Mapeamento multitemporal de parâmetros biofísicos na mesorregião do Sul Goiano com o uso de imagens do sensor MODIS/Terra.

Alexandre da Silva Ferreira[1]
Margareth Simões[2]
José Carlos Mendonça[3]

[1] Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
alexferrgeo@yahoo.com.br

[2] Embrapa Solos e UERJ FEN/DESC PPGMA
margareth.simoes@embrapa.br

[3] UENF - Laboratório de Engenharia Agrícola - CCTA/LEAG.
mendonca.josecarlos@gmail.com

Resumo

As transformações no uso do solo do território brasileiro, devido à ação antrópica, tem sido objeto de estudos e pesquisas científicas, sendo a principal causa de problemas ambientais, tais como o aumento das emissões de CO_2. A mesorregião do Sul Goiano vem passando por impactos ambientais decorrentes da expansão da monocultura da soja e da cana-de-açúcar, ocasionando impactos nos recursos hídricos, nos solos, na qualidade do ar e no clima regional. Assim o bioma do cerrado sofre intensa pressão do avanço das fronteiras agrícolas, especialmente nos estados da região Centro-Oeste. Diversos estudos utilizam dados com parâmetros biofísicos da vegetação e das culturas, a exemplo do NDVI, do SAVI e o IAF como base para aplicações em algoritmos mais complexos. O presente trabalho buscou realizar mapeamentos destes parâmetros biofísicos por meio de técnicas de sensoriamento remoto e imagens MODIS/Terra para atender diversas aplicações em levantamentos sobre diversas coberturas e usos da terra na mesorregião do Sul Goiano. Foram obtidos valores coerentes com os apresentados na literatura científica. As técnicas utilizadas permitiram observar valores comuns para os diversos usos do solo levantados e algumas discrepâncias apontadas devido às características do sensor MODIS/Terra e as mudanças no uso do solo no período estudado.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, MODIS, parâmetros biofísicos.

Abstract

The changes in land use in the Brazilian territory due to human action, has been the subject of studies and scientific research, and the main cause of environmental problems, such as increased CO2 emissions. The southern Goiás Greater Region is undergoing environmental impacts resulting from the expansion of monoculture of soy and sugar cane, causing impacts on water resources, soils, air quality and regional climate. So the cerrado biome suffers intense pressure from the expansion of farming, especially in the states of the Midwest. Several studies use data with biophysical parameters of vegetation and crops, such as the NDVI, SAVI and LAI as the basis for applications in more complex algorithms. This study attempts to make these mappings biophysical parameters using remote sensing techniques and MODIS / Terra to meet diverse applications in various surveys covers and land uses in southern Goiás Greater Region. Values were consistent with those presented in the scientific literature. The techniques allowed the observation of common values for different land uses raised and pointed out some discrepancies due to the characteristics of MODIS / Terra and changes in land use during the study period.

Key-words: Remote sensing, MODIS, biophysical parameters.

1. Introdução

A expansão das atividades agropecuárias, especialmente a produção monocultora, pode ser evidenciada em diversas partes do território brasileiro. O crescimento da demanda por produtos agrícolas, devido ao crescimento do consumo interno ou ao aumento das exportações, impacta diretamente na reorganização do território a fim de atender tais necessidades produtivas. Os incentivos governamentais ao consumo dos biocombustíveis, como alternativa a diminuição das emissões de CO_2 atribuídas à queima automotiva dos combustíveis fósseis, favorecem a expansão da monocultura de gêneros como a cana-de-açúcar, a mamona, a soja, a canola, a mandioca, o milho e da beterraba.

A mesorregião do Sul Goiano, esta inserida num contexto de rápidas transformações no uso da terra por conta da expansão das atividades agropecuárias observados na distribuição crescente das instalações de usinas sucroalcooleiras (CASTRO et al., 2010). Segundo Lima e Morais (2008), nesta área também já se observava um cenário de devastação ambiental que atinge as bacias hidrográficas da região, com a detecção do processo de desertificação e a fragmentação do cerrado, restritas às reservas legais e áreas de preservação permanente. A fim de atender as práticas mitigadoras dos impactos ambientais, especialmente da monocultura canavieira, Macedo (2005) destaca a importância de uma constante avaliação das características do espaço natural.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi fazer mapeamentos espaço-temporal por meio de sensoriamento remoto, referentes a alguns importantes tipos de usos do solo da mesorregião do Sul Goiano: o cerrado, a cana-de-açúcar, a soja e a pastagem.

