

## **Análise da evolução multi-temporal NDVI/NOAA no município de Pedro Afonso, TO**

Érika Gonçalves Pires <sup>1</sup>  
Alan Kardec Elias Martins <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escola Técnica Federal de Palmas-ETF/TO  
AE 310 Sul – Av. LO-5A c/ NS-10  
77.021-090 – Palmas, TO, Brasil  
erikapires@etfto.gov.br

<sup>2</sup> Fundação Universidade do Tocantins - UNITINS  
108 Sul Al. 11 Lt.03  
77.020-122 – Palmas, TO, Brasil  
akelias@unitins.br

**Resumo.** O objetivo do presente trabalho foi analisar a evolução multi-temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN ou NDVI), obtido de imagens NOAA-17, em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja no município de Pedro Afonso-TO, com ênfase na região do Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados – Etapa III (PRODECER III), visando o monitoramento desta cultura em programas de previsão de safras. O estudo foi feito durante o ano agrícola 2005/2006, sendo utilizadas imagens do satélite CBERS-2 (20m), para a determinação das áreas cultivadas com soja a partir de imagens classificadas e imagens do satélite NOAA-17 (1,1km), de máximo NDVI quinzenal, para o monitoramento da evolução temporal do NDVI nestas áreas. A partir da análise do fatiamento de imagem NDVI/NOAA foi possível realizar o monitoramento da cultura. Foram gerados perfis espectrais de NDVI máximos quinquênios, a partir de pontos extraídos das imagens CBERS, para avaliar sua evolução ao longo do tempo. Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que as diferenças na evolução temporal do NDVI evidenciou o potencial de uso de imagens NOAA-17 para o acompanhamento dos cultivos, permitindo obter conhecimento preciso sobre os dados da produção, em tempo real, e ainda subsidiar o gerenciamento e tomada de decisão sobre políticas agrárias voltadas para o Estado, utilizando tecnologias modernas e de custo acessível.

**Palavras-chave:** Previsão de Safra, Soja, NDVI, NOAA-17, CBERS-2.

**Abstract.** The purpose of the present study was to analyze the temporal evolution of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), obtained from NOAA-17, in areas covered by pixels with variable proportion of soybean in Pedro Afonso-TO city, with emphasis in the region of the Program of Cooperation Nipo-Brazilian for the Development of the Cerrado - Phase III (PRODECER III), aiming the monitoring soybean crops in regions where harvests are forecasted. The study was performed during the agricultural year of 2005/2006, and satellite's images CBERS-2 (20m) were used to determine areas planted with soybean from classified images, and images of satellite NOAA-17 (1,1km) of biweekly maximum NDVI, to monitor the temporal evolution of the NDVI in these areas. From analysis of the density slice of image NDVI/NOAA it was possible to carry through the monitor of the culture. Spectral profiles had been generated, of biweekly maximum NDVI, from extracted points of images CBERS, to evaluate its evolution during the time. Based on the results obtained, it is possible to state that the differences in the temporal evolution the NDVI evidenced the potential use of images NOAA-17 for accompaniment the culture, allowing to get necessary knowledge on of data's production, in real time, and it also subsidizes the management and interferes taking right decisions on agrarian politics come back toward the State, using modern technologies and accessible cost.

**Key-words:** Harvest Forecast, Soybean, NDVI, NOAA-17, CBERS-2.

## 1. Introdução

Em 2004, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de soja, com produção de 50 milhões de toneladas ou 25% da safra mundial, estimada em 200 milhões de toneladas. Embrapa (2005).

Na safra 2003/2004, somente no Estado do Tocantins, foram produzidas 656.016 toneladas em uma área de 253.466 ha, com um rendimento médio 2.600 Kg/há. Brasil (2005).

Só nos últimos quatro anos a produção saltou de 20 mil toneladas para 263 mil toneladas. Só o PRODECER III (Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados), em Pedro Afonso-TO, projeto estimulado e incentivado pelo Governo do Estado, foi responsável, em 2002, por 40% da área plantada.

