



EXPANSÃO AGRÍCOLA E APTIDÃO DAS TERRAS NO SUL DO MARANHÃO

Carolina Lobello **Lozensini**¹; Daniel de Castro **Victoria**²

Nº 15502

RESUMO - A classificação da aptidão agrícola das terras, baseada no nível tecnológico, apoia a gestão territorial do agronegócio por relacionar o recurso natural solo com a produtividade, buscando a sua conservação e a sustentabilidade agroambiental. Este trabalho tem como objetivo identificar e mapear a expansão agrícola no sul do Estado do Maranhão (mesorregião Sul Maranhense), entre 2006 e 2012, e analisar a aptidão das terras das novas áreas agrícolas. As áreas agrícolas foram mapeadas por meio de séries temporais NDVI, a partir de dados adquiridos pelo sensor MODIS, e os resultados foram comparados aos valores de área agrícola plantada do IBGE. A expansão agrícola, mapeada entre os anos de 2006 e 2012, foi de 110.749 ha. Dessa forma, avaliou-se a aptidão agrícola das novas áreas e constatou-se que 70,93% da expansão ocorreu em áreas consideradas boas para a agricultura com alto nível tecnológico.

Palavras-chaves: Agricultura; Lavoura; Matopiba; Sustentabilidade

ABSTRACT - Land suitability to crop production, considering different technological levels, can aid in the sustainability of the agricultural production by relating the natural resource that is the soil to agricultural production. This work evaluates the agricultural expansion in the south of Maranhão state (Brazil) between the years 2006 and 2012, in relation to the land use suitability for crop production in these newly established agriculture fields. Crop masks obtained through the analysis of NDVI time series from MODIS were compared to municipal planted area statistics from IBGE and showed good correlations. The crop maps obtained identified an expansion of 110.749 ha of plantations between 2006 and 2012. Of these new production areas, 70,93% were established in regions considered suitable for large scale agriculture.

Key-words: Agriculture; Matopiba; Sustainability

¹ Bolsista PIBIC/CNPq: Graduação em Eng. Ambiental e Sanitária, PUC-Campinas, Campinas-SP, carolina.lozensini@colaborador.embrapa.br

² Orientador: Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP, daniel.victoria@embrapa.br



1. INTRODUÇÃO

A classificação da aptidão agrícola das terras, baseada no nível tecnológico, apoia a gestão territorial do agronegócio por relacionar o recurso natural solo com a produtividade, buscando a conservação e a sustentabilidade agroambiental. Mapas de aptidão agrícola fornecem informações objetivas que podem ser aplicadas no planejamento agrícola e na avaliação do uso das terras, permitindo apontar áreas com uso adequado, sobreutilizadas ou que suportariam a intensificação do uso (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994; VALLADARES et al., 2007). A expansão de áreas agrícolas, as mudanças na localização espacial dos cultivos e a intensificação do uso das terras são fontes potenciais de degradação do ambiente, principalmente se não respeitadas as potencialidades e limitações da capacidade produtiva dos solos (QUARTAROLI et al., 2006).

Para que ocorra o desenvolvimento de políticas agrícolas no Brasil, é necessário um mapeamento das áreas onde há plantio, para que seja possível fazer o monitoramento e as estimativas de safras. As estimativas de safras são importantes para a sociedade, pois fornecem informações ao mercado sobre a oferta de produtos agrícolas. Por conta da alta escala temporal dos cultivos agrícolas, é necessário o uso correto de tecnologias para realizar a análise e interpretação de dados (ADAMI et al., 2005; BERNARDES et al., 2011).