2. Pressupostos teóricos

Os parâmetros biofísicos levantados no presente trabalho são: *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) e o Índice de Área Foliar (IAF). Eles fornecem características das condições da cobertura do solo, seja em áreas naturais ou antrópicas. Servem para monitorar e determinar os ciclos fenológicos das vegetações, para estimar as áreas plantadas, a produtividade das culturas, assim como as influências da vegetação em diversos fenômenos naturais, tais como: o balanço de energia em superfície, a evapotranspiração, o escoamento superficial, dentre outros. Apresentam variações no tempo e no espaço de acordo com a dinâmica de desenvolvimento da vegetação e das mudanças da cobertura do solo. Podem ser utilizados separadamente ou em conjunto para realizar estudos mais apurados, auxiliando no levantamento e mapeamento do uso e cobertura do solo por meio de sensoriamento remoto.

Liu (2007) explica que o NDVI é um índice que ajuda a inferir a quantidade de vegetação verde. É calculado pela diferença de reflectância entre a faixa do infravermelho próximo (NIR) (0,725 a 1,10μm) e a faixa do visível (0,4 a 0,7μm), obtendo valores escalares entre -1 a +1 sendo que os valores negativos representam as nuvens e ao redor de zero representam solo nu ou sem vegetação. O SAVI foi proposto por Huete (1988) introduzindo um fator ao NDVI considerando as influências da presença do solo, mantendo os valores entre -1 a +1. Já o IAF estabelece uma relação entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela vegetação.

3. Metodologia de Trabalho

A área de estudo escolhida foi a mesorregião do Sul Goiano, compreendendo uma vasta porção de terra de aproximadamente 131.579.001 Km^2, coberta originalmente pelo bioma do cerrado, com relevo plano e suave ondulado e clima tropical úmido com chuvas entre 1000 a 2000 mm e temperaturas entre 15° e 34°C anuais. A metodologia consiste em parte da aplicação realizada por Ferreira (2011) com o algoritmo SEBAL na referida área de estudo.

3.1. Aquisição e descrição técnica dos dados

Foram utilizados os produtos MOD09GQ (bandas1 e 2) disponibilizados pelo site LPDAAC (*Land Processes Distributed Active Archive Center*), no sítio eletrônico https://lpdaac.usgs.gov/, pertencente ao Departamento Geológico Norte-americano (USGS), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros técnicos dos produtos MODIS/TERRA, tais como faixa do espectro coberta, resolução espacial, e fator de escala correção.

Produto	Bandas	Resolução	Fator de escala
MOD09GQ	B1 (620 - 670 nm)	250 m	0.0001
MOD09GQ	B2 (841-876 nm)	250 m	0.0001

Fonte: Rudorff, Shimabukuro e Ceballos (2007).

Através do aplicativo on-line *MODIS Reprojection Tool Web Interface* (*MRTWeb*) 4.1, disponível no site http://mrtweb.cr.usgs.gov/, similar ao *MRT Tools*, os produtos MODIS/Terra foram adquiridos seguindo as seguintes etapas: 1ª) Seleção das imagens/bandas por meio de uma pré-visualização de acordo com o recorte espaço-temporal referentes aos *tiles* 12 e 13, de maneira a cobrir toda a extensão da mesorregião do Sul Goiano, e datas julianas 114/2006 (24/04/2006), 85/2007 (26/03/2007), 116/2008 (25/04/2008), 109/2009 (19/04/2009) e 100/2010 (10/04/2010). 2ª) As imagens foram reprojetadas do formato Sinusoidal (SIN) para a projeção de Mercartor com *datum* WGS84, mosaicos dos *tiles 12 e 13* e conversão do formato HDF para GeoTIFF, com resolução espacial de 250m.

Os critérios de seleção foram consistiram em coincidir com o período de colheita da cana-de-açúcar e da soja (entre os meses de dezembro e abril), por apresentar IAF e a menor cobertura de nuvens sobre a área de estudo (inferior a 5%, pelo menos).