Segundo Motta (2003), o monitoramento e previsão de safra de grãos no Brasil são tradicionalmente realizados a partir de dados oriundos de levantamentos feitos por entidades ligadas à produção agrícola. São coletados dados em cada região que possui atividade agrícola, e esses dados são posteriormente agrupados em toda a extensão do território nacional. Apesar da grande importância destes dados para a economia, na maioria das vezes estes possuem um alto grau de subjetividade determinando um certo grau de incerteza nas informações geradas, devido às diferenças regionais e sazonais do Brasil e sua grande extensão territorial. Por isso, essas informações geralmente são lentas e onerosas.

O emprego das tecnologias de geoprocessamento poderá tornar o sistema de monitoramento e previsão de safras do Estado do Tocantins mais eficiente e dinâmico nas escalas regional e nacional. Estas tecnologias permitem a obtenção de informações precisas, em tempo hábil e com reduzida relação custo/benefício sobre a extensão, às condições de desenvolvimento e o potencial de produção de culturas. Esta metodologia, também poderá ser aplicada para o monitoramento das áreas de agricultura de soja do entorno do pantanal.

## 2. Objetivo

Os objetivos do presente trabalho são verificar e analisar a evolução multi-temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), obtida de imagens NOAA, em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja no município de Pedro Afonso-TO, com ênfase na região do Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados – Etapa III (PRODECER III), visando o monitoramento desta cultura em programas de previsão de safras.

### 3. Material e Métodos

O monitoramento e previsão de safra foram efetuados durante o ano agrícola 2005/2006, no município de Pedro Afonso-TO, onde se concentra um grande volume de produção de soja.

Para a realização deste trabalho foram utilizadas imagens do satélite CBERS-2, fornecidas pelo INPE, cena 159/110, bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD, com resolução espacial de 20m, para a determinação das áreas cultivadas com soja. As imagens CBERS correspondente ao período de 27/09/2005 a 23/04/2006 apresentaram uma grande quantidade de nuvens, o que dificultou o uso destas para a identificação das áreas agrícolas durante esse período. Em virtude, disso utilizou-se apenas as imagens do dia 01/09/2005.

As imagens CBERS-2 foram registradas utilizando pontos de controle facilmente identificáveis na imagem e nas cartas topográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O método de amostragem utilizado foi o vizinho mais próximo, por ser o que melhor preserva o valor radiométrico da imagem original.

Para uma melhor identificação das áreas realizou uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo de distribuição gaussiana por máxima verossimilhança (MAXVER). Realizou-se, também, uma classificação não supervisionada por regiões, utilizando o algoritmo ISOSEG. Após a classificação não supervisionada, foi feito o mapeamento da imagem onde foram associadas às classes resultantes aos temas classificados pelo algoritmo.

As áreas de lavouras foram estimadas através da vetorização das áreas de lavouras na imagem. Para isso, realizou-se a fotointerpretação das imagens classificadas e não classificadas, analisando a textura, forma, tamanho e tonalidade dos pixels da imagem.

Foram utilizadas as imagens quinzenais NDVI do satélite NOAA-17, com resolução espacial de 1,1km, fornecidas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, para o monitoramento da evolução temporal do NDVI das áreas cultivadas. As imagens utilizadas correspondem ao período de setembro/2005 a abril/2006, totalizando 16 imagens quinzenais.

As imagens quinzenais foram geradas a partir da fusão das imagens NDVI diárias do NOAA-17. O objetivo de utilizar imagens quinzenais de NDVI é para diminuir a redundância de informações existentes e de minimizar as interferências atmosféricas, eliminando consideravelmente as nuvens presentes nas imagens.

As imagens NDVI fornecidas pelo INPE foram geradas usando as reflectâncias das bandas 1 (0,58 a 0,68  $\mu\text{m}$ ) e 2 (0,725 a 1,1 $\mu\text{m}$ ) do sensor AVHRR, através da razão da soma pela diferença dessas bandas, como mostra a **equação 1**. As imagens foram padronizadas para um intervalo de NDVI de -1,0 a +1,0.

$$\text{NDVI} = (\text{banda 2} - \text{banda 1}) / (\text{banda 2} + \text{banda 1}) \quad (1)$$

As imagens NDVI/NOAA foram georreferenciadas, e o intervalo dos valores de NDVI foi dividido em intervalos menores, associando uma cor a cada intervalo de NDVI, gerando uma imagem colorida, que corresponde as imagens NDVI finais.

