



ANÁLISE DA DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE PAÇO DO LUMIAR, SÃO LUÍS (MA)

Janilci Serra Silva^(a), Richarde Marques da Silva^(b)

^(a) Doutoranda em Geografia/ UNICAMP, janilciserra@gmail.com

^(b) Professor do Departamento de Geociências / UFPB, richarde@geociencias.ufpb.br

Eixo: GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM ESPACIAL EM GEOGRAFIA FÍSICA

Resumo

O processo de urbanização das cidades tem intensificado as alterações do uso e cobertura da terra, que ocasionam diversos impactos ambientais. O objetivo deste estudo foi detectar as alterações do uso e cobertura da terra no município de Paço do Lumiar (MA), para o período de 1988 a 2014. Para tanto, foram utilizadas duas imagens de satélite, sendo uma imagem TM/Landsat 5 de 02 de agosto de 1988 e uma imagem do sensor OLI/Landsat 8 do dia 27 de setembro de 2014, ambas da órbita 220 e ponto 62. As imagens foram classificadas usando o classificador de máxima verossimilhança (MAXVER), do software Spring 5.2.7. Os usos e coberturas da terra identificadas em ambas as imagens foram: (a) urbano, (b) vegetação arbórea/arbustiva, (c) vegetação arbustiva/herbácea, (d) mangue e (e) água. Para analisar as mudanças no uso do solo foi aplicado o índice de vegetação IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Os resultados possibilitaram detectar intensa alteração do uso e cobertura da terra no município de Paço do Lumiar. As principais alterações foram observadas nas áreas com presença de vegetação arbórea e área urbana, onde nota-se que houve significativa redução da cobertura vegetal, em contrapartida, as áreas antropizada e com solo exposto cresceram.

Palavras chave: Geoprocessamento, índice de vegetação e uso da terra.

1. Introdução

O uso das técnicas de geoprocessamento permite analisar as modificações ocorridas na cobertura do solo no passado, presente e em cenários futuros, o que permite realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados. Considera-se também que dados obtidos por sensoriamento remoto, com o uso das geotecnologias, são fundamentais nos estudos de uso e cobertura da terra, possibilitando análises que subsidiam o processo de planejamento e gestão urbana.

Na análise do uso e cobertura da terra são utilizadas diversas técnicas, nesta pesquisa destaca-se a classificação do uso e cobertura da terra e monitoramento da distribuição espaço-temporal de índice de vegetação, através de técnicas de sensoriamento remoto. Ponzoni e Shimabukuro (2007) esclarecem que “os estudos em vegetação envolvendo a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, fundamentam-se na compreensão da aparência que uma dada cobertura vegetal assume em um determinado produto de sensoriamento remoto”.

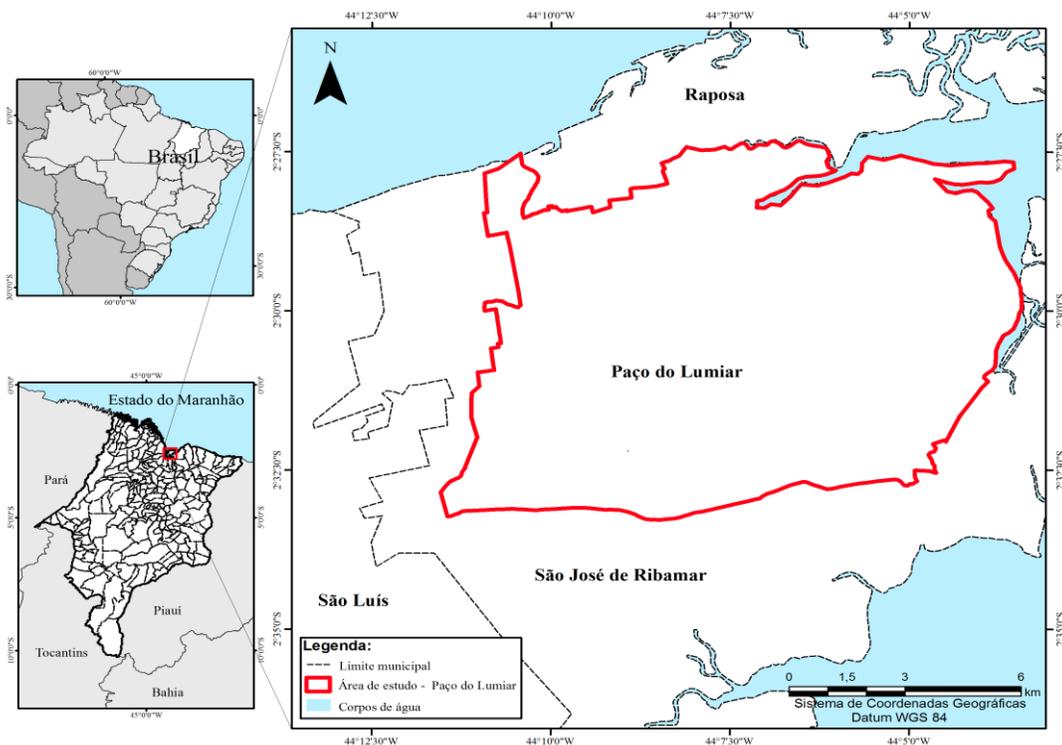
Para melhor se avaliar as mudanças na cobertura da terra são indicados índices de vegetação. De acordo com Gilabert (1997), os índices de vegetação têm em comum a utilização da refletividade nas faixas



espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, pois 90% dos dados relativos à vegetação estão contidas nas bandas espectrais dessas faixas. Ponzoni e Shimabukuro (2007) corroboram com o autor supracitado e evidencia que “existem diversos índices propostos na literatura com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo”, cita-se a exemplo os índices de vegetação CTVI (*The Corrected Transformed Index*), RVI (*Ratio Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*), GEMI (*Global Environment Monitoring Index*) e NDSVI (*Normalized Difference Senescence Vegetation Index*). Porém a literatura mostra que os índices mais utilizados para analisar a cobertura vegetal são Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) e Índice de Área Foliar (IAF). Neste estudo o índice de vegetação que será analisado é o IVDN.

1.1 Localização da área de estudo

O município de Paço do Lumiar localiza-se entre as coordenadas geográficas 2°27'42" S e 44°3'37" O e 2°33'9" S e 44°11'24" O, e apresenta altitudes que variam entre 2 e 51 m. Esse município compreende uma área territorial de 122 km² (Figura 1), e está situado na microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís e na Mesorregião Norte Maranhense, distante aproximadamente 21,6 km de São Luís, capital do Maranhão (IBGE, 2010).





1.2 A expansão urbana de Paço do Lumiar (MA)

O acelerado crescimento do uso e ocupação da terra, pelo qual passa os municípios da Ilha do Maranhão, tem ocasionado ocupação desordenada, por sua vez, responsável pelo surgimento de diversos impactos ambientais e socioeconômicos (SANTOS, 1996). Vale ressaltar que a Ilha do Maranhão é composta por quatro municípios, são eles: São Luís (capital do Estado do Maranhão), São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar (área de estudo desta pesquisa).

De acordo com o Cordeiro e Diniz (2009), a expansão da malha urbana da Ilha do Maranhão, foi intensificada a partir da década de 1980, com a chegada de grandes projetos industriais, a exemplo da ALUMAR e Vale, antiga companhia Vale do Rio Doce. Esses grandes projetos, transformaram a Ilha do Maranhão em polo de atração de mão de obra, fazendo crescer o espaço urbano.

O município de Paço do Lumiar apresentou acelerado ritmo de crescimento da população, e conseqüentemente, alterações do processo de uso e ocupação da terra. Conforme aponta o estudo de Masullo (2012), entre os anos de 1992 e 2010, Paço do Lumiar foi um dos municípios com maior alteração do uso e ocupação da terra, na microrregião da aglomeração urbana de São Luís (Ilha do Maranhão).

O crescimento dos índices demográficos e intensificação do uso e ocupação da terra de Paço do Lumiar, nos últimos anos, ocorreu em consequência da falta de espaço para expansão urbana na capital, município de São Luís, logo, os municípios vizinhos à São Luis começaram a receber maior fluxo populacional.

De acordo com os dados demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o município tinha uma população de 17.216 habitantes em 1980 e em 2010 passou para 105.121 habitantes, ou seja, um crescimento de 88,1%. Isto representou um aumento da densidade demográfica de 139,811 hab./km² para 948,303 hab./km² (IBGE, 1980; 2010).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi detectar as alterações do uso e cobertura da terra no município de Paço do Lumiar (MA), entre os anos de 1988 a 2014, através do uso de geotecnologias.