Através do SIGWeb do Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás (SIEG/SEPLAN-GO), acessível pelo endereço http://www.sieg.go.gov.br/, foram obtidos arquivos vetoriais na escala 1:250.000 com *datum* SAD 69.

3.2. Cálculo dos parâmetros biofísicos

O NDVI foi obtido por meio de operações algébricas entre as bandas 1 e 2 do sensor MODIS, segundo a Equação 1.

$$NDVI = \rho 2 - \rho 1 / \rho 2 + \rho 1 \quad (1)$$

Onde,

$\rho 1$ e $\rho 2$ são as bandas de refletâncias do sensor MODIS.

O SAVI também foi obtido pelo equacionamento das bandas 1 e 2 de forma idêntica ao realizado no cálculo do NDVI, porém com um fator de ajuste de fundo de solo (L) igual a 0,5 conforme proposto por Allen, Tasumi e Trezza, (2002) (Equação 2).

$$SAVI = (1 + L) (\rho 2 - \rho 1) / (L + \rho 2 + \rho 1) \quad (2)$$

Sendo L uma constante de ajustamento.

O cálculo do IAF foi feito utilizando a expressão sugerida por Allen, Tasumi e Trezza (2002) (Equação 3).

$$IAF = \ln(0{,}69 - SAVI / 0.59) \quad (3)$$

ln é o logaritmo neperiano.

4. Resultados e Discussão

Foram selecionados sete pontos de controle, na mesorregião do Sul Goiano, com pixels representativos dos usos do cerrado, pastagem, cana-de-açúcar, soja nos anos de 2006, 2007 e 2008 (pousio nos anos de 2009 e 2010), solo exposto, água e área urbana (cidade de Rio Verde), conforme a Figura 1.

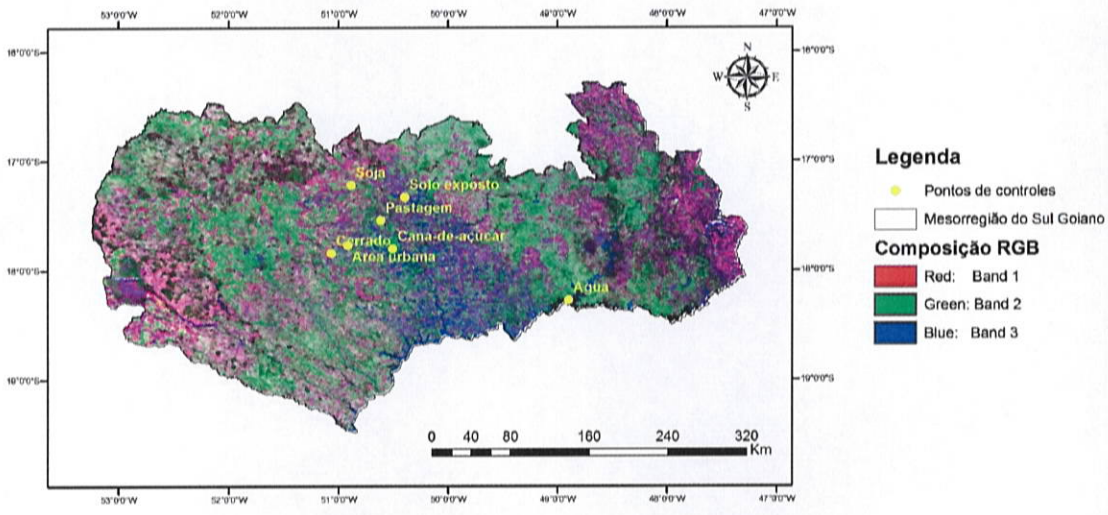

Figura 1. Pontos de controles utilizados na mesorregião do Sul Goiano. Composição R (banda6), G (banda2) e B (banda1) de imagem do sensor MODIS/Terra.

Sob um aspecto geral, podemos observar uma coerência entre os valores das variáveis e os usos dos solos (Tabela 2). No pixel da água os valores de NDVI e SAVI foram negativos e no caso do IAF todos foram igual a 0 (zero), como relatados na literatura científica.