Para cada imagem de composição quinzenal foram extraídos os valores de NDVI em pontos com predominância de lavouras de soja, identificados nas imagens CBERS-2 classificadas.

Foram gerados perfis espectrais de NDVI máximos quinquênios a partir do valor médio de uma janela de amostragem de 3x3 pixels, cujo pixel central corresponderá à coordenada dos pontos identificados nas imagens CBERS-2. Os perfis espectrais serviram para a diferenciação entre os tipos de vegetação/cultivo existentes.

Para avaliar a metodologia utilizada, gerou-se as imagens NDVI do satélite CBERS, a fim de comparar os resultados com as imagens NDVI do satélite NOAA. Este processo foi feito

utilizando a banda 3 (vermelho) e a banda 4 (infravermelho próximo) do sensor CCD, através da razão da soma pela diferença dessas bandas, como mostra a **equação 2**.

$$\text{NDVI} = \text{ganho} * (\text{banda4} - \text{banda3}) / (\text{banda4} + \text{banda3}) + \text{offset} \quad (2)$$

Para a realização desta etapa, foi necessário programar no software SPRING 4.2 na linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico), para que o software realizasse a razão da soma pela diferença das bandas 3 e 4, e posteriormente padronizasse o resultado para o intervalo de -1 a 1. Após a geração da imagem NDVI/CBERS realizou-se o fatiamento da imagem no software SPRING 4.2, atribuindo a imagem às mesmas classes e tons de cinza da imagem NDVI/NOAA.

#### 4. Resultados e Discussão

O erro dos pontos de controle durante o processo de registro foi de 0,526 pixels, utilizando 10 pontos de controle. Neste caso, as cartas topográficas utilizadas na escala 1:100.000 permitiam um erro máximo admissível no mapeamento de 50 metros ou 1,66 pixels.

Quanto à segmentação das imagens, após vários testes, observou-se que os limiares muito baixos geraram muitos segmentos pequenos dentro de uma mesma classe temática, provocando um particionamento excessivo e gerando confusão visual. O melhor resultado obtido foi utilizando o valor de limiar de similaridade e de área (pixels) igual a 20, pois foram os que mais obedeceram aos limites das áreas com pastagens, das matas ciliares, etc.

Após a coleta das amostras de treinamento, para a classificação supervisionada (MAXVER), estas foram avaliadas e apresentaram uma aceitação média de 94% em relação aos parâmetros estatísticos de cada amostra coletada.

A classificação não supervisionada (ISOSEG), apresentou 20 classes diferentes de uso. Após a classificação propriamente dita, foi feito o mapeamento da imagem onde foram associadas às classes resultantes as classes temáticas existentes. A classificação não supervisionada apesar de gerar regiões com padrões espectrais próximos, apresentou erros de classificação em algumas regiões.

