative analysis and so study the climatic phenomenon heat islands. The satellite image captures the thermal energy radiated/emitted by the surface swept by the sensor thermal infrared. The image on the winter season was recorded on the date of 08/23/2014, and the image recorded in the summer is the day 01/03/2015. With the image processing can analyze the results obtained. It is observed through the thermal fields the presence of several heat islands in the city of Vitória, present both in the summer and in the winter season. With the work, also made it possible to understand how it behaves the temperature in the city during the two seasons.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, land occupation, termal analysis, sensoriamento remoto, processamento de imagens, ocupação da terra, análise termal.

### 1. Introdução

Devido ao crescimento acelerado das cidades e a pouca preocupação com o meio ambiente houve grande retirada da vegetação nativa. Houve, também, impermeabilização do solo através das construções de prédios e asfaltamento de vias, além de ocupações irregulares que surgiram a partir do êxodo rural provocado pela industrialização do país, o que influencia diretamente na absorção de energia gerando assim a concentração de calor nessas áreas.

A urbanização é um processo que promove alterações no balanço de radiação do Sistema Superfície-Atmosfera, incrementando os valores de temperatura do ar, devido as alterações no uso e ocupação da terra, da rugosidade da superfície, da pavimentação de ruas, da verticalização, da permeabilidade e propriedades físicas dos materiais constituintes e a supressão das coberturas vegetais entre outros (Gartland, 2008).

Este fenômeno é conhecido como ilhas de calor urbana e pode ser caracterizado pelo aumento da temperatura da região urbana em relação a região rural e áreas próximas menos urbanizadas. Ocorre com frequência no centro das cidades onde há um grande acúmulo de construções (Amorim, 2005).

Dentro das cidades as grandes edificações interferem diretamente na circulação dos ventos, o que influencia diretamente no aumento de temperatura. A grande concentração de automóveis gera um número muito alto na emissão de materiais particulados lançados pelos

carros o que também vai influenciar o aumento da temperatura. Corrêa (2006) destacou que as superfícies de concreto, asfalto e vidro das cidades podem potencializar em até três vezes o fluxo de calor da superfície. As edificações também interferem na temperatura da cidade fazendo sombra, por exemplo, edifícios muito altos acabam por gerar sombra o que ocasiona outro fenômeno chamado de ilhas de frescor.

As ilhas de frescor são um fenômeno causado pela diminuição de temperatura de uma determinada área em relação ao seu entorno. Áreas verdes ou regiões muito sombreadas nas cidades formam ilhas de frescor devido a menor absorção de energia, transpiração das plantas e evaporação da água do solo.

Conforme Feiber (2004) citando Milano (1984) a arborização pode funcionar como uma barreira física que absorve ou reflete a radiação solar e, por meio deste processo a redução da temperatura é possibilitada.

Outro problema é o constante crescimento urbano que vem a intensificar a concentração da temperatura. O não planejamento urbano leva ao aumento da densidade de ocupação, que é a relação entre o número de construções que existem por metros quadrados. Esse grande acúmulo de construções em pouco espaço leva também à acumulação de energia absorvida provocando assim ilhas de calor.

Estudo pioneiro com a utilização de imagem de satélite termal no Brasil, foi realizado por Lombardo (1985) para identificação do fenômeno de Ilha de Calor no Estado de São Paulo. Vitória assim como outras grandes cidades também sofre com o fenômeno de ilhas de calor, desta forma este trabalho tem como objetivo fazer uma comparativo entre os campos térmicos do município, comparando imagens de satélite dos períodos de inverno e verão identificando como se comportam nas diferentes épocas do ano.

## 2. Área de estudo

Segundo o IBGE, Vitória localiza-se na Região Sudeste do país e é a capital do estado do Espírito Santo. Possui uma extensão territorial de 98.194 km<sup>2</sup>, e 1.100km de costa, e limita-se ao Norte com o município da Serra, ao Sul com Vila Velha, Oeste com Cariacica e Leste com o Oceano Atlântico. Sua geografia é de ilha.