2. Procedimentos metodológicos

Para este trabalho, foram utilizadas duas imagens de satélite, sendo uma imagem TM/Landsat 5 (da data 02/08/1988) e uma imagem do sensor OLI/Landsat 8 (da data 27/09/2014). Todas as imagens são da órbita 220 e ponto 62, disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS), disponível no endereço eletrônico <http://glovis.usgs.gov>.



2.1 Pré-Processamento das imagens de satélite

Esta etapa consistiu no processo de ajuste na projeção das imagens de satélite. Tal procedimento possibilitou a alteração das imagens para o sistema de coordenadas do hemisfério sul (código EPSG 32723), pois, as imagens adquiridas no *website* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) estão disponíveis para consulta em sistema de coordenadas do hemisfério Norte (código EPSG 32623). Assim, se faz necessário uma reprojeção para o hemisfério sul. Salienta-se que as imagens adquiridas no USGS são ortorretificadas, dispensando a etapa de ortorretificação das imagens de satélite utilizadas nesta pesquisa.

Em seguida foi feito o recorte da área de estudo. Para selecionar a área do município de Paço do Lumiar/MA, foi obtido a delimitação georreferenciada da área de estudo, este arquivo foi obtido junto ao site do IBGE, no formato *shapefile* (.shp).

2.2 Classificação do uso e cobertura da terra

Para iniciar o processo de classificação das imagens utilizadas neste estudo, foi gerado a composição das bandas espectrais para melhor identificar as classes que seriam mapeadas. Para as imagens TM/Landsat 5, foi utilizada a composição das bandas 3(B), 5(G), 4(R) e para a imagem do OLI/Landsat 8 foram utilizadas as bandas 4(B), 5(G), 6(R). Em seguida foram criadas cinco classes de uso e ocupação da terra: urbano, vegetação arbustiva/arbórea, vegetação arbórea/herbácea, mangue e água. A escolha das classes de uso e ocupação da terra levou em consideração elementos com maior representatividade na paisagem.

Após definir as classes mapeadas, foi realizado a aquisição das amostras dos *pixels* para cada classe. Estas amostras foram utilizadas para treinar o algoritmo da classificação para o mapeamento do restante da imagem. Após a coleta das amostras de uso da terra, foi realizada a classificação da imagem utilizando a classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança, utilizando limiar de aceitação de 100%. A classificação foi realizada no SPRING (Sistema de Informações Georreferenciadas), versão 5.2.7.

Para corrigir erros de classificação na área de estudo, foi realizada a pós-classificação das imagens, empregando o método da edição matricial através do *software* ArcGIS 10.1®.

2.3 Estimativa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) é a razão entre a diferença das refletividades da banda do infravermelho próximo e no vermelho, pela soma dessas mesmas refletividades (ROUSE et al., 1974). O IVDN é um indicador da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no



intervalo de -1 a 1, de modo que quanto mais próximo de 1, maior indício de presença de vegetação, e quanto mais próximo de -1, maior indício de presença de solos descobertos e rochas. Nas superfícies com presença de água ou nuvens, esta variação é sempre menor do que 0. O IVDN é obtido pela seguinte equação:

$$IVDN = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo: ρ_{IV} = a banda espectral no infravermelho próximo, para as imagens Landsat 5 foi utilizado a banda espectral 4 e para a imagem Landsat 8 foi utilizado a banda espectral 5; ρ_V = a banda espectral do vermelho, para as imagens Landsat 5 foi utilizado a banda espectral 3 e para a imagem Landsat 8 foi utilizado a banda espectral 4.

3. RESULTADOS

3.1 Uso e cobertura da terra no município de Paço do Lumiar

A Figura 2 apresenta o resultado da classificação do uso e cobertura da terra, no município de Paço do Lumiar (MA). São apresentadas as classificações referentes as datas de 02/08/1988 e 27/09/2014. Através da classificação é possível detectar que houve significativas alterações na paisagem local. Estas alterações são caracterizadas principalmente pela diminuição gradual da cobertura vegetal, em especial da vegetação da classe arbórea/arbustiva, e aumento de áreas urbanizadas.

