

DINÂMICA DA VEGETAÇÃO E USO DA TERRA COM USO DO NDVI NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ

DYNAMICS OF VEGETATION AND LAND USE USING THE NDVI IN THE ALTO JACUÍ RIVER BASIN

William Gaida

Graduando em Geografia Bacharelado - Universidade Federal de Santa Maria
williamgaida@yahoo.com.br

Waterloo Pereira Filho

Professor Doutor do Departamento de Geografia - Universidade Federal de Santa Maria
waterloopf@gmail.com

Flávio Wachholz

Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Campus Jataí - Universidade Federal de Goiás – Jataí
fwalemao@gmail.com

Carlos Gilberto Konrad

Mestrado em Geografia - Universidade Federal de Santa Maria
carlos.konrad@gmail.com

Resumo

A Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí contém cinco reservatórios dispostos em cascata ao longo do seu curso e apresenta a agricultura como principal forma de uso da terra. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o potencial do índice de vegetação por diferença normalizada para fins de mapeamento do uso da terra. Foram utilizadas imagens do sensor Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer do satélite Terra do período de Janeiro de 2009 a junho de 2010 para avaliar as variações deste índice. Especificamente, foram utilizados os meses de outubro (primavera) e fevereiro (verão) para fins relacionar com o uso da terra. A acentuada diferença no índice para o período da primavera permitiu a separação de áreas florestais das áreas agrícolas e foi observado que no verão este índice é alto tanto em floresta quanto em agricultura o que não permitiu construir um mapa que identificasse estas duas formas de uso da terra.

Palavras-chave: Agricultura, Sensoriamento remoto, Barragens, Ocupação do solo, Mapeamento.

Abstract

Alto Jacuí River Basin has five reservoirs set in cascade throughout its course and presents the agriculture as the main way of land use. The purpose of this paper was to assess the potential of normalized difference vegetation index in order to map the land use out. It was utilized images from the Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer sensor of Terra satellite. Images from January 2009 to June 2010 were used to assess the variations of this index. Specifically, it was used images from the months of October (spring) and February (summer) in order to relate to the soil use. The huge difference in the index at spring time allowed to separate the forestry area and agricultural one and it was perceived that in summer this index is high as in forests as in

agriculture, what did not allow to elaborate a map that identify these two ways of land use.

Keywords: Agriculture, Remote sensing, Dams, Soil occupation, Mapping.

Introdução

O estudo do uso da terra é importante pelo fato de permitir a verificação de diversos elementos da superfície terrestre como áreas e formas de ocupação, atividades econômicas, áreas de vegetação, solos e água. No caso do Brasil, este estudo se faz necessário tanto para o planejamento e a organização do espaço quanto para verificar as condições que se encontram os recursos naturais, para isto, acrescenta-se a necessidade de se conhecer a dinâmica da vegetação considerando-se a abordagem temporal e espacial.

Produtos de sensoriamento remoto fornecem informações sobre a dinâmica da cobertura vegetal. Um exemplo pode ser dado pelas imagens do sensor MODIS (MODerate-resolutionImagingSpectroradiometer). Estas imagens permitem análises regulares da vegetação em nível global, incluindo a avaliação de aspectos fenológicos da vegetação e a detecção de mudanças de uso e cobertura do solo (RISSO *et al.*, 2009). Além disto, a alta resolução temporal do MODIS é um aspecto determinante em estudos fenológicos e pode ser utilizada para obter conhecimento aprofundado a respeito dos ciclos sazonais da vegetação (LIESENBERG *et al.*, 2007).

O sensor MODIS é um dos cinco instrumentos a bordo do satélite TERRA, suas imagens são disponibilizadas gratuitamente pela NASA e possuem alta resolução temporal, que varia de 1 a 16 dias (JUSTICE *et al.*, 2002). As imagens NDVI (NormalizedDifferenceVegetationIndex) do sensor MODIS são sensíveis à presença de clorofila e outros pigmentos responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho (RISSO *et al.*, 2009). Devido a esta característica destaca-se a importância das folhas dos vegetais na obtenção dos dados relacionados com a reflectância espectral da radiação eletromagnética devido à presença de clorofila (ANDERSON, 2004).