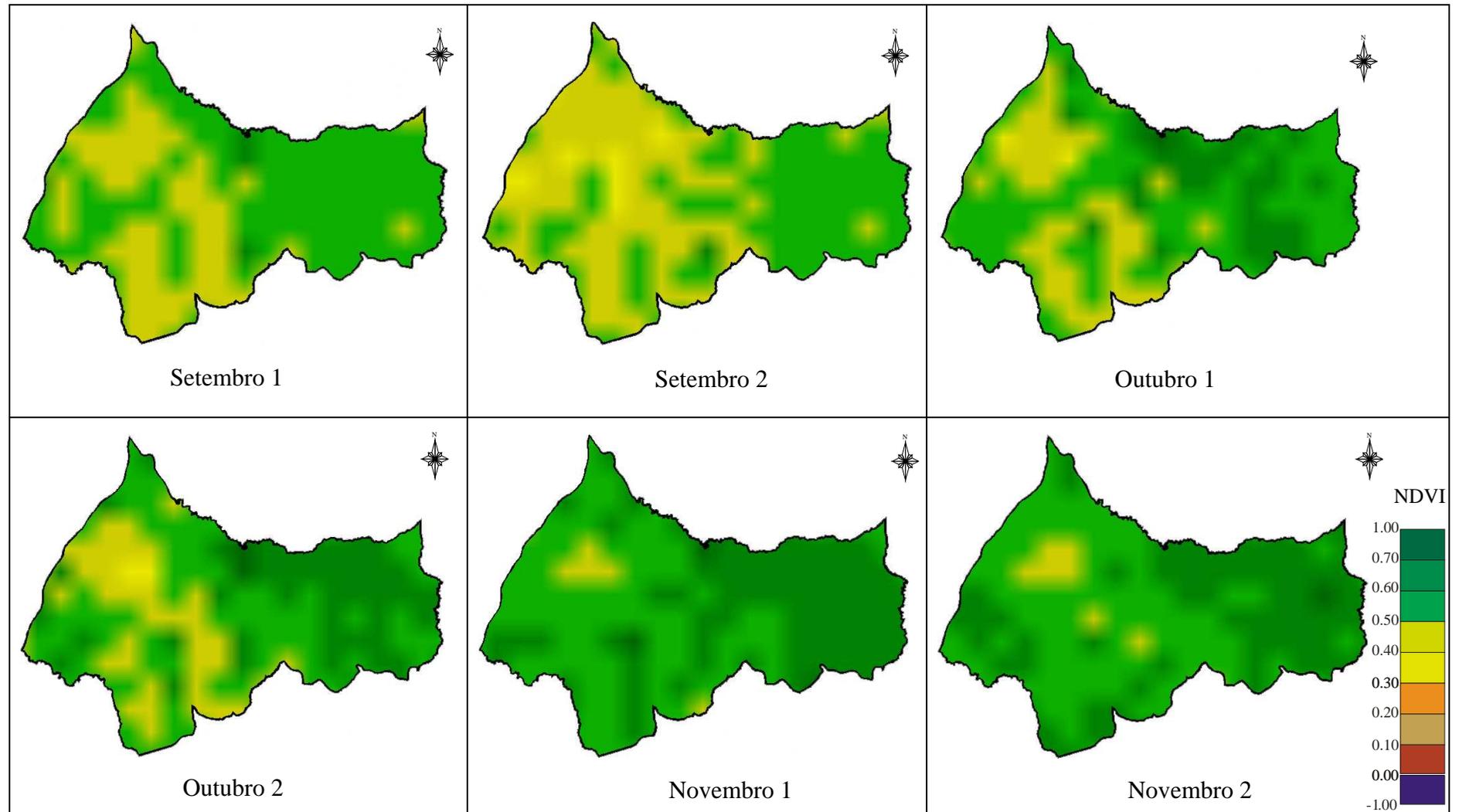
Neste trabalho considerou-se as áreas de lavouras, como sendo apenas de soja, pois as outras culturas existentes na região estudada eram muito insignificantes, não aparecendo nas imagens NOAA-17.

Para a estimativa das áreas de lavoura utilizou a ferramenta de operações métricas do software SPRING, obtendo um relatório das áreas selecionadas. A partir das áreas de cada polígono gerado, obteve-se o valor estimado das áreas de lavouras, totalizando 40.362,2384 ha.