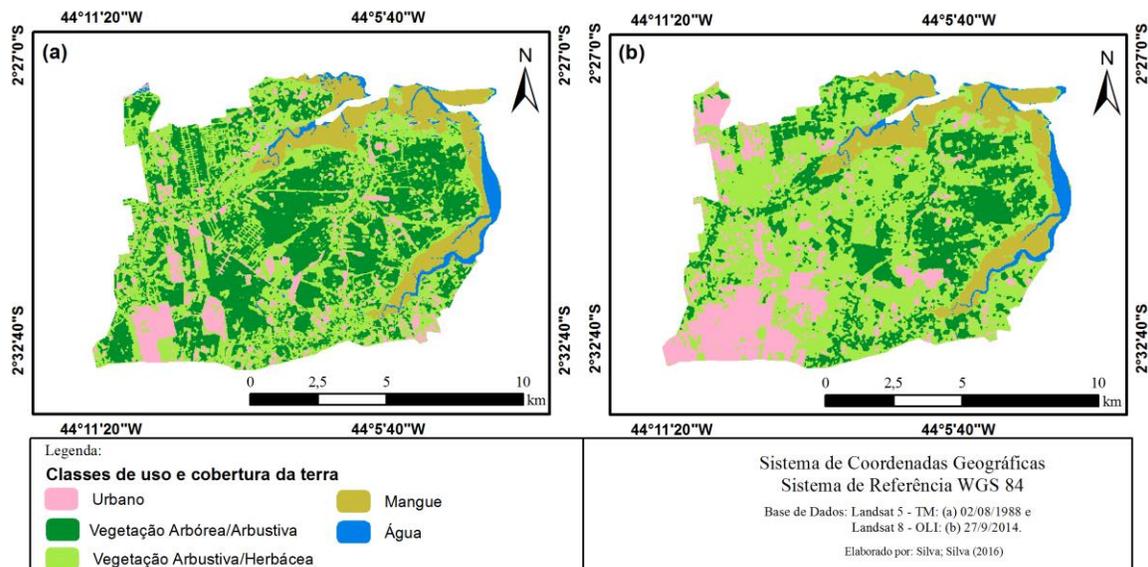


Figura 2 – Classificação do uso e cobertura da terra no município de Paço do Lumiar.



A Tabela 1 apresenta os dados da quantificação das classes de uso e cobertura da terra. Os dados revelam que houve significativa redução da classe vegetação arbórea/arbustiva, pois em 1988 totalizava 37,53% da área total do município, e no ano de 2014 ocupava apenas 23,85% da área. Nota-se ainda que a classe de mangue também teve redução, com uma variação de 4,43 km entre as duas datas analisadas. Em contrapartida, a classe urbano teve significativo crescimento. Em 1988 essa classe ocupava apenas 8,85%, e em 2014 ocupava 18,38%, demonstrando um crescimento para a mancha urbana da área de estudo, e consequentemente intensificação da degradação ambiental (Figura 3).



Figura 3 – Área com presença de degradação na cobertura vegetal.
Fonte: Acervo pessoal, 2016.

Como pode ser percebido, o crescimento da área urbana ocorreu principalmente na porção sudoeste do município, onde concentra-se a zona urbana de Paço do Lumiar. Em 2014 a área ocupada pela classe urbano mais que dobrou, comparado a data do ano de 1988. A variação foi de 11,63 km² entre estes dois anos (1988 - 2014).

Tabela I – Quantificação das classes de uso e cobertura da terra no município de Paço do Lumiar em km² e percentual.

Classes	Área (km ²)				Variação (km ²)
	1988	%	2014	%	
Urbano	10,84	8,85	22,47	18,38	11,63
Vegetação Arbórea/Arbustiva	45,95	37,53	29,16	23,85	-16,79
Vegetação Arbustiva/Rasteira	48,96	39,99	58,9	48,17	9,94
Mangue	12,88	10,52	8,45	6,91	-4,43
Água	3,8	3,10	3,29	2,69	-0,51

3.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) no município de Paço do Lumiar

A Figura 4 apresenta a espacialização dos valores do IVDN para as datas analisadas (02/08/1988 e 27/09/2014), no município de Paço do Lumiar. Os valores da estimativa do IVDN variaram de -0,03 a 0,08.



Os valores negativos (-0,3–0) representam os corpos hídricos. Nas datas analisadas não foi observada variação significativa para a área ocupada por essa classe. A classe do IVDN, com tonalidade verde escuro, representa as regiões onde existe a presença de vegetação densa, ou seja, vegetação arbórea/arbustiva, correspondendo aos locais onde o IVDN apresentou os maiores índices, variando entre 0,7–0,8.