Entre as tecnologias disponíveis para o monitoramento de atividades agrícolas, imagens orbitais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) demonstram grande eficiência. Essas são disponibilizadas na forma de produtos com correção geométrica e radiométrica, em composições temporais de 16 dias e resolução espacial de 250 m. Entre esses produtos, estão as imagens dos índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*). As composições temporais são imagens geradas pelos dados das melhores datas dentro de um período, levando-se em consideração a qualidade da imagem (presença de nuvens, ângulo de inclinação, correção radiométrica). Dentre as aplicações dos produtos MODIS, podemos destacar a identificação de culturas agrícolas, tipos de formação florestal e detecção de mudanças de cobertura (EIPHANIO, 2007; JAKUBAUSKAS et al., 2002; JUSTICE; TOWNSHEND, 2002; LACRUZ; SANTOS, 2007; VICTORIA et al., 2012; YU et al., 2004).

Esse trabalho tem como objetivo identificar e mapear a expansão agrícola no sul do Estado do Maranhão (mesorregião Sul Maranhense), entre 2006 e 2012, e analisar a aptidão das terras das novas áreas agrícolas.



2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Área de estudo

A mesorregião Sul Maranhense está localizada entre as coordenadas 5°54' e 10°29' de latitude sul e 44°08' e 47°51' de longitude oeste. A mesorregião está inserida no Bioma Cerrado e tem área de 6,7 milhões de hectares, com as classes de vegetação de savana (florestada, arborizada, parque e gramínea-lenhosa), floresta (ombrófila submontana), formação pioneira e vegetação secundária (SANO et al., 2008; SILVA et al., 2015).

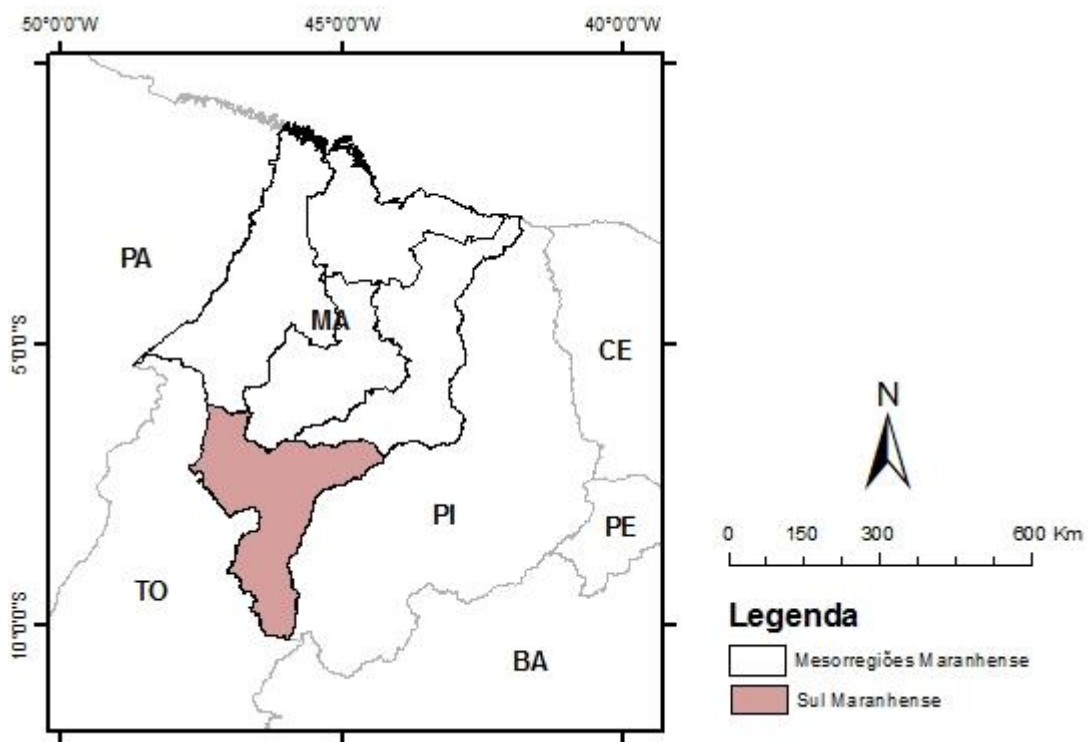


Figura 1. Localização da mesorregião Sul Maranhense.