Tabela 2. Valores de NDVI, SAVI e IAF dos sete pontos de controles, para as datas julianas 114/2006, 85/2007, 116/2008, 109/2009 e 100/2010.

Ano	Dado	Cerrado	Água	Solo Exposto	Pastagem	Cana de açúcar	Soja	Área Urbana
2006	NDVI	0,82	-0,37	0,60	0,65	0,78	0,42	0,35
	SAVI	0,71	-0,10	0,53	0,58	0,71	0,37	0,31
	IAF	7,00	0,00	1,48	1,90	7,00	0,69	0,48
2007	NDVI	0,83	-0,01	0,68	0,79	0,76	0,73	0,37
	SAVI	0,73	0,00	0,62	0,74	0,69	0,66	0,32
	IAF	7,00	0,00	2,49	7,00	7,00	3,32	0,53
2008	NDVI	0,85	-1,00	0,35	0,73	0,72	0,65	0,37
	SAVI	0,70	-0,12	0,29	0,66	0,62	0,56	0,30
	IAF	7,00	0,00	0,44	3,43	2,38	1,74	0,47
2009	NDVI	0,84	-1,00	0,56	0,63	0,75	0,37	0,33
	SAVI	0,69	-0,16	0,44	0,55	0,65	0,31	0,27
	IAF	7,00	0,00	0,94	1,60	3,13	0,51	0,38
2010	NDVI	0,87	-0,52	0,65	0,71	0,71	0,53	0,33
	SAVI	0,77	-0,08	0,59	0,64	0,63	0,47	0,28
	IAF	7,00	0,00	1,97	2,80	2,55	1,08	0,41

No pixel da área urbana foram encontrados os valores mais baixos de NDVI, SAVI e IAF, com valores médios de 0,35, 0,45 e 0,30, respectivamente, devido a pouca vegetação. Os valores do pixel do solo exposto foram maiores do que os encontrados no pixel do plantio de soja, nas datas de 114/2006, 109/2009 e 100/2010 e os valores médios foram ligeiramente maiores para o solo exposto no NDVI e no SAVI enquanto o valor de IAF foi menor para o solo exposto. Estes valores podem estar relacionados à baixa resolução do sensor MODIS/Terra dificultando o registro num pixel de área com diversidades de usos do solo. Nas datas de 109/2009 e 100/2010 o pixel da soja estava submetido ao pousio o que explicaria os baixos valores de NDVI e SAVI. Devido ao ajustamento do SAVI este aparece ligeiramente mais baixo que o NDVI.

Os valores de NDVI encontrados variaram entre 0,50 e 0,80 para as áreas de pastagem e de 0,40 até 0,85 nas áreas de agricultura, especialmente entre os meses de março e maio, em amostras da mesorregião do Sul Goiano. De acordo com Rizzi e Rudorff (2007), os valores de NDVI para soja tendem à estabilização a partir de fevereiro devido à perda de sensibilidade ao acréscimo de fitomassa em estados fenológicos mais avançados. O decréscimo abrupto dos valores de NDVI, a partir de março, expressa a diminuição da fitomassa verde da soja no final do ciclo.

Na Figura 3 observamos os mapas do NDVI com os maiores valores de NDVI encontrados em algumas manchas na porção noroeste e nordeste da área de estudo, exatamente nas áreas de cerrado. Nas porções sudoeste e central, podem ser observados os menores valores de NDVI devido a maior existência de áreas de solo exposto e agropecuária, monocultura de grãos como soja e milho, de cana-de-açúcar e vastas áreas de pastagem.

Na Tabela 2 pode-se observar que os valores de IAF atingiram o máximo (7,0) no pixel de cerrado, em todas as cindo datas julianas.

