

Temperatura em superfície urbanas usando sensor TIRS-Landsat 5 e 8: estudo de caso em Belém-PA.

Urban surface temperature using TIRS-Landsat 5 and 8 sensor: a case study in Belem-PA.

Ana Karla dos Santos Pontes¹, anakarlapontes@hotmail.com

Paulo Vinícius Caldas da Silva²

Joyse Tatiane Souza dos Santos³

Adriano Marlison Leão de Sousa⁴

Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará

Submetido em 27/03/2017

Revisado em 27/03/2017

Aprovado em 29/08/2017

Resumo: Mudanças no uso da superfície geram alterações nas variáveis climáticas e consequentemente na dinâmica do meio. Como resultado de alterações na superfície, a formação das Ilhas de calor tem sido frequentes em meios urbanos, bem como na cidade de Belém. A fim de investigar as características térmicas e ambientais espaciais da superfície urbana na cidade de Belém- PA, foi utilizado o sensoriamento remoto neste trabalho, com o auxílio do software Spring produzido pelo INPE. Pôde-se identificar a existência de ilhas de calor na cidade quando comparados dados de temperatura da superfície da cidade durante os anos de 2003, 2006, 2008, 2013 e 2016 causadas principalmente pela urbanização da área, mudança de uso da terra e retirada de camada vegetal. Além disso, verificou-se a influência de fenômenos meteorológicos de grande escala no clima da região. Foi identificado também, que os índices de desconforto térmico já resultam na alteração da qualidade de vida dos habitantes, podendo causar danos físicos e psicológicos.

Palavras chave: Temperatura de Superfície. Sensoriamento Remoto. Clima.

Abstract: Changes in the surface use generates variation in the climate and in the dynamics of the environment, consequently. As result of changes in the surface, heat islands formation has been happening frequently in urban areas, as well as in the city of Belém. In order to investigate the thermal and environmental characteristics of the urban surface in Belém-PA, remote sensing was used in this study, with the Spring software produced by INPE. It was possible to identify a hotspots existence in the city by comparition of surface temperature data during 2003, 2006, 2008, 2013 and 2016, caused mainly by urbanization, change of land use and vegetation removal. In addition, there was influence of large-scale meteorological phenomena on the climate of the region. It was also identified that thermal discomfort indexes results in changes in the

quality of life of the inhabitants, that can cause physical and psychological damages.

Keywords: Surface Temperature. Remote Sensing. Climate.

¹<http://lattes.cnpq.br/7021032697625961>

²<http://lattes.cnpq.br/5521661380040197>

³<http://lattes.cnpq.br/2036384240460046>

⁴<http://lattes.cnpq.br/4371199443425884>

Introdução

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), alterações no clima de fato estão acontecendo, principalmente por causas antrópicas. O clima é fator de extrema importância na vida das pessoas, visto que pode alterar a qualidade de vida destas. No cenário mais extremo e pessimista, esperam-se aumentos de 4° a 6° C na temperatura, ocorrência de extremos de chuvas e seca, alterações nas áreas de biomas, alterações na biodiversidade, impactos na saúde da população, além de impactos na agricultura e na geração de energia. E no cenário menos pessimista esperam-se também aumentos em temperatura na ordem de 1° a 3°C e os mesmos impactos citados anteriormente, porém em menores proporções.

Vale ressaltar que apesar de estarem sendo citados acima dois possíveis cenários, ambos englobam impactos negativos ao meio ambiente e ao homem, o que irá e já está afetando diretamente o cotidiano das pessoas.

Centros urbanos, principalmente, já vêm sofrendo com o aumento das temperaturas locais, frente à alteração das superfícies, que anteriormente eram cobertas de material natural, por pavimentação, asfalto, concreto, telhados de casas e prédios resultando assim no aumento da temperatura, já que estes materiais têm características de absorção e retenção de calor (AYOADE, 2003).

Isso ocorre por conta das alterações térmicas e hidrológicas na superfície, bem como mudanças na aerodinâmica local. É nesse contexto que ocorre a formação das chamadas Ilhas de Calor Urbano, responsáveis pelo aumento da temperatura local, a qual se diferencia da temperatura de áreas circunvizinhas, circulação de ar apenas local e aumento na precipitação, por conseguinte a diminuição da umidade e a diminuição da velocidade dos ventos o que ocasionará o desconforto térmico comumente sentido nas áreas urbanas (AYOADE, 2003).