O índice de vegetação por diferença normalizada baseia-se na diferença de absorção dos tecidos fotossinteticamente ativos nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (JULIEN *et al.*, 2011, GU *et al.*, 2012). O NDVI permite a análise dos diferentes tipos de cobertura vegetal, aos

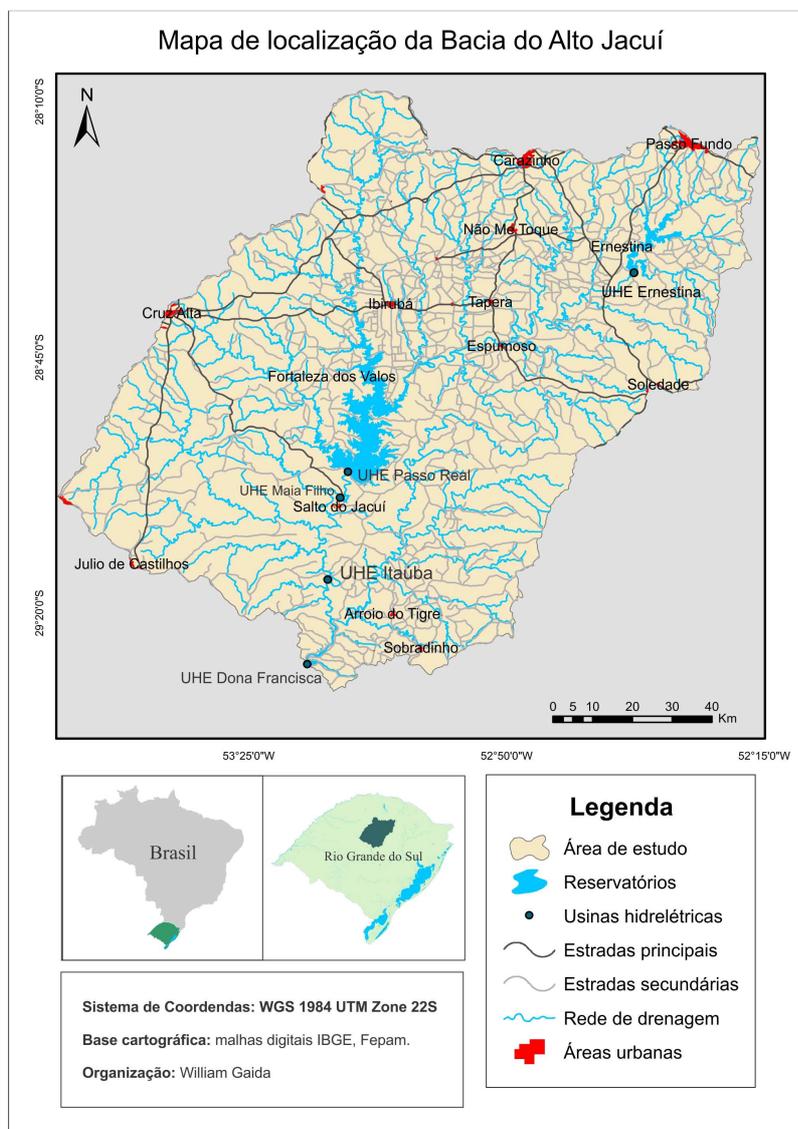
quais é possível identificar inclusive o período de desenvolvimento fenológico dos vegetais (CLERICI *et al.*, 2012). Desta forma, segundo Santos *et al.* (2009), o desenvolvimento fenológico determina mudanças estruturais da vegetação ao longo da estação de crescimento, as quais resultam em correspondentes mudanças gradativas na refletância, o que define um perfil espectro-temporal.

