

## Análise multitemporal de mudanças de uso e cobertura do solo na Ilha do Maranhão

Danúbio Campos Pinheiro<sup>1</sup>  
Hauanen Araújo Rocha<sup>2</sup>  
Juliane Borrallo de Andrade<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Cidade Universitária Paulo VI – São Luís – MA, CEP: 65055-970 danillux@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Cidade Universitária Paulo VI – São Luís – MA, CEP: 65055-970  
hauanenaraudo.rocha@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Cidade Universitária Paulo VI – São Luís – MA, CEP: 65055-970 julianeuema@bol.com.br

**Abstract** The process of occupation of Maranhão Island, Brazil, has intensified due to the economic needs, political and social and became worrisome given the fragility of natural resources to human action. The objective of this work was to study the dynamics of the landscape and the occupation of physical and territorial space of Maranhão Island in 1984 and 2015 by Landsat 5 and 8. An database in GIS was structured using the software SPRING 4.3. The images were segmented by a growing algorithm regions and subjected to a visual grading. The images time series showed a tendency to decrease in vegetation areas, mainly in the areas of salt flats (36.21%), mangroves (11.24%), secondary forest (43.16%) and fragmented secondary forest (91, 23%). Areas of sandbank, due to the natural dynamics, changes were evident (68.27%). The dense urban use showed high growth rate (215.21%) while the sparse urban use increased (2.97%) and the industrial urban use got a very significant increase (39.87%). These facts can be attributed to advances in industrialization projects that intensified the urban settlement process of the island, mainly in São Luís. Over the past 31 years, the island had a population growth rate of 112.26%, while the capital 84.56%. The results confirm that the satellite image analysis is an important tool in mapping the use and occupation of land and assist in planning the physical and territorial space of the Maranhão Island.

Palavras – Chave: *urbanization, geoprocessing, remote sensing, urbanização, geoprocessamento, sensoriamento remoto*

## 1. Introdução

O termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. Inicialmente concebidos, sobretudo para fins militares e de auxílio na localização de jazidas minerais, os processos de imageamento da terra foram se voltando progressivamente já na década de 70, para fins civis, muito ligados à agricultura e ao meio ambiente.

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (GIS), permitiram realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados e tornaram possível automatizar a produção de documentos cartográficos como os que são apresentados neste trabalho (INPE, 2001). O uso do geoprocessamento como ferramenta de apoio à tomada de decisão, tendo saído do meio acadêmico para alcançar o mercado com uma velocidade tremenda. Instituições governamentais e grandes empresas começaram a investir no uso de aplicativos disponíveis no mercado, entre eles o SPRING - software disponibilizado gratuitamente pelo INPE (OLIVEIRA, 2013).

Atualmente, observa-se um grande crescimento do ritmo de penetração do GIS nas organizações, sempre alavancado pelos custos decrescentes do hardware e do software, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas de maneira a facilitar ações tais como o planejamento urbano. Planejamento urbano é o processo de criação e desenvolvimento de programas que buscam melhorar ou revitalizar certos aspectos (como qualidade de vida da população) dentro de uma dada área urbana tendo como objetivo propiciar aos habitantes a melhor qualidade de vida possível.

A cidade de São Luis, capital do Estado do Maranhão, vem apresentando uma contínua expansão e diversificação nas formas de ocupação do seu espaço físico pela ação antrópica. O crescimento desordenado na região tem confrontado violentamente com as formas de ocupação e de exploração da terra, dos recursos hídricos e florestais o que tem resultado no aumento da desigualdade social, dos crimes ambientais, da desagregação das famílias enfim, na negação dos direitos humanos.

Diante do exposto, surge a necessidade da obtenção de dados mais específicos para estudar a dinâmica da paisagem e da ocupação da ilha no período compreendido entre 1984 e 2015, utilizando-se de ferramentas de geoprocessamento que contribuam para o monitoramento dessa expansão, mapeando as áreas antropizadas e remanescentes de vegetação e seus impactos ambientais, buscando-se potencializar ganhos de resultados com o uso desta tecnologia.