2.2 Metodologia

Para o mapeamento das áreas agrícolas, foram usadas as imagens do índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) do sensor MODIS. Essas imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo *Land Processes Distributed Active Archive Center* – LP DAAC – (https://lpdaac.usgs.gov/get_data) na forma de produtos com correção geométrica e radiométrica (MOD13Q1), em formato hdf, e foram convertidas para o formato GeoTiff e sistema de coordenadas geográficas. As imagens referentes aos anos 2006 e 2012 foram organizadas de acordo com o calendário agrícola, com início em julho do ano anterior à colheita até junho do ano



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

da colheita, totalizando 23 imagens por ano. Ou seja, para o ano de 2006 foram utilizadas imagens de julho de 2005 (dia do ano 193) a junho de 2006 (dia do ano 177). Para eliminar valores duvidosos ou contaminações causadas por nuvens, as imagens passam pelo processo de filtragem que removeu os mínimos locais. Em seguida, foi feita a análise harmônica de Fourier, que permitiu extrair de uma série temporal os componentes das diferentes frequências que compõem o sinal, representados por pares de valores de amplitude e fase que descrevem cada componente (VICTORIA et al., 2012). Depois da análise harmônica, foram extraídas as amplitudes dos primeiros quatro componentes harmônicos que, no caso de uma série anual, representam o valor médio anual e as variações com frequência anual, semestral e trimestral. As imagens de amplitude da análise de Fourier foram utilizadas para a classificação não supervisionada a partir da função *isocluster* e, assim, identificaram-se dez classes. A classe que apresenta forte variação do NDVI em curto período de tempo é a área agrícola. Foi feita uma análise visual a fim de identificar as classes correspondentes ao uso agrícola e uma edição manual para a remoção de pequenas áreas isoladas, identificadas como agricultura. Também foram utilizadas, como dados auxiliares, as séries temporais de índices de vegetação EVI2/MODIS disponibilizadas no endereço <https://www.dsr.inpe.br/laf/series>, uma ferramenta online que permite a visualização de séries temporais MODIS para análise de mudança de uso e cobertura da terra (FREITAS et al., 2011).

A aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão foi realizada por Valladares et al. (2007), seguindo metodologia de Ramalho Filho e Beek (1994). Essa considera cinco fatores limitantes à utilização das terras: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização, avaliados a partir de atributos do solo, do relevo e do clima. A partir desses fatores, as terras são classificadas em quatro classes de aptidão (boa, regular, restrita e inapta), segundo três níveis de manejo (A, B e C) e quatro tipos de utilização (lavoura, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural), conforme esquematizado na Tabela 1. Os manejos A, B e C representam baixo, médio e alto nível tecnológico, respectivamente.

Tabela 1. Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.

| Classe de aptidão agrícola | Tipo de utilização | | | | | |
|----------------------------|--------------------|----------|----------|-------------------|--------------|------------------|
| | Lavoura | | | Pastagem plantada | Silvicultura | Pastagem natural |
| | Manejo A | Manejo B | Manejo C | Manejo B | Manejo B | Manejo A |
| Boa | A | B | C | P | S | N |
| Regular | a | b | c | P | s | n |
| Restrita | (a) | (b) | (c) | (p) | (s) | (n) |
| Inapta | - | - | - | - | - | - |



Entre as mesorregiões do estado, a mesorregião Sul Maranhense é a que apresenta a maior ocorrência relativa e absoluta de solos com aptidão boa para lavouras no nível de manejo C. Referem-se principalmente a solos em topos de chapadas, em áreas extensas e planas, classificados como latossolos de textura média a argilosa e distróficos. São áreas com grande potencial agropecuário se utilizada tecnologia adequada (VALLADARES et al., 2007).