Nota-se que na cena de 02/08/1988 a classe do IVDN com valores entre 0,7 e 0,8 prevalece em relação às demais; esses altos valores do IVDN caracterizam maior área com alta densidade de cobertura vegetal existente no local, porém, na cena de 27/09/2014 a área referente aos valores máximos do IVDN tem menor representação, mostrando que o vigor da vegetação para essa data foi menor.

Na análise da Figura 4(b), pode-se perceber que a classe com valores entre 0,2 e -0,4, teve maior representação, comparada com a Figura 4(a), esta classe (02-04), corresponde a área urbanizada do município. Nota-se que na cena de 1988 ela apresenta-se mais concentrada na porção sudoeste do município, porém, na cena de 2014 apresenta-se fragmentada em toda a área de estudo, revelando a intensificação da urbanização no município de Paço do Lumiar (MA).

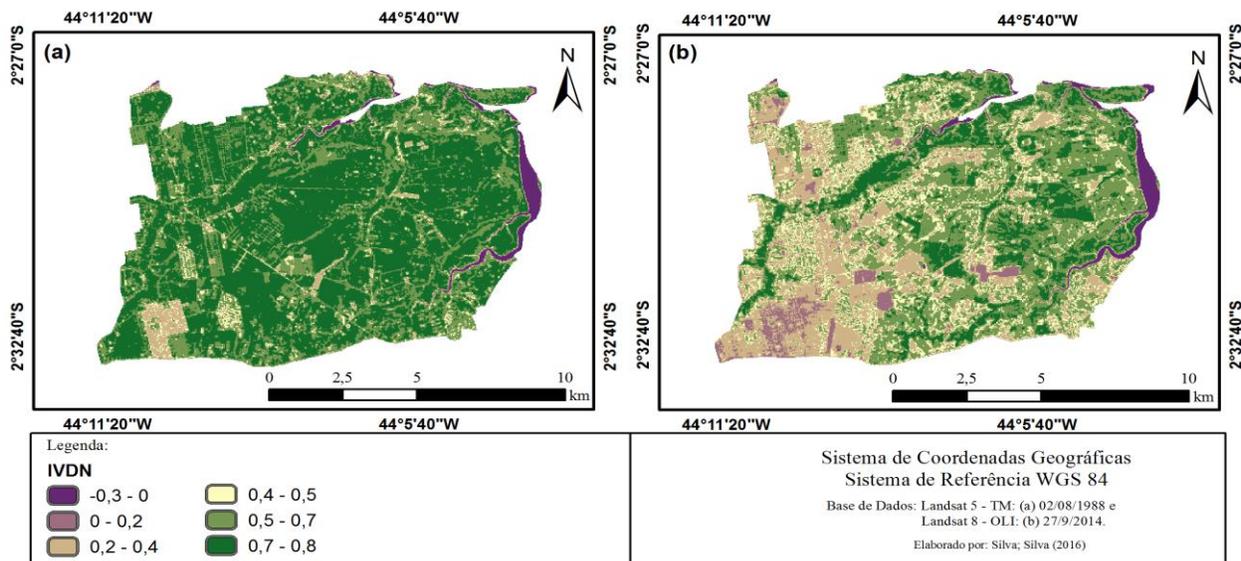


Figura 4 – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) no município de Paço do Lumiar.

A Figura 5 apresenta o histograma de frequência, referente dos valores do IVDN, do município de Paço do Lumiar, para as duas datas analisadas. De acordo com a análise do histograma, constatou-se que a maior quantidade de pixels nos intervalos positivos do IVDN, foram observados na cena de 1988, corroborando com a análise visual mostrada na Figura 4(a).



No que se refere ao histograma do IVDN, referente a cena de 2014, mostra que houve diminuição do número de pixels com valores máximos, e aumento do número de pixels com os menores valores do IVDN, se comparado com a quantificação dos números dos pixels do IVDN de 1988. Ou seja, a quantificação dos valores dos pixels do IVDN, permite afirmar que houve considerável redução da área com cobertura vegetal e crescimento da área antropizada, entre as duas datas (02/08/1988 e 27/09/2014).