O trabalho analisou o potencial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), obtido a partir do sensor MODIS, para identificação da dinâmica da vegetação na bacia hidrográfica do Alto Jacuí – Rio Grande do Sul.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo é definida pela bacia hidrográfica do Alto Jacuí, com 13.290 Km², e está localizada no centro-norte do estado do Rio Grande do Sul. Nesta bacia estão localizadas cinco usinas hidrelétricas. Sendo que quatro estão dispostas em cascata (Passo Real, Jacuí, Itaúba e Dona Francisca). A bacia hidrográfica do rio Jacuí (centro norte do Rio Grande do Sul) é dominada por atividades agrícolas e é caracterizada pela presença de pequenas e médias propriedades (CEEE-GT, 2009; CEEE-GT, 2010abc). A localização da área de estudo em relação ao Brasil e ao Rio Grande do Sul é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Esta área de estudo está geologicamente inserida na Formação Serra Geral com rochas que compõem principalmente os basaltos (CEEE-GT, 2010abc) sendo situada sobre o compartimento geomorfológico do Planalto Meridional. Este planalto apresenta um relevo relativamente colinoso, além disso, existe em sua porção sul a presença de formas de relevo mais íngremes, devido ao rebordo do planalto, onde se localizam os reservatórios de Itaúba e Dona Francisca. Estes dois reservatórios estão localizados em

vales encaixados o que conseqüentemente reduz a área alagada e aumenta a queda líquida, proporcionando uma maior produção de energia (WACHHOLZ *et al.*, 2009).

A vegetação local caracteriza-se pela presença de três regiões fitogeográficas: floresta estacional decidual; savana gramíneo-lenhosa e floresta ombrófila (IBGE, 2004). A floresta estacional decidual está presente na porção sul da bacia, onde estão localizados os reservatórios de Jacuí, Itaúba e Dona Francisca. A região de savana gramíneo-lenhosa com floresta-galeria encontra-se na porção central e norte da área de estudo, localizado sobre o planalto com relevo levemente ondulado e apresenta em sua maior porção vegetação de gramíneas cespitosas (LEITE e KLEIN, 1990). A floresta ombrófila é encontrada na porção correspondente às proximidades dos reservatórios Passo Real e Ernestina e ocorre também em áreas de maior altitude no norte da área da bacia, a *Araucaria* representa um dos exemplares característicos desta região (LEITE e KLEIN, 1990).

A agricultura nesta área caracteriza-se pelo domínio de quatro principais culturas ao longo do ano, representadas por: soja e trigo em maior área, milho e fumo em menores porções. Por outro lado, a agricultura mostra-se como a principal atividade econômica nesta área, presente em pequenas e médias propriedades ao sul e em médias e grandes propriedades nas porções central e noroeste da área de estudo (KRAMER, 2009).

Materiais e métodos

Os dados referentes ao uso e ocupação foram extraídos de trabalhos já realizados na área de estudo. Estes trabalhos (KRAMER, 2009 e PRADO *et al.*, 2011) utilizaram dados de sensoriamento remoto oriundos do satélite Landsat 5. Para a geração dos dados de NDVI foram utilizadas imagens MODIS para o período de 01/01/2009 a 29/06/2010. Os períodos da primavera e verão foram enfatizados com a produção de mapas temáticos a partir da classificação das imagens NDVI. Dois momentos distintos em relação à agricultura foram escolhidos para avaliar o potencial das imagens NDVI para fins de classificação da cobertura de vegetação, a primavera por caracterizar-se pela fase de preparo do solo e plantio das culturas de ciclo anual de verão e a fase de verão foi

selecionada pelo fato de representar o período de maior cobertura pelo dossel das culturas de verão.

Com o auxílio do programa ENVI 4.2 foi realizada a classificação supervisionada das imagens NDVI/MOD13Q1 de 1 de novembro de 2009 (primavera) e NDVI/MOD13Q1 de 5 de fevereiro de 2010 (verão). Ambas as imagens com resolução espacial de 250 metros.