3. RESULTADOS

O processo de classificação não supervisionada destacou áreas agrícolas do Sul Maranhense, utilizando os perfis temporais de NDVI aplicado às imagens de amplitude anual, semestral e trimestral. Dessa forma, foi possível identificar áreas agrícolas da região e verificar a expansão agrícola entre 2006 e 2012. As áreas agrícolas estão representadas na figura 2.

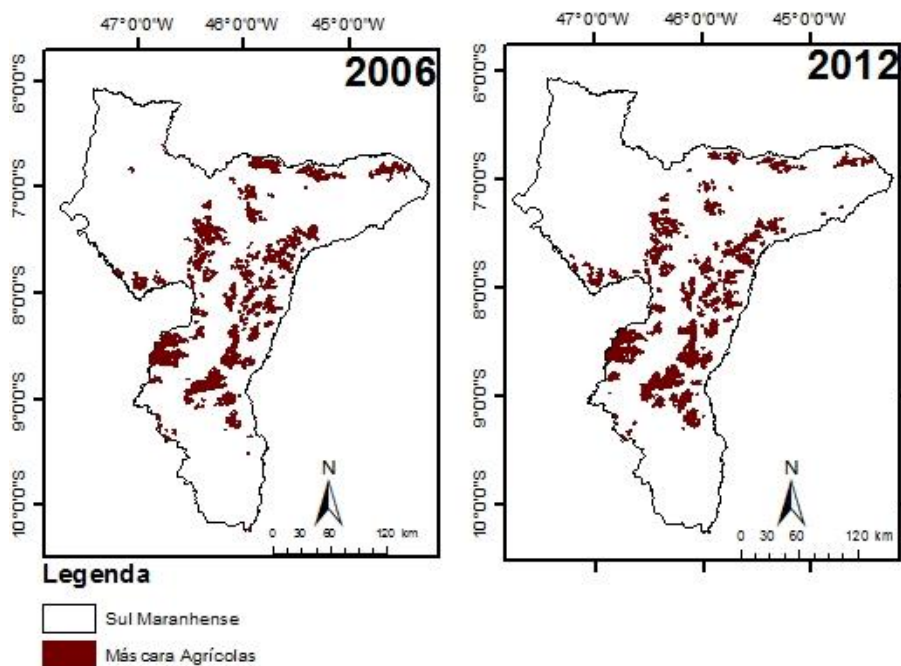


Figura 2. Áreas agrícolas do Sul do Estado do Maranhão.

Para verificar a qualidade do mapeamento por sensoriamento remoto, comparou-se o total da área agrícola municipal mapeada com os dados de área plantada de soja, milho (1ª. safra), arroz e algodão da Produção Agrícola Municipal do IBGE (PAM-IBGE). Para o ano de 2006, o mapeamento por sensoriamento remoto apontou 450.854 ha de área plantada na região, enquanto a PAM apontou 412.210 ha. Para o ano de 2012, o mapeamento por sensoriamento remoto apontou 470.039 ha, enquanto a PAM apontou 573.511 ha. Também foi realizada uma regressão linear entre os dados municipais de área plantada (IBGE) com a área agrícola dos municípios, mapeados pelo sensor MODIS, considerando os anos de 2006 e 2012 conjuntamente. A regressão



obtida foi significativa (f-significância < 5%) com $R^2 = 0,85$, indicando forte relação linear entre a área agrícola mapeada nos municípios com o sensor MODIS e os dados de área plantada do IBGE. Também foi constatado, a partir do teste t, que a hipótese de igualdade entre as áreas MODIS vs. IBGE não pode ser rejeitada (valor $t = 0,66 < t$ crítico bicaudal = 2,05). A figura 3 mostra a relação entre a área agrícola mapeada (MODIS) e área plantada (PAM), para os municípios em 2006 e 2012. Nota-se que os dados se encontram ao redor da relação 1:1 (linha tracejada), indicando também a boa relação entre a área agrícola mapeada e a reportada pelo IBGE.