Este estudo teve como objetivo estudar a dinâmica da paisagem e a ocupação do espaço físico-territorial da Ilha do Maranhão nos anos 1984 e 2015 por meio de imagens TM/Landsat 5 e 8, bem como mapear e a quantificar as classes de uso e ocupação do solo através de técnicas de geoprocessamento. Neste contexto, o trabalho surge como uma contribuição que atualiza e enriquece os conhecimentos já existentes sobre a expansão urbana nesta área de estudo ao mesmo tempo em que alerta sobre a gravidade do grau atual das alterações da cobertura vegetal na Ilha e suas implicações negativas sobre o meio ambiente.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

A Ilha do Maranhão ou *Upaon Açu* está situada ao norte do Estado do Maranhão, região nordeste do Brasil, enquadrada pelas coordenadas geográficas  $2^{\circ} 24' 10''$  e  $2^{\circ} 46' 37''$  de latitude sul e  $44^{\circ} 22' 39''$  e  $44^{\circ} 22' 39''$  de longitude oeste (Datum Sirgas 2000), com área total de aproximadamente  $831,7 \text{ Km}^2$  (ARAUJO et al., 2009).

O território da ilha está dividido em quatro municípios que formam a região metropolitana de São Luís: Raposa, São Luís, São Jose de Ribamar e Paço do Lumiar (CORDEIRO et al., 2007). A área se apresenta hoje intensamente antropizada; sua vegetação natural, ao longo dessas décadas, tem sido substituída por moradias decorrentes do grande aumento populacional da Ilha, assim como, também vem sendo desmatada para fins diversos restando apenas poucos remanescentes de vegetação ainda a persistem na região.

Ainda existem áreas de mangues, encontrando-se também trechos com ocorrência de babaçuais (vegetação secundária) e um pouco de mata ciliar. Essa vegetação está baseada em quatro tipos de solo principais, a saber: latossolos vermelhos, solos indiscriminados de mangue, neossolos quartzarénicos e argissolos. (UEMA, 2009).

Segundo o IBGE (2010), o município de São Luis tinha em 2010 uma população de 1.027.098 hab sendo o município mais populoso da ilha, seguido de S. Jose de Ribamar ( $386,3 \text{ km}^2$ ), Paço do Lumiar ( $132,4 \text{ km}^2$ ) e Raposa ( $64,2 \text{ km}^2$ ).

Quanto ao clima da região, segundo a classificação de Koppen (1928), é do tipo AW, tropical chuvoso, com predominância de chuvas nos meses de janeiro a abril e isso se deve ao fato da cidade estar localizada próxima a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sendo que a temperatura média anual oscila em torno de  $28^{\circ}$ . (KÖPPEN, W.; GEIGER, R, 1928).

A hidrografia da ilha tem como rios principais o Anil, Bacanga, Tibiri, Paciência, Maracanã, Calhau, Pimenta, Coqueiro e Cachorros. São pequenos rios que desaguam em áreas de dunas, praias e manguezais. Os dois maiores, o rio Anil com 12.63 km de extensão, e Bacanga com 233,84 km (ARAUJO et al, 2009) desaguam na baía de São Marcos tendo em seus estuários áreas cobertas de mangues.

### 2.2 Metodologia de Trabalho

Para o desenvolvimento do trabalho, foi usado o software Spring 5.0.6 disponibilizado gratuitamente para download no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, assim com a imagem em formato digital, do ano de 1984 (L5TM 220/62 1984-06-20); a imagem do satélite Landsat 8 (L8 OLI 220/62 2015-07-28) referente ao ano de 2015 foi obtida através do site do USGS (U.S. Geological Survey) Ambas imagens foram geradas pelo sensor do satélite Landsat com resolução espectral ( $30 \times 30 \text{ m}$ ), referentes a área de estudo, totalizando um espaço temporal de 31 anos.

Com o auxílio do software SPRING, foi criado um banco de dados no qual se gerou o projeto onde se delimitou o retângulo envolvente e também foram criadas as categorias e em seguida os planos de informação (PI).