Com os testes de fatiamento estabeleceram-se as classes com valores aproximados de determinados alvos da superfície da área de estudo. Os valores do intervalo da classe 1 correspondem, de um modo geral, a valores de NDVI de áreas de agricultura em fase de preparo de solo, da classe 2 de áreas de agricultura pós-plantio, da classe 3 a áreas com o predomínio de campos e da classe 4 de áreas de cobertura de florestas. A partir destas classes foram gerados dois mapas de uso da terra que ilustram duas realidades sazonais: um do período de entressafra e outro do período de maior vigor vegetativo.

Para elaboração destes mapas foi utilizada uma malha digital em formato *shapefile* contendo as áreas urbanizadas. Esta malha foi obtida a partir do site da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM: <http://www.fepam.rs.gov.br/>.

Seguindo no ambiente do software ENVI 4.2 foi realizada a transformação das classes geradas anteriormente em polígonos vetoriais, já que estas se encontravam na forma matricial no processo anterior, com o objetivo de mensurar área abrangida por cada classe, em valores absolutos e relativos.

Para a segunda etapa de processamento das imagens NDVI no programa ENVI 4.2, foram utilizadas as 35 imagens definindo-se uma série temporal para o período de estudo. O uso de um arquivo vetorial em formato *shapefile* permitiu o recorte das sub-bacias formadoras da Bacia do Alto Jacuí, sendo elas: Ernestina, Ingaí, Ivaí, Jacuí, Jacuí-mirim e Jacuizinho. O valor médio de NDVI de cada imagem foi identificado para cada sub-bacia hidrográfica.

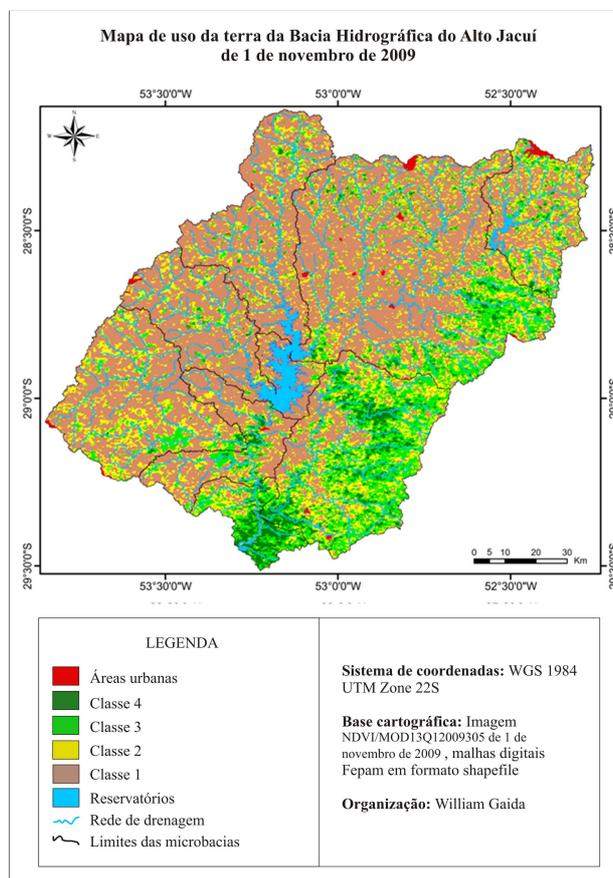
A partir dos valores médios de NDVI foi possível identificar bacias com domínio agrícola e florestal. Isto permitiu identificar sub-bacias com maior uso da terra configurado pela agricultura e com maior uso da terra com domínio de floresta. Os valores médios de NDVI em intervalos aproximadamente quinzenal permitiram avaliar a variação deste índice em bacias tipicamente agrícola e florestal.