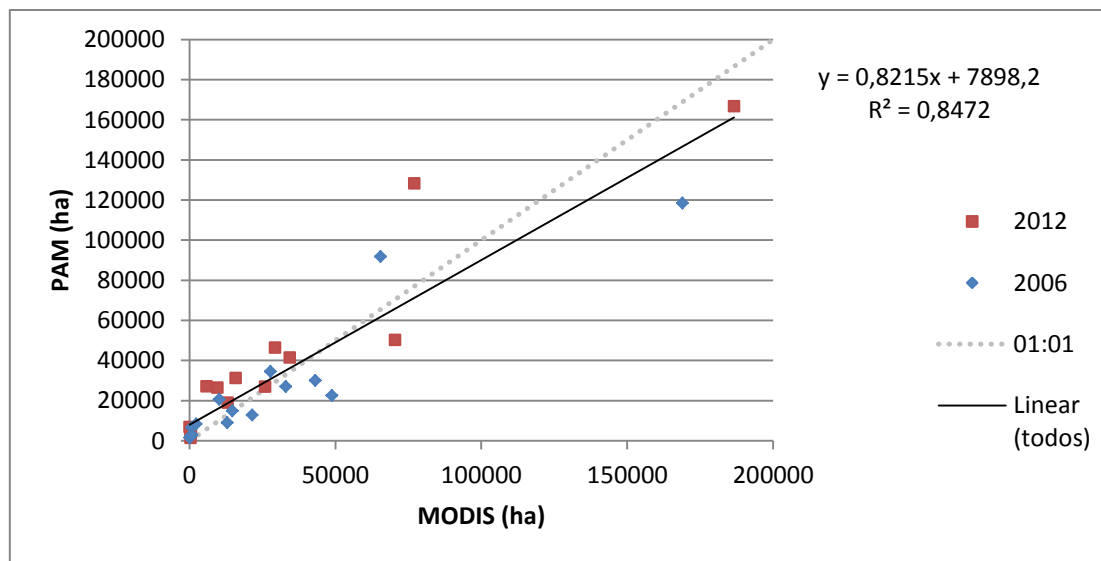


Figura 3. Comparação dos dados do sensor MODIS e dados do PAM na mesorregião Sul Maranhense. Linha tracejada indica relação 1:1 e linha contínua, a regressão considerando os dois anos de dados.

Através de uma álgebra de mapas foi possível identificar áreas agrícolas do ano de 2012 que não eram agricultura no ano de 2006, mapeando efetivamente a expansão entre esses anos. A expansão agrícola mapeada foi de 110.749 ha. A análise da aptidão das terras em que ocorreu a expansão mostrou que essa se deu principalmente em áreas com aptidão boa ou regular para o uso com lavouras nos níveis de manejo B e C (tabela 2).

Tabela 2. Quantificação das áreas de expansão das lavouras quanto à aptidão agrícola das terras.

| Classe de aptidão agrícola | Tipo de utilização | | |
|----------------------------|--------------------|--------------|--------------|
| | Lavoura | | |
| | Manejo A | Manejo B | Manejo C |
| Boa | - | - | 78.550,84 ha |
| Regular | - | 86.304,79 ha | 22.439,1 ha |
| Restrita | 82.041,53 ha | 16.052,66 ha | 4.560,75 ha |
| Inapta | 28.707,47 ha | 8.391,55 ha | 5.198,31 ha |
| Total | 110.749 ha | 110.749 ha | 110.749 ha |



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

Da área de expansão agrícola mapeada, considerando a aptidão para lavouras no nível de manejo C, 70,9% apresentam aptidão boa, 20,26% aptidão regular, 4,12% aptidão restrita e 4,69% são inaptas. Considerando a aptidão para lavouras no nível de manejo B, 77,93% apresentam aptidão regular, 14,49% apresentam aptidão restrita e 7,58% são inaptas. Não há terras com aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A e B. Para o nível A, apenas há terras com aptidão restrita para lavouras que correspondem a 74,08% do total da área de expansão. Isso mostra que grande parte das novas áreas agrícolas foram estabelecidas em locais com aptidão boa para agricultura altamente tecnificada (70,93%), mas com aptidão restrita para lavouras com baixo nível tecnológico (74,08%) e aptidão regular para o lavouras com nível tecnológico médio (77,93%). Esses dados evidenciam que a expansão agrícola no Maranhão está sendo realizada em locais que requerem elevado nível tecnológico, com uso de máquinas e insumos, características dos grandes empreendimentos agrícolas.