Depois de fazer o download gratuito de imagens no site do INPE, estas foram então georreferenciadas usando-se como base um mosaico de imagens georreferenciadas do Estado do Maranhão. Executados esses processos, procurou-se trabalhar com a importação das imagens e em seguida a interpretação das mesmas sendo que para melhor desempenho na interpretação dos dados, as imagens receberam um contraste adequado ao trabalho proposto.

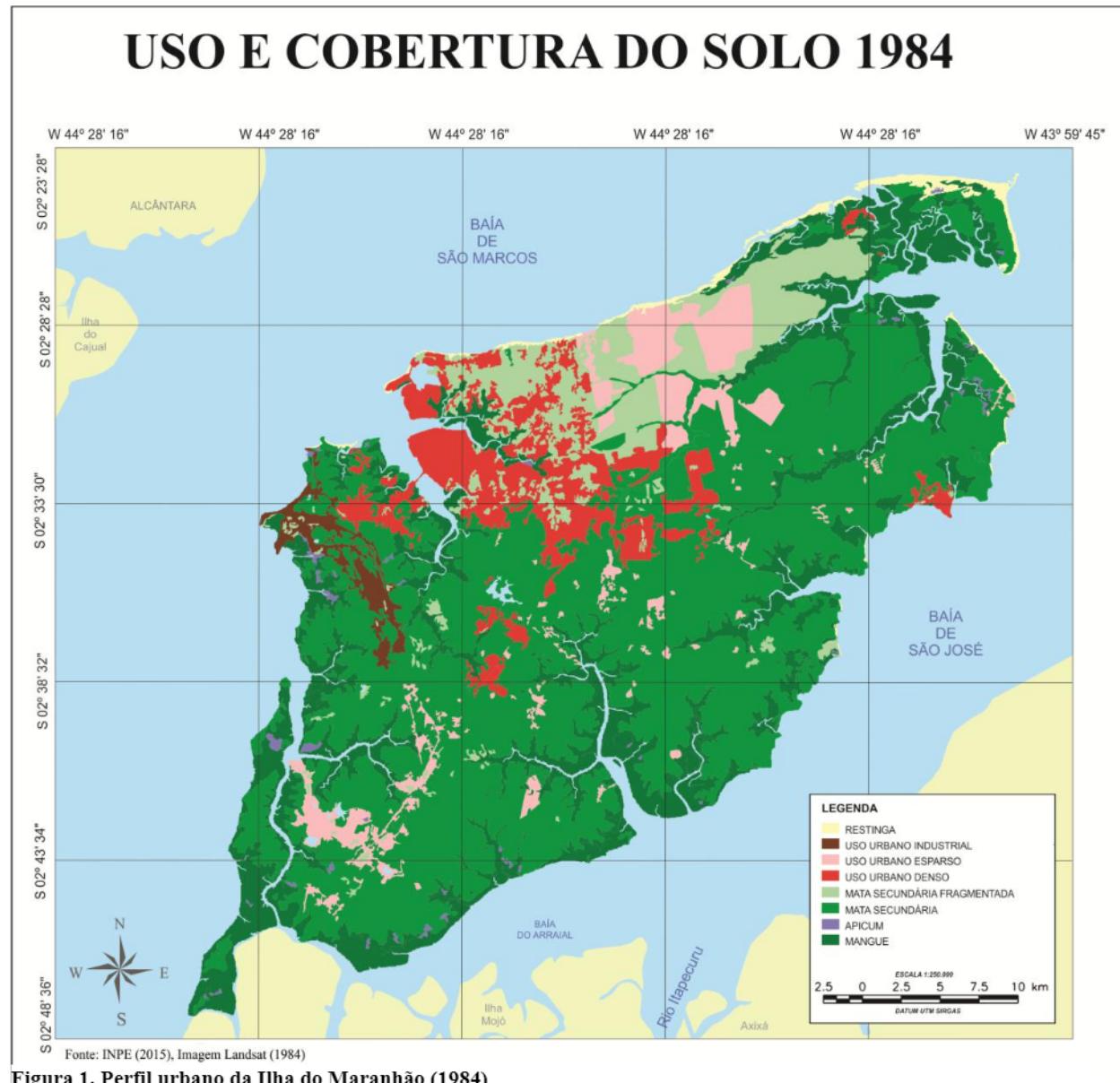
Em seguida foi feita uma segmentação usando o método crescimento de regiões, similaridade = 15 e área (pixel) = 30; esta configuração usada para a segmentação foi a que