Vitória tem uma ilha principal, com área de 29.31 km<sup>2</sup>, e uma parte continental, situada ao Norte, com extensão de 39.66 km<sup>2</sup>. O município ainda conta com 34 ilhas menores no seu entorno.

A cidade abriga o maior manguezal em área urbana do mundo e cerca de 40% de seu território é coberto por morros.

Com clima tropical úmido, conta com uma pluviosidade média (mm/ano) de 1.153, com a temperatura média no verão de 34,4 °C e no inverno de 24,4 °C.

A área de estudo foi definida pela disponibilidade de informações e materiais, além do conhecimento e possibilidade de vivenciar diariamente as atuais transformações.

## 3. Metodologia de Trabalho

Para realização desta análise comparativa entre os períodos de inverno e verão foram utilizadas imagens de satélite TM/Landsat, cortesia do *U.S. Geological Survey*, a fim de adquirir os dados de temperatura. Através da Banda 10 do satélite Landsat 8 foi feito o mapeamento térmico da cidade de Vitória. A imagem obtida por este satélite capta a energia térmica irradiada/emitada pela superfície varrida pelo sensor infravermelho termal. A imagem do inverno foi registrada na data de 23/08/2014 e a imagem registrada no verão é do dia 03/01/2015.

As imagens foram recortadas de forma apresentar somente os dados da área de município de Vitória e posteriormente processadas utilizando o aplicativo de geoprocessamento e processamento digital de imagens do Sistema de Processamento de Informações

Georreferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para a extração dos dados de temperatura da imagem foi necessário, primeiro transformar os valores de níveis digitais provenientes da imagem do satélite em radiância ( $w.m^{-2}.sr^{-1} .\mu m^{-1}$ ), através da (Equação 1):

$$L = \{[(L_{max}-L_{min})/(NC_{max}-NC_{min})]*(NC-NC_{min})\}+L_{min} \quad (1)$$

Onde:  $L_{max}$  e  $L_{min}$  representam os valores de máxima e mínima radiância detectados pelo sensor,  $NC_{max}$  representa o nível de cinza máximo, dada a quantização,  $NC_{min}$  representa o nível de cinza mínimo e  $NC$  representa o nível de cinza de cada pixel da imagem. Posteriormente, foi realizada a conversão dos valores de radiância em temperatura através do inverso da lei de Planck (Equação 1)(Lorena et al, 2013).

Posteriormente, foi realizada a conversão dos valores de radiância em temperatura. Primeiramente foi transformado em temperatura Kelvin para então ser transformada em temperatura Celsius através da (Equação 2):

$$C = K - 273 \quad (2)$$

A etapa de processamento de dados (transformação dos níveis de cinza em radiância e depois em temperatura) foi feita em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) implementada no SPRING. A etapa de processamento foi feita para cada imagem separadamente.

Após o processamento as imagens foram transportadas para o ArcMap em formato *Tagged Image File Format* a fim de um melhor efeito de percepção e interpretação da carta de campo térmico gerado em Celsius. As tonalidades em azul representando as áreas do município relativamente mais frias, as tonalidades em amarelo e vermelho representando as áreas relativamente mais quentes. Após o término da geração dos mapas foi analisado como a temperatura se comporta na Cidade de Vitória nas duas diferentes estações do ano.

#### 4. Resultados e Discussão

Analisando os dados colhidos identificamos que existem várias ilhas de calor na cidade de Vitória, presentes tanto no inverno como no verão. As ilhas de calor estão presentes, em maior quantidade, nos bairros de periferia e as de frescor em locais muito arborizados e sem impermeabilização do solo como é o caso dos parques e reservas existentes na cidade.

O perfil de temperatura abaixo, mostra a variação de temperatura nos dias analisados.