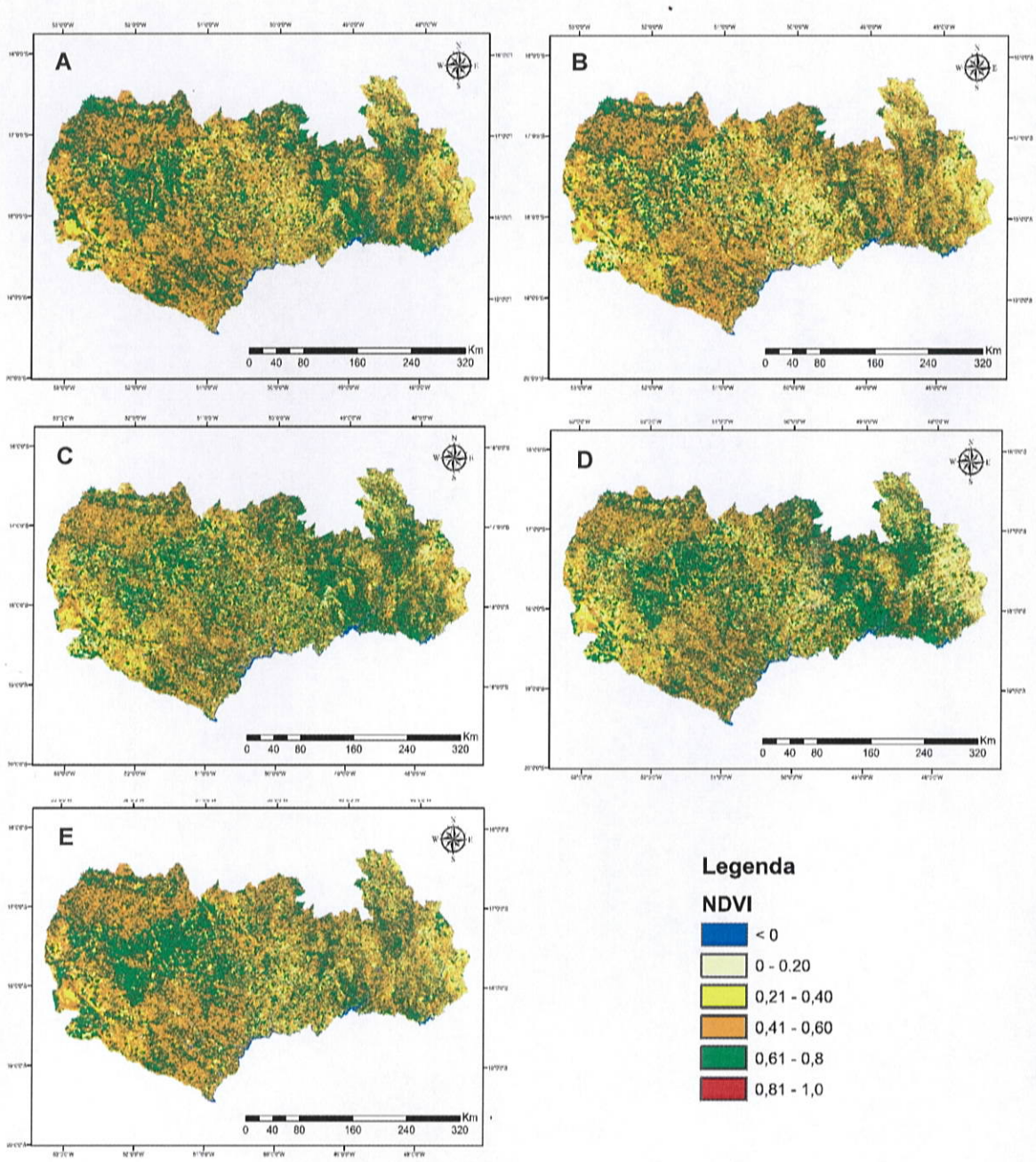

Figura 2. Mapas referentes à distribuição espacial do NDVI na mesorregião do Sul Goiano para as datas julianas: 114/2006 (A), 85/2007(B), 116/2008(C), 109/2009(D) e 100/2010(E).

Os valores mínimos (zero) foram obtidos no pixel de água como era esperado. Os pixels de pastagem, cana-de-açúcar e soja apresentaram discrepâncias, variando entre 0,5 até 7,0. Estes valores de IAF justificam-se, uma vez que, correspondem ao período de máximo crescimento das espécies cultivadas, em que ocorrem o corte da cana-de-açúcar e a colheita da soja na região. Os valores de IAF do pixel do solo exposto variaram entre 0,5 e 2,5 e, isto pode ser explicado devido ao pixel estar próximo a áreas de pastagem onde ocorre alguma vegetação presente na área do pixel enquanto na área urbana foram obtidos valores próximos a 0,5 devido a pouca presença de vegetação.