Por fim, a geração de um clima próprio por conta das mudanças descritas acima é apenas uma consequência do processo acelerado e não

planejado da urbanização e industrialização de centros urbanos (AMORIM, 2010), o que vem acontecendo na cidade de Belém.

Belém vem passando por mudanças no uso da terra, retirada da vegetação, aumento da poluição do ar, aumento na quantidade de edificações, asfaltos, e essas são algumas mudanças pela qual notamos a artificialidade dos centros urbanos atuais, o que acarretam mudanças no micro ou macro clima de dada região (BERNATZKY, 1980). Segundo Leal (2012), a densidade de construções, distribuição das florestas urbanas e a concentração de altas fontes de calor nas cidades influenciam diretamente o comportamento térmico-higrométrico local.

Frente a essas alterações, faz-se então necessário o monitoramento das variáveis climáticas a fim de prever possíveis impactos. Uma ferramenta que vem sendo muito utilizada atualmente para esses fins é o sensoriamento remoto, o qual torna possível a utilização de imagens de satélites para diagnóstico da existência de Ilhas de Calor, por exemplo, além de possibilitar a análise de características térmicas, ambientais e espaciais de superfícies.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é investigar as características térmicas e ambientais espaciais da superfície urbana na cidade de Belém- PA, utilizando imagens espectrais do sensor TIRS-LANDSAT 5 e 8. Além de caracterizar e espacializar a estrutura térmica da superfície urbana, a fim de caracterizar as isotermas locais, bem como correlacionar o conforto térmico humano sobre o município de Belém a partir das isotermas espaciais.

Materiais e Método

Área de estudo

A fundação da cidade de Belém deu-se no início da colonização portuguesa na Amazônia com a construção do Forte do Presépio na confluência da Baía do Guajará com o Rio Guamá (parte meridional da foz do Rio Amazonas), a cidade recebeu, desde logo, a influência do rio. É a capital do

Estado do Pará (Figura 1), maior cidade da Amazônia, aproximadamente 160 km da linha do Equador sob as coordenadas geográficas 01°27' S e 48°28' W e na altitude de 13 metros (IBGE, 2010; UHLY & SOUZA, 2004).

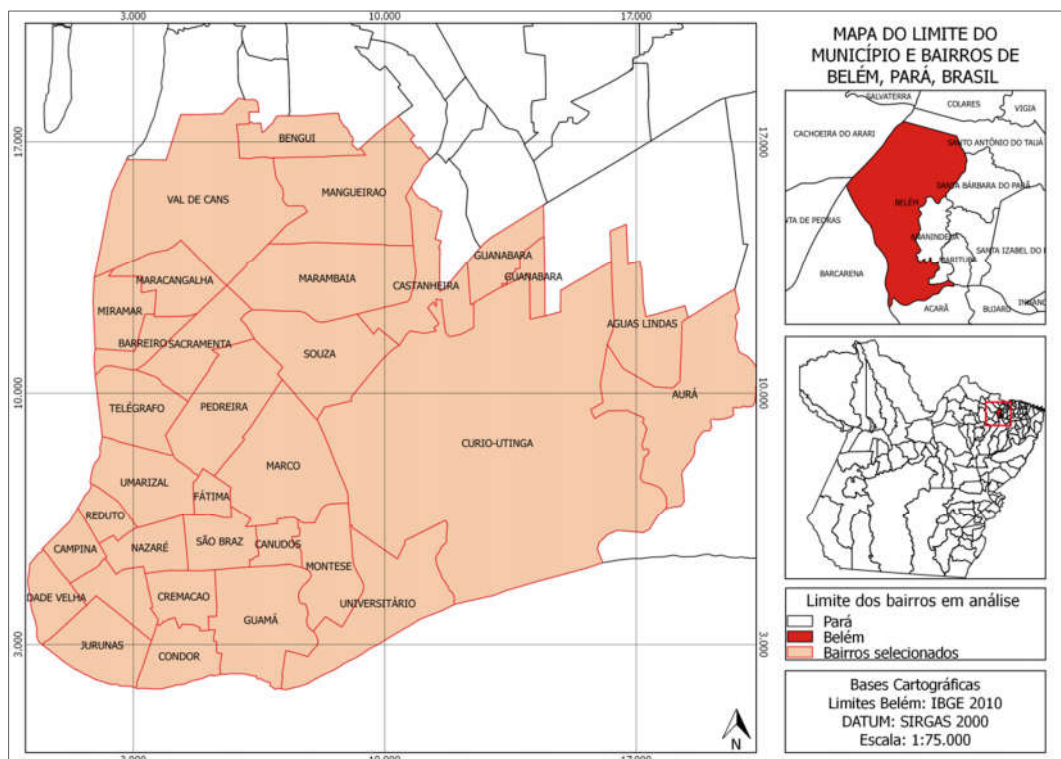


Figura 1- Bairros selecionados como área de estudo no município de Belém, área de estudo.

Segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Belém possui população estimada de 1.392.031 habitantes, distribuídos num território de 1.065km². Está dividida em oito distritos administrativos e 71 bairros, com uma porção continental de 34,36% da área total, e a porção insular composta por 39 ilhas, que correspondem a 65,64% (IBGE, 2010).

Frente ao elevado número de bairros, no presente trabalho foram selecionados 32 bairros os quais estão dispostos principalmente na região central da cidade, dentre eles, Cidade Velha, Jurunas, Batista Campos, Campina, Reduto, Nazaré, Cremação, Condor, Guamá, São Brás, Fátima, Canudos, Montése (Terra Firme), Universitário, Umarizal, Telégrafo, Barreiro, Pedreira, Marco, Souza, Sacramento, Curió-Utinga, Aurá, Águas Lindas,

Guanabara, Castanheira, Marambaia, Miramar, Maracangalha, Val-de-Cães, Mangueirão e Bengui.

Dados utilizados

Para fins de comparação, foram utilizados dados observacionais de superfície, imagens de satélite, das últimas décadas adquiridas pelos satélites Landsat 5 e 8, dos anos de 2003, 2006, 2008, 2013 e 2016, disponibilizadas pelo site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>) e pelo site da United States Geological Survey – USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Para melhor compreensão a cerca das imagens utilizadas, a seguir será caracterizado cada sensor e seus respectivos dados utilizados.

O Landsat-5 foi lançado em 1984 e ficou em atuação até 2013. Com as mesmas características do seu antecessor cobre uma área de 185 por 185 km e ainda está em operação, superando em muitos anos a vida útil prevista. (FLOREZANO, 2007). O Landsat-5 possui resolução temporal de 16 dias, sete bandas com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite, em destaque a banda 6, a qual apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água, e foi utilizada para as análises desse artigo (USGS, 2016).

Já o satélite Landsat-8 é o mais recente de sua série. Foi lançado em 2013 pela NASA na base aérea de Vandenberg no estado da Califórnia (EUA), operando a uma altitude de 705 km, numa órbita heliosincrona com inclinação de 98,2° (ligeiramente retrógrada), semelhante às órbitas das séries Landsat 5 e 7. A sua passagem na linha do equador ocorre às 10:00 horas, com diferença de 15 minutos para mais ou para menos (USGS, 2013). Possui resolução temporal de 16 dias e o tamanho aproximado da cena é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste.

Processamento de Imagens

O processamento das imagens a fim de convertê-las de ND (números digitais) para isotermas foi realizado utilizando o software SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, versão 5.3. O Spring é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) criado pelo INPE que possui funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais, e foi utilizado para fazer esta conversão.

Foram utilizados os algoritmos abaixo para a conversão em linguagem de máquina LEGAL (CÂMARA et al. 1996) que executa várias funções dentro do programa SPRING. As equações abaixo foram inseridas nos algoritmos para que fossem convertidos os números digitais de valores de temperatura para imagem do Landsat 5 e 8, respectivamente.

$$\text{'Landsat_Tsup'} = (1321.08 / (\log(774.89 / (0.0003342 * \text{Landsat_Tbruta} + 0.100) + 1)) - 273.15) / \log(2.7183) \text{ (Eq. 1)}$$

$$\text{'Landsat_Tsup'} = (209.831 + 0.834 * \text{Landsat_Tbruta} - 0.00133 * \text{Landsat_Tbruta}^2) - 273.15 \text{ (Eq. 2)}$$

De posse dos dados de temperatura, foram feitas análises estatísticas e plotagem de gráficos no Microsoft Excel a fim de visualizar o comportamento da temperatura de superfície da cidade de Belém ao longo dos anos em questão.

Índices de Quantificação do Conforto Térmico

Para obtenção dos valores dos índices de conforto térmico humano foram aplicadas as metodologias relacionadas abaixo, e assim quantificar o conforto térmico humano:

A forma proposta por Giles et al. (1990) para a obtenção do índice de desconforto (ID):

$$ID = Ta - 0,55 [(1 - 0,01 UR) (Ta - 14,5)] \text{ (Eq. 2)}$$

Onde ID é o índice de desconforto ($^{\circ}\text{C}$), T_a é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) (mínima e máxima); UR é a umidade relativa (mínima e máxima) (%). Sendo suas classes de desconforto apresentadas na Tabela 1.