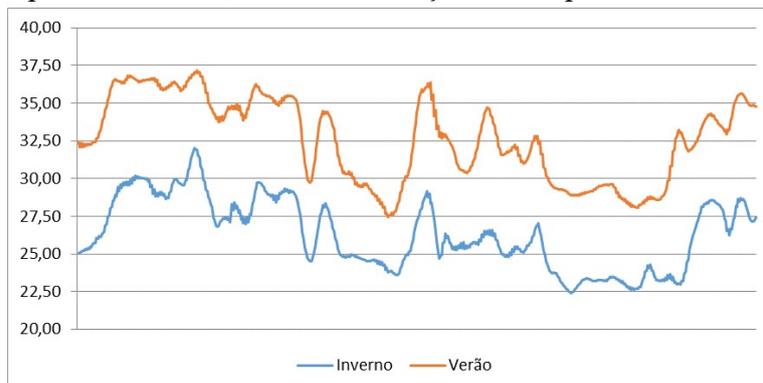


Figura 1. Perfil de temperatura nas estações de inverno e verão no município de Vitória.



Figura 2. Linha de perfil traçado no município de Vitória para análise de perfil.

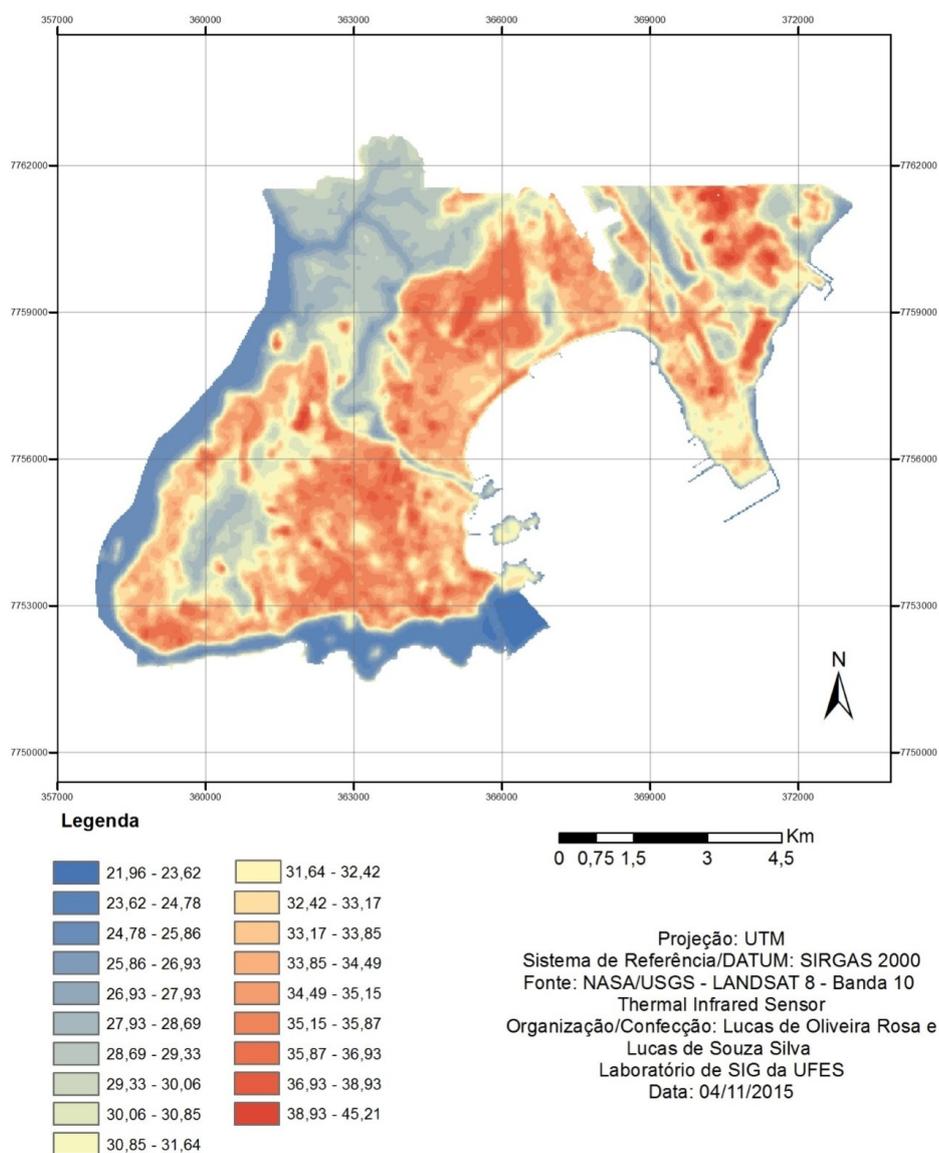


Figura 3. Campo térmico do município de Vitória (03/01/2015)