melhor destacou os objetos a serem classificados. Para classificar os polígonos no SPRING usou-se a ferramenta Modelo de dados criando oito classes que foram identificadas por cores de acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra - IBGE (2013). Após edição dos vetores, os que correspondiam à categoria uso e cobertura foram classificados para a obtenção da extensão total dos polígonos através da função “temático - medidas de classes” na barra de menu do SPRING. Por fim, geraram-se as cartas que foram exportadas no formato postscript (ps); esse arquivo foi importado e editado para melhor acabamento dos mapas no Coreldraw X5 em uma escala de trabalho de 1:250.000.

### 3. Resultados e Discussões

Por meio da análise multitemporal das imagens dos anos de 1984 e 2015 foi possível detectar a expansão urbana na região de estudo e essas áreas foram convertidas em percentuais de ocupação na área estudada. Através da ferramenta *medida de classes* do SPRING, as classes de dois planos de informações foram comparadas e foi possível fazer o cálculo das áreas referentes a cada classe poligonal em km<sup>2</sup>.

Os mapas gerados a partir das informações obtidas pelas imagens demonstram a avanço continuo do processo evolutivo da expansão urbana na ilha do Maranhão conforme exposto nas figuras 01 e 02.



## USO E COBERTURA DO SOLO 2015

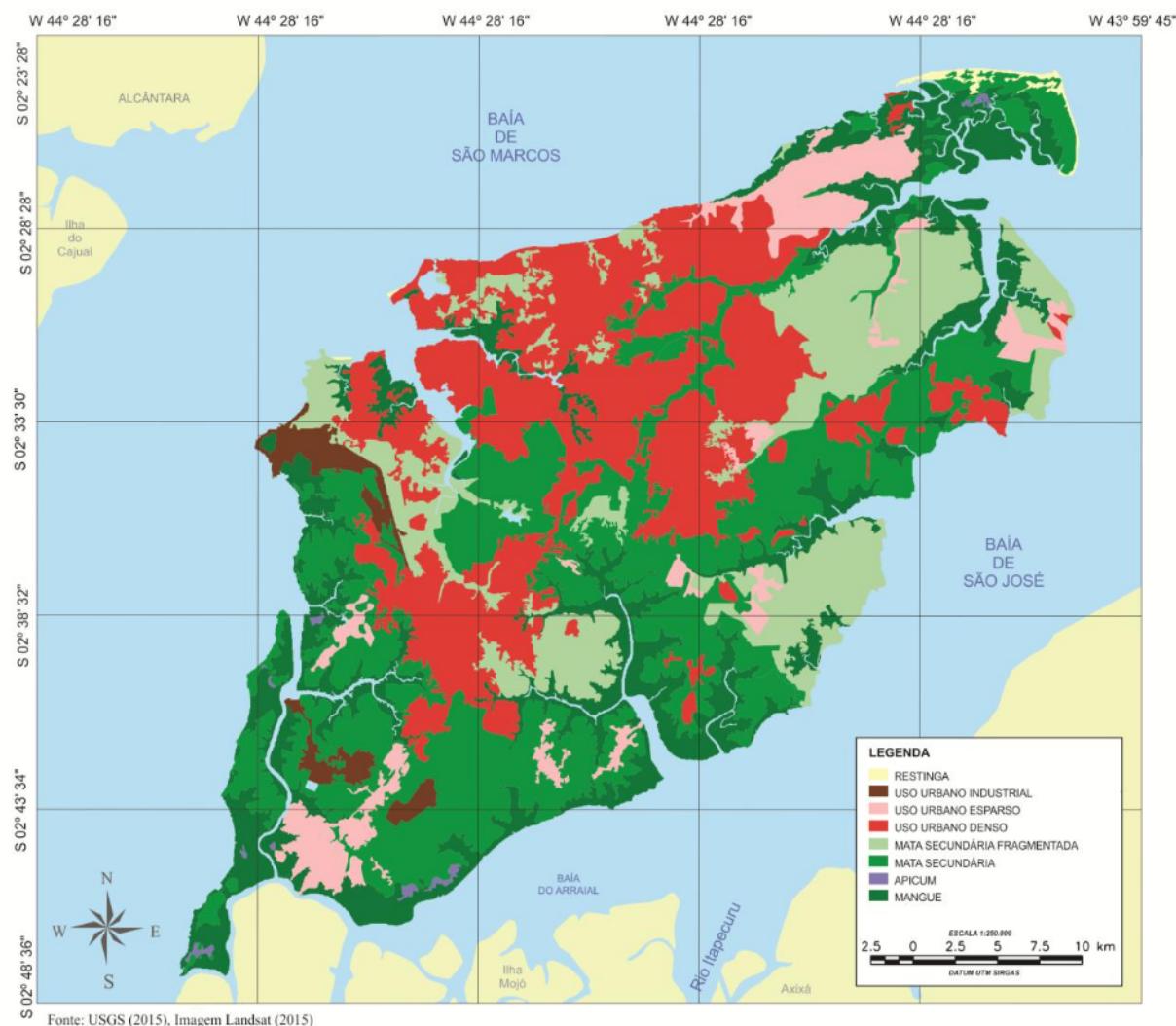


Figura 2. Perfil urbano da Ilha do Maranhão (2015)

Grande parte dos bairros periféricos tiveram seus territórios “invadidos” pelas famílias que vindo do interior do Estado, não possuíam lugar para se estabelecerem. Em virtude da falta de planejamento na organização desses bairros, estes passaram a apresentar vários problemas de cunho estrutural devido à carência de um sistema educacional de qualidade ou infra-estrutural.