Utilizando três espécies de cana-de-açúcar, Oliveira et al. (2007) encontrou valores de IAF chegando até 4,0 entre os meses de dezembro e março, no estado

do Paraná, apontando um crescimento da cana-de-açúcar nesses meses devido às adequadas condições de temperatura e precipitação pluviométrica para o desenvolvimento da planta. De acordo com Rizzi e Rudorff (2007), a soja apresenta um incremento no IAF a partir do mês de fevereiro coincidindo com o período de maior desenvolvimento da planta.

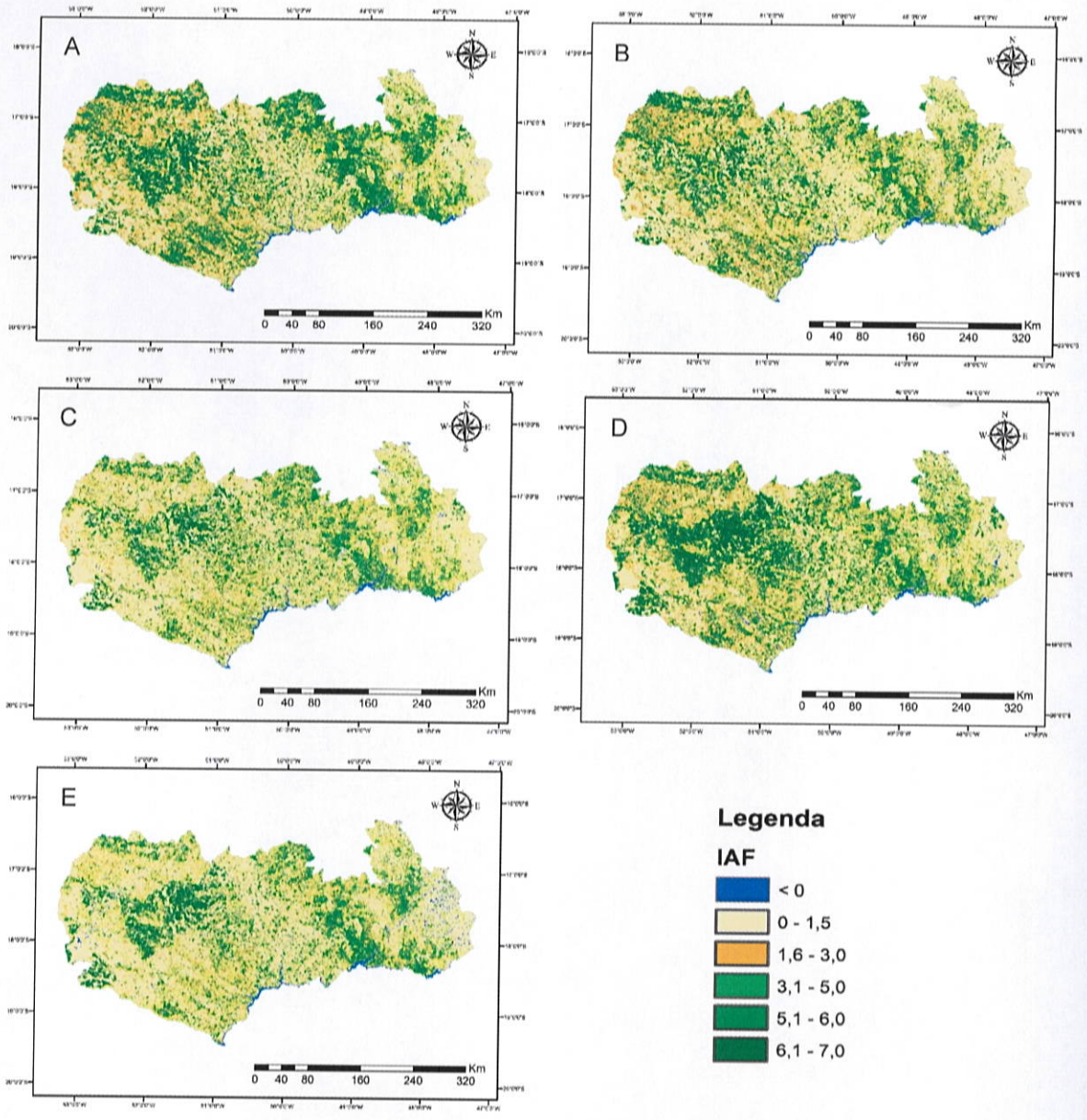

Figura 3. Mapas referentes à distribuição espacial do IAF na mesorregião do Sul Goiano para as datas julianas: 114/2006 (A), 85/2007(B), 116/2008(C), 109/2009(D) e 100/2010(E).