No inverno, observamos ilhas de calor no Aeroporto de Vitória, no Porto de Praia Mole, nas áreas da Vale e da AMT, nos limites entre Maria Ortiz, Jabour e no Aeroporto assim como no topo do Morro da Fonte Grande.

O Aeroporto de Vitória apresenta temperatura superior às áreas circunvizinhas, devido à quantidade de radiação absorvida pela pista de pouso e decolagem. As construções em volta, como galpões de carga e descarga e o tráfego em volta também contribuem para o aumento da temperatura. A temperatura no inverno está em 31°C e o entorno chega à 28°C. No verão, a diferença de temperatura com as áreas circunvizinhas é quase imperceptível, não sendo caracterizada como ilha de calor.

O Porto de Praia Mole se apresenta como ilha de calor no inverno, com temperatura de até 33°C, enquanto as regiões vizinhas apresentam em média 27°C. No verão, a diferença cai para 2 graus apenas, com seu entorno medindo 31°C, enquanto o porto em si se mantém com 33°C.

A área da empresa Vale apresenta temperatura de 31°C, enquanto a temperatura chega a 27°C no Parque da Vale, situado no norte da cidade. No verão a temperatura chega ao seu ponto mais alto, 35°C e seu entorno e vias a 31°C. No inverno a temperatura no pátio de carvão da Vale varia entre 31°C e 33°C, enquanto no verão a temperatura tange os 45°C.

Percebe-se a diferença de temperatura do pátio de carvão e do pátio de minério da Vale tanto no inverno como no verão. Com o pátio de carvão sendo em média 8°C mais quente do que o pátio de minério, mesmo com pilhas de minério maiores do que pilhas de carvão. A melhor explicação encontrada está nas características das matérias primas, pois o carvão é o combustível que permite sintetizar o minério. Tendo assim propriedades que permitam um aquecimento e posterior combustão que expliquem essas temperaturas.

No inverno, a AMT apresenta temperatura elevada, com sua máxima medindo 37°C. Enquanto que seu entorno, uma área florestal extensa mede de 21°C até 24°C. No verão, as temperaturas podem chegar à casa de 40°C e seu entorno, giro entre 24°C e 31°C.

No Morro da Fonte Grande observamos que em seu topo as temperaturas diferem muito do seu entorno. No inverno, o parque apresenta temperaturas que variam entre 21°C e 24°C enquanto que o seu topo chega a 27°C. No verão, a temperatura do parque varia entre 27°C e 29°C enquanto no seu topo alcança os 38°C. Essa diferença de valores pode ser explicada pela presença de construções e antenas de rádio no local.

Nos bairros Universitário e Estrelinha observa-se o mesmo efeito, apresentam temperaturas mais elevadas que o resto da região, devido a ruas apertadas e área mais baixa, considerando as elevações existentes ao redor. Além disso, quase não existe cobertura vegetal de pequeno, médio ou grande porte. Nesses bairros a temperatura chega a 38°C, enquanto que as regiões adjacentes não ultrapassam os 33°C.

No bairro Vila Rubim as temperaturas no verão variaram entre 36°C a 38°C e seu entorno alcança os 34°C. Assim como os dois bairros citados anteriormente, a Vila Rubim possui um aglomerado de construções que contribui para o aumento da temperatura local.

Também foi observada a ocorrência de ilhas de frescor nas seguintes regiões: área verde entre Aeroporto e Jardim Camburi, os morros de Vitória e no Maciço Central.