Resultados

Seguindo o Manual Técnico do Uso da Terra do IBGE (2006) a classificação das imagens do índice NDVI permitiu identificar áreas antrópicas não agrícolas, áreas antrópicas agrícolas, áreas de vegetação e águas. As áreas antrópicas não agrícolas na Bacia do Alto Jacuí compreendem as áreas urbanizadas (que incluem vilas, cidades de pequeno e médio porte), as áreas das usinas hidrelétricas locais contendo a barragem, casa de máquinas e demais instalações e estradas. As áreas antrópicas agrícolas caracterizam-se por ocuparem a maior parte da área da bacia e são compreendidas por lavouras temporárias, lavouras alimentares de subsistência, lavouras alimentares de comercialização (a maioria), lavouras não alimentares (fumo), pecuária praticada em pequenas e médias propriedades nas áreas de campos. As áreas de vegetação natural destacam-se ao se classificar o uso e a ocupação da terra, a qual apresenta uma grande porção de área florestada principalmente ao sul e sudeste e ao longo da maioria dos cursos de água. Existem também áreas de campos onde predominam exemplares de savana gramíneo-lenhosa, encontrada principalmente aos longos dos rios de pequena ordem (LEITE e KLEIN, 1990).

Como resultados obtidos destacam-se a existência de considerável variação sazonal do NDVI em cada sub-bacia. Esta variação está associada principalmente a dinâmica do desenvolvimento das culturas agrícolas, configurada pelo plantio, crescimento, maturação, colheita e entressafra. De acordo com os dados foi possível elaborar dois mapas de uso da terra. O primeiro mapa (Figura 2), oriundo da classificação supervisionada da imagem de 01 de novembro de 2009, mostra o período de entressafra (primavera), ao qual após as culturas de inverno inicia-se o preparo do solo e o plantio das lavouras de soja (cultura de verão no Rio Grande do Sul).

Figura 2 - Mapa de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí de 1 novembro de 2009.

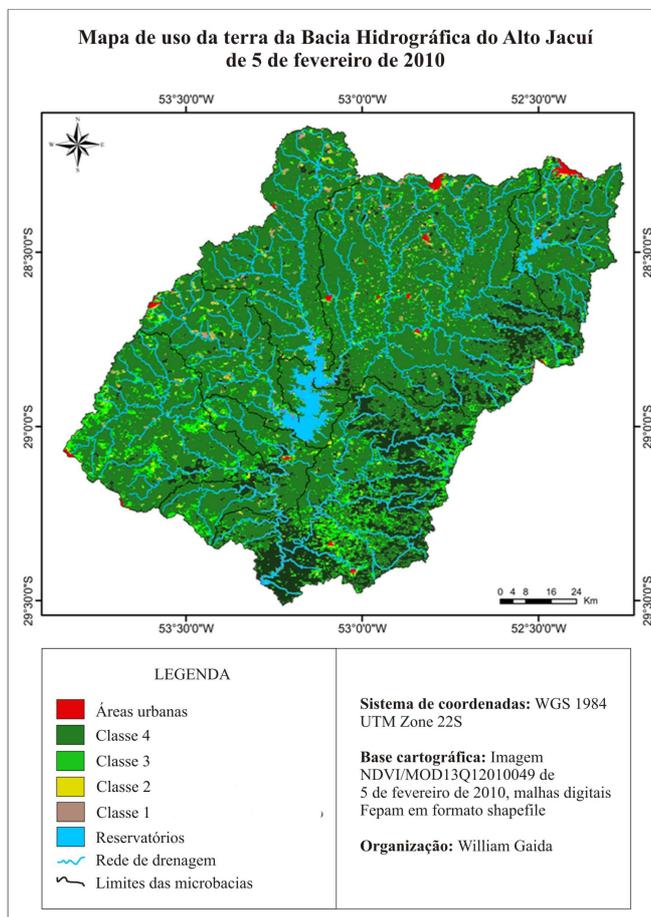


Com a análise no mapa da primavera é possível identificar a dinâmica dos alvos da superfície e é observado que existe uma grande porção da área da bacia que apresenta NDVI entre 0,3 a 0,65 (classe 1) que representa em sua maioria áreas destinadas à agricultura.