É importante ressaltar que dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram coletados pela Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Obteve-se assim, dois índices de desconforto, um baseado nos dados do INMET e outro de acordo com a temperatura de superfície, apenas para fins comparativos.

Tabela 1. Distribuição das classes do Desconforto Térmico através da proposta de Giles (1990).

| CLASSES DE DESCONFORTO (ID) | INTERVALO |
|---|-------------------|
| Bem estar | $ID < 21$ |
| Menos de 50% da população possui um ligeiro desconforto | $21 \leq ID < 24$ |
| Outros 50% da população possui um crescente desconforto | $24 \leq ID < 27$ |
| A maioria da população possui um relativo desconforto e há significativo deterioramento da condição psicofísica | $27 \leq ID < 29$ |
| Todos possuem um forte desconforto | $29 \leq ID < 32$ |
| Estado de emergência médica, um desconforto muito forte | $ID \geq 32$ |

Fonte: GILES, 1990.

Resultados e Discussão

Após conversão dos números digitais em dados de temperatura de superfície, tornou-se possível a análise da temperatura de acordo com os bairros da cidade. A figura 2 demonstra o comportamento da temperatura superficial de acordo com os bairros de Belém.

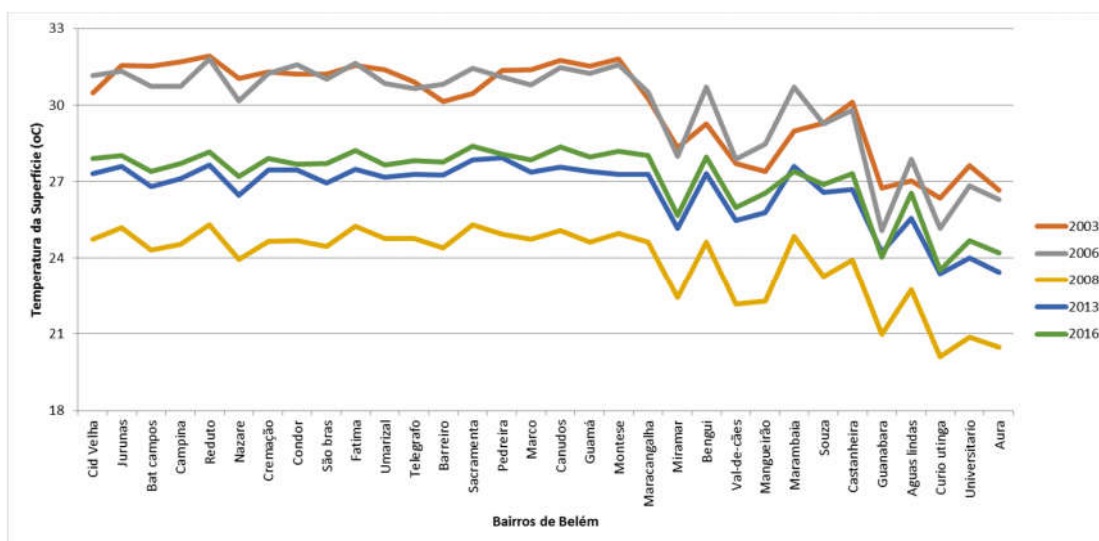


Figura 2. Temperatura de Superfície da cidade de Belém dos anos 2003, 2006, 2008, 2013 e 2016. Fonte: Autoria.

De acordo com os dados obtidos pelos satélites, os anos de 2003 e 2006 foram os que apresentaram maiores temperaturas de superfície quando comparados com os outros anos em análise. Isso pode ser justificado pela elevada taxa de crescimento populacional registrada pelo IBGE na cidade de Belém durante o período de 2000 a 2007, de aproximadamente 10%, que altera consideravelmente a urbanização, sendo esta a responsável pelo incremento de asfaltos, concretos, e outros materiais com característica de retenção de calor.

Além disso, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2016), o período de 2002 a 2003 apresentou ação moderada do fenômeno El Niño, o que também pode ter causado essas altas temperaturas. De acordo com o INPE (2016), fenômenos como o El Niño – Oscilação Sul (ENOS) são capazes de causar alterações climáticas em todo o mundo, já que são responsáveis por fortes anomalias de temperatura da superfície do mar, o que interfere diretamente com as temperaturas que ocorrem nos continentes.