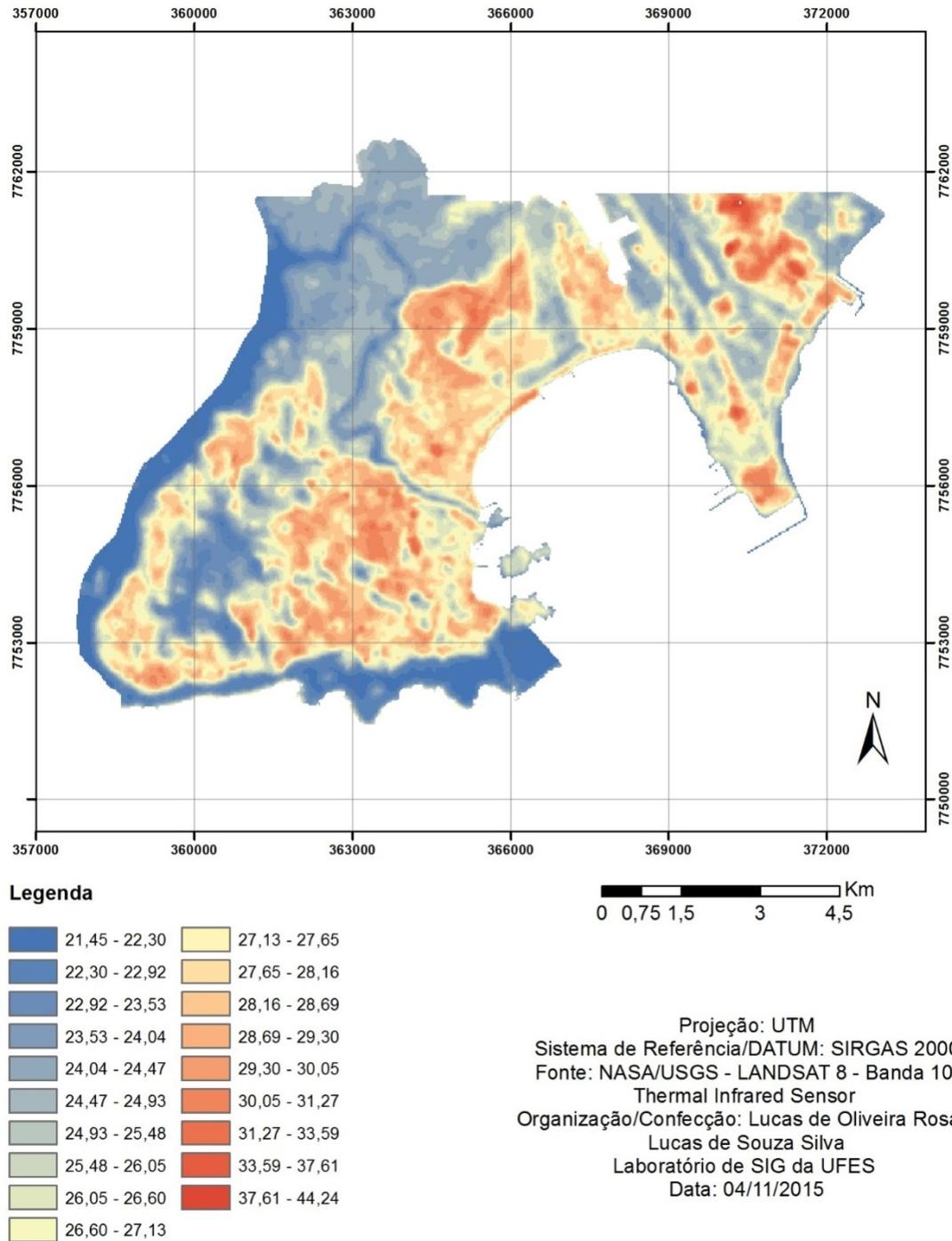


Figura 4. Campo térmico do município de Vitória (23/08/2014).

Na área verde entre o Aeroporto e Jardim Camburi apresentou 23°C enquanto o seu entorno varia entre 34°C a 38°C. No inverno essa mesma área apresenta 22°C enquanto seu entorno varia entre 28°C e 33°C.