É importante destacar que a maior parte das terras agrícolas neste período encontra-se em fase de preparo e plantio e encontram-se sem cultivo. Neste momento os valores de NDVI são próximos aos de solo exposto, embora façam parte de áreas agrícolas.

No mapa de uso da terra do verão (Figura 3) foi observada a elevação dos valores médios de NDVI em quase toda a área de estudo. As classes 3 e 4 que representam valores de NDVI entre 0,65 e 1 foram dominantes em área.

Figura 3 – Mapa de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí de 5 de fevereiro de 2010.



Nos testes de fatiamento realizados com a imagem do dia 1 de novembro ficou evidente que a classe quatro refere-se às áreas florestais, devido ao valor NDVI destas áreas ser bem elevado, próximo a 1,0. Entretanto, na imagem do dia 5 de fevereiro, a classe quatro não representa apenas as áreas de florestas. A fase fenológica das culturas de verão proporcionou valores de NDVI da agricultura parecidos com os da floresta naquela data.

A identificação das bacias hidrográficas com características agrícola e florestal foi obtida em trabalhos de Kramer (2009) e Prado *et al.* (2011). A bacia do rio Jacuí-mirim caracteriza-se pelo domínio da atividade agrícola com 76% de sua área para este fim (março de 2009 (KRAMER, 2009)). As principais culturas são soja e milho no verão e trigo e forrageiras (azevém e aveia) no inverno. A bacia do rio Jacuizinho possui

aproximadamente 48% de sua área com florestas (PRADO *et al.*, 2011). Este quadro tem origem nas condições do relevo. Como a bacia hidrográfica está localizada no rebordo do planalto apresenta vertentes íngremes que estão ocupadas com florestas. O Quadro 1 mostra os valores absolutos e relativos em relação ao uso da terra nestas duas bacias hidrográficas.

Quadro 1 – Uso da terra nas bacias hidrográficas dos rios Jacuí-mirim e Jacuizinho.

Outras classes de uso da terra foram desconsideradas.

Microbacia hidrográfica	Uso da terra	Área (ha)	Área (%)
Jacuizinho	Florestal	121.105	48
	Campo	74.774	30
	Agrícola	42.071	15
Jacui-mirim	Florestal	23.074	15
	Campo	12.512	8
	Agrícola	118.909	76