Ademais, destaca-se a seca histórica ocorrida na Amazônia no ano de 2005, a qual foi a mais intensa dos últimos cem anos. De acordo com Zeng (2008), esse evento pode estar relacionado ao comportamento médio da temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do Atlântico Tropical Norte, que apresentou altas temperaturas no período, modulando assim a temperatura

da superfície continental, podendo então interferir no elevado valor de temperatura de superfície registrado em Belém no ano de 2006 (INPE, 2005).

O ano de 2008 foi atípico, como pode ser visualizado no gráfico acima, apresentando menores valores de temperatura de superfície. Durante o período de 2007 a 2010, período no qual se insere o ano de 2008, foi registrada a diminuição na taxa de crescimento populacional, estacionando assim a urbanização e crescimento da cidade. No entanto, a principal justificativa encontrada foi a ocorrência do fenômeno La Niña no período, com características contrárias ao El Niño. Ele ocorreu com forte intensidade, acarretando a diminuição da temperatura da superfície neste ano, como mostra a Fig. 2. Por conta disso, nesse período foram também registrados altos índices de pluviométricos e enchentes, segundo a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, na região Amazônica, ultrapassando limites históricos.

Os fenômenos El Niño-Oscilação Sul (ENOS) são observados na ocorrência de anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial. Essas anomalias podem ser positivas, originando El Niño, ou negativas originando La Niña (INPE, 2017). Essas alterações tendem a influenciar grandes áreas já que influem nos processos de troca de energia e umidade, os quais são determinantes para o clima regional e global (INPE, 2016).

Já os anos de 2013 e 2016, apresentaram valores relativamente altos de temperatura, estando entre 25 e 30°C, principalmente. Esses valores, quando comparado com o trabalho de Ortiz e Amorim (2011), refletem a realidade de áreas com elevada densidade construtiva, constante crescimento demográfico e pouca vegetação, realidade já encontrada em Belém.

Vale ressaltar que bairros como Cidade Velha, Jurunas, Batista Campos, Campina, Reduto, Nazaré, Cremação, Condor, Guamá, São Brás, Fátima, Canudos, Umarizal, Telégrafo, Barreiro, Pedreira, Marco e Sacramento pertencem a parte mais urbanizada da cidade, por isso apresentam maiores valores de temperatura de superfície. Os demais se encontram em localidades

um pouco mais afastadas e por vezes menos urbanizadas e mais arborizadas, como é o caso dos Curió-Utinga, Castanheira, Guanabara, Águas Lindas e Aurá, bairros em que está contido o Parque Estadual do Utinga, que é uma Unidade de Conservação Estadual.

Em todos os anos em análise, foram encontrados altos valores médios de temperatura de superfície quando se comparam regiões mais urbanizadas e menos urbanizadas dentro de uma mesma cidade, o que demonstra a existência de Ilhas de Calor, principalmente no centro urbano. Isso se deve a elevada utilização de concreto, asfalto e materiais que retém calor e causam o aquecimento que pequenas regiões (AMORIM, 2010). Além disso, essas regiões possuem grande número de edificações, dificultando a passagem do vento e intensificando as ilhas de calor.

Quanto ao Índice de Quantificação do Conforto Térmico, foram encontrados os valores listados na Tabela 2. Para a análise desse índice, foi feita comparação dos valores encontrados com os valores de referência, listados na tabela 1.

Tabela 2. Índice de Conforto Térmico, segundo a metodologia de Giles(1990).

| | Tar med obs (oC) | Índice de Conforto Térmico (ID) | T med sup (oC) | Índice de Conforto Térmico (ID) |
|-------------|-----------------------------|--|---------------------------|---|
| 2003 | 26,4 | 50% da população possui crescente desconforto | 28,4 | Relativo desconforto da maioria |
| 2006 | 26,4 | | 28,4 | |
| 2008 | 26,3 | | 23,0 | 50% da população com ligeiro desconforto |
| 2013 | 26,6 | | 25,5 | 50% da população possui crescente desconforto |
| 2016 | 27,4 | Relativo desconforto da maioria | 26,2 | |

Fonte: Autoria.

O Índice de Conforto Térmico é de extrema importância, pois o conforto térmico interfere diretamente na saúde física e mental das pessoas. De acordo com os resultados encontrados, utilizando dados do INMET nomeados como Tar méd obs – Temperatura do ar média observada e pelos dados das imagens de

satélite, nomeado como $T_{sup\ med}$ – Temperatura da superfície média, em nenhum momento foram encontrados valores dentro dos limites de conforto térmico.