Esse fenômeno pode ser resultante do progresso nos projetos de industrialização que intensificaram o processo de ocupação urbana da Ilha, principalmente em São Luís, capital do Maranhão, que em 2010 alcançou 1.011.943 de habitantes, distribuídos em uma área de apenas 828,19 km<sup>2</sup>. No intervalo entre os anos 1984 e 2010, a Ilha apresentou uma taxa de crescimento populacional de 112,26%, da qual a capital representa 84,56%.

Esses recém-chegados passaram a ocupar espaços que antes tinham uma cobertura vegetal íntegra. Um dos maiores exemplos a ser citado é a Cidade Olímpica, considerada a segunda maior ocupação urbana da América Latina com cerca de 65 mil habitantes (REVISTA PLAN, 2008).

Outrora dominantes, as florestas secundárias mistas e os manguezais têm sofrido constantes transformações pela especulação imobiliária ou mesmo pelo uso desordenado de seus recursos, o que tem causado sérios problemas de desequilíbrio ambiental. Tal processo

desencadeou a acelerada destruição desses ecossistemas sendo gradativamente substituídos ou modificados pela ação antrópica.

São paisagens que possuíam cobertura vegetal em boa parte do território e que no decorrer do período de 31 anos compreendidos entre 1984 e 2015 deram lugar a áreas construídas, solo exposto e/ou loteamentos conforme mostra o quadro 02, havendo uma considerável redução das áreas de cobertura vegetal, principalmente nas áreas de apicum (36,21%), manguezal (11,24%), mata secundária (43,16%) e mata secundária fragmentada (91,23%). Nas áreas de restinga, devido à dinâmica natural, as alterações foram visíveis (68,27%). No município de São Luis, a expansão das áreas urbanas pode ser bem percebida ao longo da BR-135, devido ao crescimento das áreas industrializadas que tiveram um crescimento de 39,87%. Também partindo do centro da ilha em direção nordeste acompanhando a linha costeira até o município de Raposa, o crescimento de bairros como Divinéia, Santa Rosa, Araçagy e Vila Luizão além de condomínios e loteamentos contribuíram para a expansão urbana da ilha de forma esparsa (39,87%). Essa contínua expansão das áreas urbanizadas contribuiu para que se apresentasse uma alta taxa de crescimento (215,21%) distribuindo-se mais na porção centro-norte da Ilha.