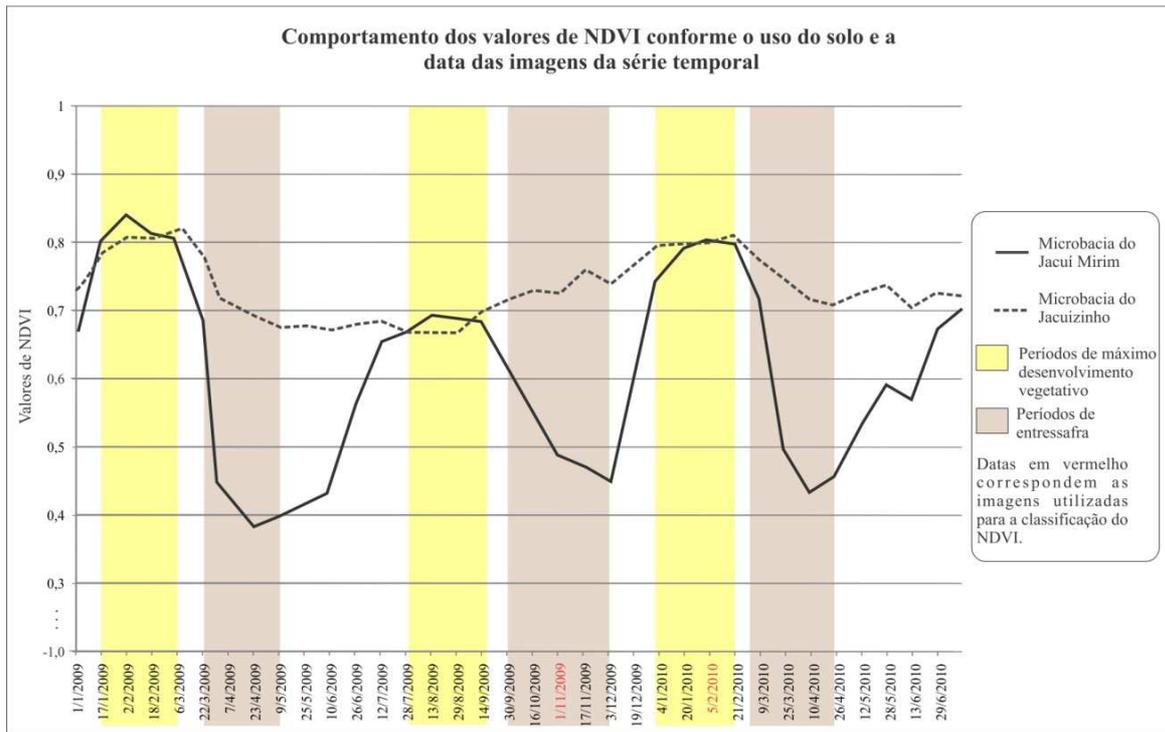
Fonte: Adaptado de Kramer (2009) e Prado *et al.* (2011).

Após a cada etapa de colheita existe um período de descanso, preparo do solo e plantio do cultivo para o novo ciclo agrícola, neste período o solo permanece exposto, o que é demonstrado pela redução do valor de NDVI na entressafra.

Os valores médios quinzenais de NDVI destas duas bacias refletiram as distintas formas de uso da terra. Na bacia com domínio florestal houve variação de NDVI em ciclo anual enquanto que a de domínio agrícola em ciclo semestral. As variações de NDVI na bacia com característica florestal devem estar associadas às variações das condições de elevação solar (GALVÃO *et al.*, 2001, SOUZA *et al.*, 2012), fotoperíodo e chuva e a perda de folhas de algumas espécies, enquanto que na de domínio agrícola as variações de NDVI relacionam-se as fases fenológicas das culturas de ciclo curto como é o caso das culturas de verão e inverno. Este quadro permitiu identificar, a partir do NDVI, as fases de entressafras, com baixo valor deste índice; plantio e crescimento vegetativo devido ao gradiente ser positivo; máximo desenvolvimento vegetativo e colheita, com acentuada diminuição do índice. A figura 3 mostra as oscilações de NDVI

durante o período de um ano e meio para estas duas bacias hidrográficas com a identificação dos períodos de máximo desenvolvimento vegetativo e períodos de entressafra.

Figura 4 – Variação do NDVI das sub-bacias hidrográficas dos rios Jacuizinho e Jacuí-mirim com base nas imagens da série temporal.



Além da maior amplitude do NDVI na bacia hidrográfica com domínio agrícola foi observado que no ápice do desenvolvimento vegetativo este índice atinge valores superiores aos da área florestal. Esta situação indica que no período de máximo desenvolvimento vegetativo o NDVI da área florestal e agrícola são muito próximos o que não permite a identificação destas classes a partir deste índice.

Conclusão

Adinâmica do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí possui uma relação com as atividades antrópicas e com as estações do ano. Foi identificado, com o uso das imagens NDVI/MODIS períodos de intenso uso da terra, principalmente relacionado à atividade agrícola. A produção agrícola exige diversas etapas relacionadas

aos cultivos, como plantio, desenvolvimento das diferentes fases fenológicas e colheita o que expõe a terra a grande variação do NDVI durante o ano.