Pode-se perceber nos mapas da Figura 4 que o IAF predominante na área de estudo esteve entre 0 e 3,0 nas imagens das datas julianas de 85/2007, 116/2008 e 109/2009, enquanto algumas áreas isoladas com IAF superior a 4,0, correspondendo, provavelmente, às áreas de vegetação nativa e cerrado nas imagens das datas julianas 114/2006 e 100/2010, nas porções noroeste da mesorregião do Sul Goiano.

5. Considerações finais

Este estudo permitiu averiguar que os produtos MODIS/Terra apresentaram boa eficácia para o mapeamento de parâmetros biofísicos de grandes extensões de terra. Foram obtidos valores de NDVI e IAF dentro daqueles encontrados em outras literaturas para os usos da cana-de-açúcar, soja e pastagem. A variação do NDVI está de acordo com ao aumento de fitomassa em cada ciclo fenológico das plantas, podendo ser utilizados em outros estudos mais apurados sobre estes usos do solo. Nos pixels de água os valores foram negativos para o NDVI e para o SAVI e para o IAF os pixels da água, do solo exposto e da área urbana mantiveram os valores esperados próximos ou iguais a o (zero).

Referências Bibliográficas

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) - Advanced Training and Users Manual - Idaho Implementation, version 1.0.** 2002, 98p.

CASTRO, S. S.; BORGES, R. O.; AMARAL, R. Estudo da Expansão da Cana de Açúcar no Estado de Goiás: Subsídios Para uma Avaliação do Potencial de Impactos Ambientais. **In: Fórum de C&T no Cerrado**, 2, 2007, Goiânia. Impactos econômicos, sociais e ambientais no cultivo da cana de açúcar no território goiano. v. único. p. 9-17. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Selma_Raphael_Rosane_EstudoExpansaoCana2007_16955_81424.pdf.> Acesso em: 22 de agosto de 2010.

FERREIRA, A. S. **Aplicação do algoritmo SEBAL para estimativa da evapotranspiração na mesorregião do Sul Goiano.** Dissertação (Mestrado Geomática). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação / UERJ. Rio de Janeiro, RJ, 2011.

HUETE, A. R. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309. 1988.

LIMA, D. A. L. L.; MORAES, C. L. O Uso da Terra da Mesorregião do Sul Goiano e Seus Impactos Ambientais. **In: Encontro Nacional da ANPPAS**. Brasília, DF, Brasil, 4, 5 e 6 de junho de 2008, p. 1 - 15. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT1-498-534-20080508093032.pdf.> Acesso em: 14 de fevereiro de 2011.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Campo Grande: Uniderp, 2006. 908 p.

MACEDO, I. C. (org) (2005). **A Energia da Cana-de-Açúcar – Doze Estudos Sobre a Agroindústria da Cana-de-açúcar no Brasil e a Sua Sustentabilidade.** São Paulo: Berlendis & Vertecchia: UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo.

OLIVEIRA, E. L.; FERREIRA, O. M. **Avaliação do Crescimento das Indústrias Sucroalcooleiras do Estado de Goiás.** Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia, 2007. Disponível em:<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36.> Acesso em: 14 de fevereiro de 2011.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Imagens do Sensor MODIS Associadas a um Modelo Agronômico Para Estimar a Produtividade de Soja. Brasília, DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.73-80, jan. 2007. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/pab/v42n1/10.pdf>. Acesso em: 07 set. 2011.

RUDORFF, B. F. T., SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, C. (Org.). **O Sensor MODIS e Suas Aplicações Ambientais no Brasil.** São José dos. Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 423p. 2007.