**Tabela 1. Quantificação das áreas uso e cobertura do solo e suas variações.**

Classificação	Área (km <sup>2</sup> )		Diferença Percentual de 2015 em relação a 1984 (%)
	1984	2015	
Apicum	3,63	2,31	-36,21
Mangue	187,34	166,28	-11,24
Mata Secundária	481,18	273,49	-43,16
Mata Secundária Fragmentada	76,25	145,80	91,23
Restinga	11,19	3,55	-68,27
Uso Urbano Denso	75,08	236,65	215,21
Uso Urbano Esparsos	55,11	56,75	2,97
Uso Urbano Industrial	12,93	18,08	39,87
Área Total das Classes	909,54	905,04	

A expansão urbana desmesurada também pode estar associada a outro fator cada vez mais evidente na região estudada – as mudanças climáticas. De acordo com pesquisas realizadas por Eloi et al (2007) houve um aumento de 1,75°C na temperatura sugerindo uma associação entre o aumento da temperatura e a expansão urbana, num período de 32 anos (1971 a 2002). Para os autores da pesquisa, esse aumento da temperatura pode estar ligado aos processos de urbanização e consequentemente ao desmatamento gerado por este, além do fenômeno de aquecimento a nível global.

#### 4. Conclusão

Com base na análise, discussão e interpretação dos resultados, obtiveram-se as seguintes considerações: Essas ferramentas mostraram-se eficazes ao apresentar soluções em tecnologia de informação relacionadas ao desenvolvimento e implementação de métodos, sistemas de gerenciamento e monitoramento da dinâmica evolutiva nos processos de expansão urbana, bem como dos seus impactos ambientais, sociais e econômicos relacionados ao espaço físico-territorial da Ilha do Maranhão.

A partir das evidências mostradas neste estudo, percebe-se o quanto é preocupante o processo de ocupação e uso das terras da ilha do Maranhão, cujo ambiente é extremamente fragilizado e com níveis elevados de degradação, como decorrência da substituição indiscriminada da cobertura vegetal inicial por extensas áreas urbanizadas.

Espera-se com este trabalho, que o conhecimento da realidade atual possa despertar o devido interesse a fim de que o crescimento desordenado, até então causador de danos, possa ter condições de ser exercido de forma sustentável.

Araújo, E.P.; Teles, M. G. L.; Lago, W. S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4631-4638.

Cordeiro, E. C.; Diniz, J. S. Região metropolitana da grande São Luís: além da retórica municipalista, o que serve como entrave para sua “efetivação”? In: III Jornada Internacional de Políticas Públicas, São Luis, 2007.

Eloi, C. M. A.; Silva, R. M.; Reschke, G. A.; Asevedo, L. P.; Rozario, M. L. I. Ocorrência de mudanças climáticas na área urbana da cidade de São Luís do Maranhão In: 2º Simpósio de Climatologia da SBMET, 2007, São Paulo. Anais do 2º Simpósio de Climatologia da SBMET, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Perfil dos municípios brasileiros. IBGE: Rio de Janeiro, 2008.

Koppen, W.; Geiger, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

MANUAL técnico de uso da terra. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE,2006. 171 p. (Manuais técnicos em Geociências). Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual\\_usodaterra.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtml). Acesso em ago/2015.

SPRING: Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.html>>. Acesso em: 03. dez. 2011. Meneses, P. R.

**Fundamentos de Sensoriamento Remoto.** Brasília: 2006.

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão, NUGEO. Mapa de solos. São Luis: 2009.

REVISTA PLAN, Ed.1, julho, 2008. Disponível em <https://plan.org.br/revista-plan-01#download-options>. Acesso em: mar. 2015.

OLIVEIRA, Éder H. de. A Utilização das Geotecnologias no Ensino de Geografia. 2013. 51f. Monografia (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013