O período de entressafra foi que se mostrou mais indicado quanto ao uso do NDVI para identificação de diferentes formas de uso da terra, mas para o período de maior crescimento vegetativo, presente no verão e inverno, este índice apresenta valores aproximados para as diversas formas de uso da terra e não permitiu identificar as diferenças nos uso da terra.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq por concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor e recursos financeiros para o desenvolvimento deste trabalho (processos números 507485/2010-6 e 478961/2010-3).

Referências

ANDERSON, L. O. A. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal de Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS**. 2004. 247 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004

CEEE-GT. **Plano de uso e ocupação do solo no entorno da UHE Leonel Brizola - Reservatório Maia Filho**. Revisão 1. 261 p. 2009.

CEEE-GT. **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Ernestina**. 246 p. 2010a.

CEEE-GT. **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Itaúba**. 240 p. 2010a.

CEEE-GT. **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Passo Real**. 277 p. 2010c.

CLERICI, N.; WEISSTEINER, C.J.; GERARD, F. Exploring the use of MODIS NDVI based phenology indicators for classifying forest general habitat categories. **Remote Sensing**, Basel, v. 4, n. 6, p. 1781-1803. 2012.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS. **Arquivos digitais para uso em SIG** - **base cartográfica digital do RS 1:250.000**. Disponível em http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp. Acesso em 20 maio 2011.

GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J.; EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Efeitos da geometria de visada sobre a determinação de índices de vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1403-1409. CD-ROM.

GU, Y.; WYLIE, B. K.; BLISS, N. B. Mapping grassland productivity with 250-m MODIS NDVI and SSURGO database over the Greater Platte River Basin, USA. **Ecological Indicators**. v. 24, January 2013, p. 31-36. Available online 3 July 2012.

Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X12002233>. Acesso 12 jul. 2012.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências: Manual técnico de uso da terra**. 2ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. n° 7. 90 p.

IBGE. **Mapa de Vegetação 2004**. IBGE: Rio de Janeiro, 2004. Disponível em ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf. Acesso em 05 mar. 2012.

JULIEN, Y.; SOBRINO, J. A.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. Land use classification from multitemporal Landsat imagery using the Yearly Land Cover Dynamics (YLCD) method. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 13, n. 5, p. 711–720. 2011.

JUSTICE C.O.; TOWNSHEND, J.R.G.; VERMOTE, E.F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R.E.; SALEOUS, N.; ROY, D.P.; MORISETTE, J.T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**. v.83, p. 3-15. 2002.

KRAMER, G. **Avaliação espaço-temporal das relações entre ecossistemas terrestre e aquático**: estudo de caso da Bacia da UHE Passo Real da Região Sul do Brasil. 2009. 90p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. **Geografia do Brasil: vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE. 1990. p.113-150.

LIESENBERG, V.; PONZONI, F. J.; GALVÃO, L. S. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fito fisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores MODIS/TERRA e AQUA. **Revista Árvore**. v. 31, n. 2, abr. 2007.

PRADO, D. A.; BARBIERI, D. W.; SANTOS, F. C.; PEREIRA FILHO, W. Relação entre componentes óticamente ativos da água do reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca com imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1192-1199. DVD.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de

soja. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 379-386. DVD

SANTOS, J. S.; GEHRARDT, A.; FONTANA, D. C. Análise das Estimativas de Área de Soja no Estado do Rio Grande do Sul Geradas por Imagens NDVI/MODIS Coleções 4 e 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 435-442. DVD.

SOUZA, E. G.; ROCHA, T.; URIBE-OPAZO, M. A.; NÓBREGA, L. H. P. Índices de vegetação no milho em função da hora do dia e da taxa de nitrogênio aplicada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13. 2009.

WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W.; PEREZ FILHO, A. Compartimentação aquática espectral dos reservatórios em cascata no alto Jacuí - RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4929-4935. DVD.

Artigo encaminhado para publicação em outubro de 2012.

Artigo aceito para publicação em novembro de 2012.