Destacam-se os anos de 2013 e 2016, que segundo os dados do INMET apresentaram um considerável índice de desconforto, levando em consideração a temperatura do ar e a umidade relativa, chegando até a gerar certo deterioramento da condição psicofísica no ano de 2016. Em contraposição, os dados de satélite, considerando a temperatura de superfície e não a temperatura do ar, alertam para maiores valores de desconforto nos anos de 2003 e 2006, responsáveis por possíveis danos psicológicos e/ou físicos às pessoas.

É importante destacar que os dados apresentam certa diferença entre si por se tratarem de diferentes medidas de temperatura. A temperatura média do ar fornecida pelo INMET é medida a 1,5m do chão, já a temperatura de superfície gerada pela imagem de satélite considera a temperatura do alvo, ou seja, é uma medida pontual da temperatura da superfície local. No entanto, estas possuem forte correlação, podendo ser utilizadas para fins comparativos (SOUZA & SILVA, 2005).

Conclusão

Após as análises dos resultados de temperatura de superfície obtidos através das imagens de satélite, pode-se concluir que fenômenos meteorológicos, como o El Niño – Oscilação Sul (ENOS), podem afetar os resultados dessa variável, bem como o crescimento e urbanização das cidades.

Além disso, alerta-se para valores de temperatura de superfície em anos sem a interferência de ENOS, os quais se demonstraram crescente, principalmente quando comparamos os anos de 2013 e 2016, o que demonstra a interferência de outras variáveis, como a urbanização, densidade das edificações, concretagem, asfalto e outros materiais com características de retenção de calor.

Referente ao índice de conforto térmico, conclui-se que apesar de diferenças no grau de desconforto, o desconforto esteve presente em todos os anos em análise. Podendo causar inclusive danos à saúde física e psicológica da população.

É de suma importância a realização de mais estudos a cerca das causas da formação de ilhas de calor, não só na cidade de Belém, mas nos centros urbanos em geral para que trabalhos preventivos e corretivos possam ser feitos a fim de garantir o bem estar e a qualidade de vida das pessoas que nestas habitam.

Agradecimentos

Agradeço ao suporte do programa científico LBA (sigla em inglês para The Large Scale Biosphere Atmosphere in Amazonia Program), a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo laboratório cedido para a análise dos dados utilizados neste trabalho e pelo suporte financeiro através da bolsa de pesquisa concedida.

Referências Bibliográficas

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, n. especial, p. 71-90, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os Trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 332 p. 2003.

BERNATZKY, A. **Tree ecology and preservation**. 2.ed. Amsterdam: Elsevier, 1980.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, Amsterdam, v.20, n.3, p.395-403, May-Jun. 1996.

FLORENZANO, T. G. **Iniciacao em Sensoriamento Remoto**: Imagens de satélites para estudos ambientais. 2a Ed. Sao Paulo: Oficina de Textos, 97 p. 2007.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (FBDS). Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Disponível em: < http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf>. Acesso em: 29 set 2016.

GILES, B.D.; BALAFOUTIS, C.; MAHEROS, P. Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **Int. J. Biometeorol.**, v.34, p. 98-104. 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas de População**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao>>. Acesso em: 25 set 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: Belém**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/3AW>>. Acesso em: 4 jul 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>>. Acesso em: 10 ago 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p., 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 5 jan 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Seca na Amazônia em 2005**. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=492>. Acesso em: 16 ago 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **El Niño**. 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/elniño/pt>>. Acesso em: 4 jul 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **El Niño e La Niña**. 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 8 set 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **El Niño e La Niña**. 2017. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 4 jul 2017.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba-PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

ORTIZ, G. F., AMORIM, M. C. de C. T., Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite Landsat 7. **Revista Geográfica de América Central**. 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/viewFile/2481/2375>>. Acesso em: 22 jun 2016.

SOUZA, J. D.; SILVA, B. B. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM - Landsat 5. **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v.23, n.4. 2005.

UHLY, S; SOUZA, E.L. **A questão da água na grande Belém**. Casa de Estudos Germânicos - UFPA, Fundação Heinrich Böll. 2004.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8**. 2013. Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov>>. Acesso em: 9 jan 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Landsat Missions**. 2016. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php>. Acesso em: 9 jan 2016.

ZENG, N.; YOON, J.; MARENGO, J. A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE C. A.; MARIOTTI A.; NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**. 3 ed. Doi:10.1088/1748-9326/3/1/014002. 2008.