4. CONCLUSÃO

A metodologia utilizada para o mapeamento mostrou eficiência, uma vez que permite mapear áreas agrícolas de forma rápida e comparáveis com as estatísticas agrícolas do IBGE (PAM). Dessa forma foi possível mapear áreas agrícolas para os anos de 2006 e 2012, na mesorregião Sul Maranhense. Foi constatada que a expansão agrícola ocorreu principalmente em áreas com aptidão boa para lavouras com alto nível tecnológico, porém com aptidão restrita para lavouras com baixo nível tecnológico.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – PIBIC, pela bolsa concedida, e à Embrapa Monitoramento por Satélite, pela oportunidade de estágio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, C. da C.; FARIA, R. T. de. Expansão direta na estimativa de culturas agrícolas por meio de segmentos regulares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 9-15.

BERNARDES, T.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R.; MOREIRA, M. A.; FRANÇA, D. de A.; NOVAIS, M. R. de. Imagens mono e multitemporais Modis para estimativa da área com soja no Estado de Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.11, p. 1530-1537, 2011.

EPIPHANIO, R. D. V. **Avaliação da potencialidade das imagens MODIS para estimação da área de soja no Estado do Mato Grosso**. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

FREITAS, R. M. D.; ARAI, E.; ADAMI, M.; FERREIRA, A. S.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, p. 57-68, 2011.

JAKUBAUSKAS, M. E.; LEGATES, D. R.; KASTENS, J. H. Crop identification using harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data. **Computers and Electronics in Agriculture**, Maryland Heights, USA, v. 37, p. 127-139, 2002

JUSTICE, C.; TOWNSHEND, J. Special issue on the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): a new generation of land surface monitoring. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 1-2, 2002.

LACRUZ, M. P.; SANTOS, J. R. Monitoramento da paisagem de unidades de conservação. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.). **O sensor MODIS e suas aplicações no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. cap. 13, p.173-183.

QUARTAROLI, C. F.; MIRANDA, E. E. de; VALLADARES, G. S.; HOTT, M. C.; CRISCUOLO, C.; GUIMARÃES, M. **Avaliação da adequação do uso das terras agrícolas no Nordeste do Estado de São Paulo em 1988 e 2003**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 36 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 57).

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1994. 65 p.

SANO, E. E.; LIMA, C. A.; BEZERRA, H. S. Mapeamento semi-automatizado de fitofisionomias do Cerrado com imagens Landsat: vantagens e limitações. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O CERRADO, 2008, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SILVA, G. B. S. da; VICENTE, L. E.; ARAUJO, L. S. de; VICTORIA, D. de C.; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; TORRESAN, F. E. Dinâmica do uso e cobertura da terra na mesorregião Sul Maranhense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 0438-0445.

VALLADARES, G. S.; QUARTAROLI, C. F.; HOTT, M. C.; MIRANDA, E. E. de; NUNES, R. da S.; KLEPKER, D.; LIMA, G. P. **Mapeamento da aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. 25 p.

VICTORIA, D. de C.; PAZ, A. R. da; COUTINHO, A. C.; KASTENS, J.; BROWN, J. C. Cropland area estimates using Modis-NDVI times series in the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270–1278, nov. 2012.

YU, X.; ZHUANG, D.; CHEN, H.; HOU, X. **Forest classification based on MODIS time series and vegetation phenology**. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 4., Anchorage, USA, 2004. **Proceedings**. Ann Arbor, USA: IEEE, 2004. v. 4, p. 2369-2372.