No verão os morros menores espalhados por Vitória as temperaturas variam entre 30°C e 31°C enquanto seu entorno chega a 35°C. No inverno a temperatura cai para 21°C enquanto nas regiões adjacentes alcança os 31°C.

O maciço central ocupa uma grande área da cidade, no verão apresenta 27°C enquanto que seu entorno apresenta, em média 35°C. No inverno o maciço apresenta temperaturas entre 21°C e 24°C, enquanto nas redondezas alcança os 29°C.

Lombardo (1985) e Batista (2010) trazem a relação entre áreas verdes, como parques, reservas, etc. e a incidência de temperaturas mais amenas. Sendo assim, os locais com menor quantidade de áreas verdes apresentam menor extensão de superfícies de evapotranspiração e, conseqüentemente, temperaturas mais elevadas. Além disso, a pavimentação das vias, o desvio de cursos de água para galerias e esgoto também contribui para a diminuição da evapotranspiração e evaporação urbana.

Lombardo (1985), atenta para as conseqüências do crescimento desordenado e sem planejamento, afirma que a ausência de parâmetros que regem a ocupação da cidade pode trazer riscos até mesmo para a vida dos habitantes.

Comprovando tal afirmação, nesse trabalho observou-se a ocorrência de ilhas de calor principalmente em áreas de periferia, onde o planejamento urbano é escasso e em áreas industriais.

## 5. Conclusões

A utilização das ferramentas interligadas que compõe o sensoriamento remoto, se mostrou indispensável para obtenção de dados geoespaciais. Isso permitiu que se capturasse imagens de satélite bem como a manipulação das mesmas, aliada ao Sistema de Informações geográfica (SIG), que permite tanto a manipulação das imagens, como analisar importantes dados vetoriais. Todo esse conjunto de técnicas e estudos, gerou neste trabalho resultados positivos em relação à análise de áreas dentro da cidade de Vitória, que se buscava identificar ilhas de calor e de frescor tanto no inverno como no verão, esse tipo de análise torna-se importante para elaboração de planejamento ambiental urbano.

Foi observado que a ação humana, é a principal responsável pelo surgimento das ilhas de calor devido as construções, industrias, malhas viárias, impermeabilização do solo e desmatamentos. Neste artigo é possível ver que as áreas verdes que cobrem o solo com sombras, são responsáveis pela diminuição da temperatura, promovendo ilhas de frescor. Segundo dados obtidos, a morfologia da cidade de alguma forma também interfere na elevação ou diminuição da temperatura, quer seja promovendo ilha de calor como no topo do morro da Fonte Grande onde recebe maior radiação do sol ou em outros morros da cidade de Vitória que gera ilhas de frescor pois em partes, desses morros a incidência da radiação solar é menor, devido a morfologia do terreno. Enfim a falta de planejamento urbano só aumenta as áreas com ilha de calor, sendo necessário novas pesquisas futuras com dados relacionados a ocupação irregular e malhas viárias, que causa acumulo de energia e poluição o que contribui para elevação de temperatura em certos pontos da cidade.

## Referências Bibliográficas

AMORIM, Margarete Cristine. (Dezembro, 2005). Ilhas de Calor em Birigui/sp. Revista Brasileira de Climatologia. Vº1, n1, 2005.

FEIBER, S.D.. Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de Curitiba-PR. R. RA'EGA, Ed. UFPR, n. 8, p. 93-105. Curitiba, 2004.

CORRÊA, A.C. de B. Contribuição à análise do Recife como um geossistema urbano. Revista de Geografia, Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 23, n.3, jul./dez. 2006.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas Metrôpoles. Ed. Hucite, São Paulo, 1985.

GARTLAND, L. Heat islands: understanding and mitigating heat urban areas. Published by Earthscan. UK and USA. 2008. 215p.

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: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz Iguaçu, PR. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Cidades acesso em 14/ 09/2016

BAPTISTA, G.M.M. Revista Scientific American Brasil, aula aberta ano 1 nº 2. p. 24 – 38, 2010