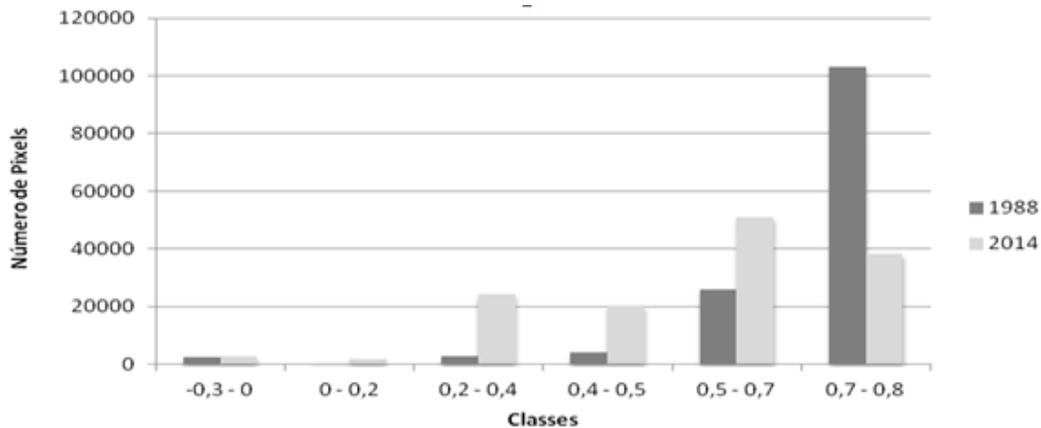


Figura 5 – Histograma de frequência dos valores dos pixels do IVDN, referente às datas analisadas.

4. Considerações finais

No presente estudo, foi analisado a alteração do uso e cobertura da terra no município de Paço do Lumiar - MA, nas datas de 02/08/1988 e 27/09/2014, através da classificação do uso e cobertura da terra, e estimativa do índice de vegetação (IVDN), com o apoio das geotecnologias. A partir dos resultados obtidos, foi possível inferir que a expansão urbana do município de Paço do Lumiar, é um dos principais fatores responsáveis pela redução da cobertura vegetal, e consequentemente, fragmentação da paisagem.

Os dados da classificação do uso e cobertura da terra, mostram que houve alterações na cobertura da terra em diferentes áreas do município de Paço do Lumiar, durante as datas analisadas, as alterações foram observadas principalmente na porção sudoeste da área de estudo.

As alterações do uso e cobertura da terra são significativas, podendo ser pontuadas, principalmente, as seguintes: a) redução da cobertura vegetal do tipo arbustiva/arbórea, esta classe em 1988, ocupava 45,95 km² da área de estudo, e passou, em 2014, a ocupar apenas 23,84km². b) aumento da classe urbano. Esta classe passou de 10,84km² em 1988 para 22,47km² no ano de 2014.

Assim, a redução da cobertura vegetal, observada tanto no resultado da classificação do uso e cobertura da terra, quanto na estimativa do IVDN, e representadas nos produtos cartográficos possibilitam prever que a



supressão da cobertura vegetal tende a crescer, principalmente, considerando o intenso processo de urbanização, e adensamento populacional do município de Paço do Lumiar.

Bibliografia:

CORDEIRO, E. C; DINIZ, J. Região Metropolitana da Grande São Luís: Sua(s) Constituição(ões) e atuais dilemas para gestão intergovernamental. **Ciências Humanas em Revista**, v.7, n.2, São Luis/MA, 2009.

GILABERT, M. A.; GONZÁLEZ-PIQUERAS, J.; GARCÍA HARO, J. Acerca de los índices de vegetación. **Revista de Teledetección**, v. 8, n. 1, p. 1 - 10 1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA - Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em 20/12/2015.

MASULLO, Y. A. G. Uso e ocupação do solo e alterações climáticas na ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 663-674, 2012.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

SANTOS, J. H. S. dos. **Análise por geoprocessamento da ocupação na franja costeira ao norte da cidade de São Luís – MA**. Rio de Janeiro: IGEO/PPGG/UFRJ, 1996. 149 p. (Dissertação de Mestrado).

USGS (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY). **What are the best spectral bands to use for my study?** Disponível em:< http://landsat.usgs.gov/best_spectral_bands_to_use.php>. Acesso em: 19 setembro de 2015.

Agradecimentos:

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado do primeiro autor; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa do segundo autor (Processo Número 311347/2014-2).