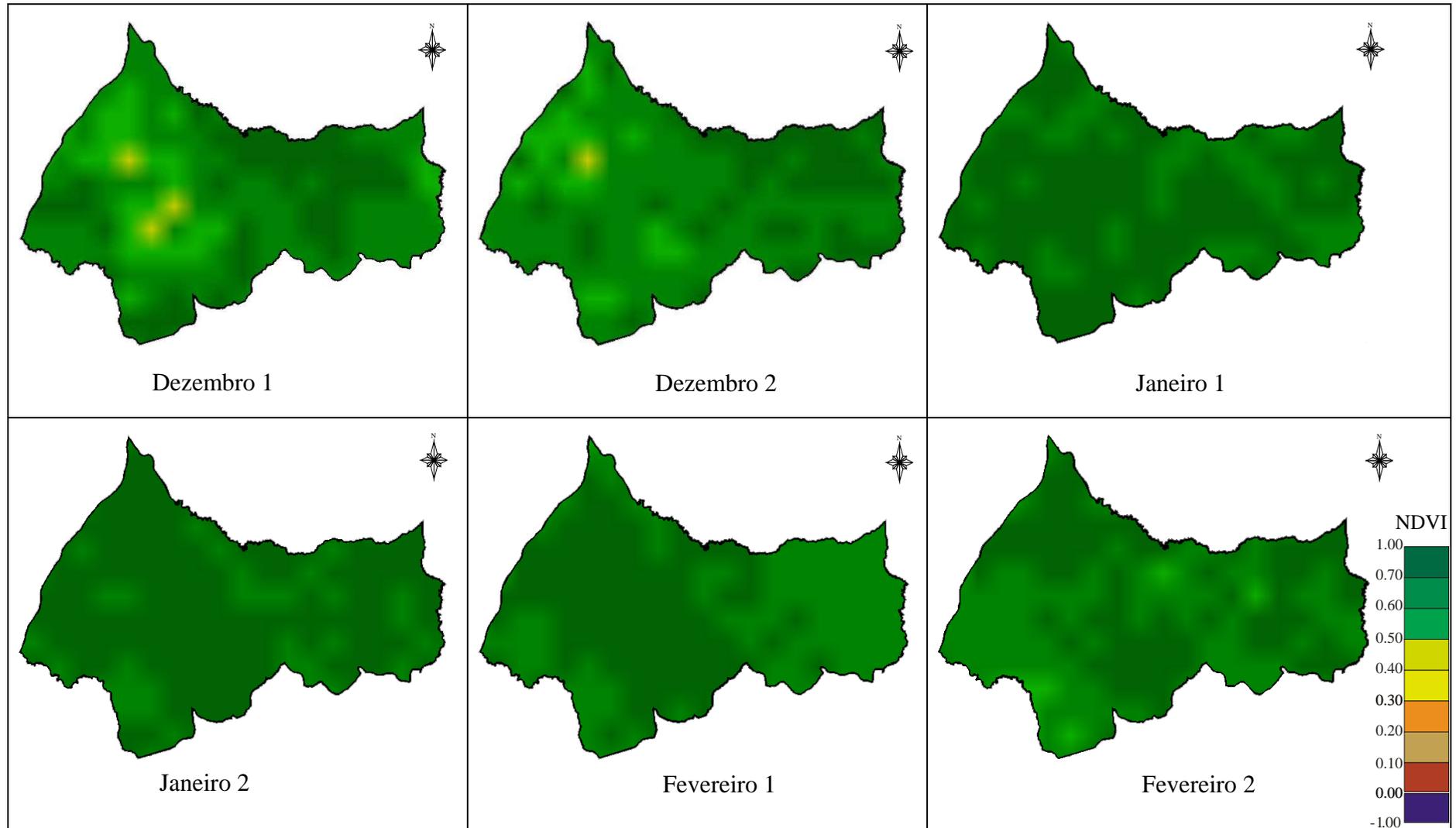
A **figura 1** mostra as imagens NOAA-17 de NDVI de cada quinzena dos meses de setembro/2005 a abril/2006. Analisando as imagens quinzenais de NDVI (**figura 1a, 1b e 1c**), nota-se que estas possuem uma grande variação espacial e temporal de NDVI e, portanto, de densidade de fitomassa, em todas as áreas do município de Pedro Afonso-TO.

Os valores de NDVI negativos (cor azul), de modo geral, indicam a presença de água nas imagens, porém devido a baixa resolução espacial (1,1 km) do sensor AVHRR e a existência de matas ciliares em torno dos cursos d' água, não foi possível identificá-la nas imagens NDVI obtidas.

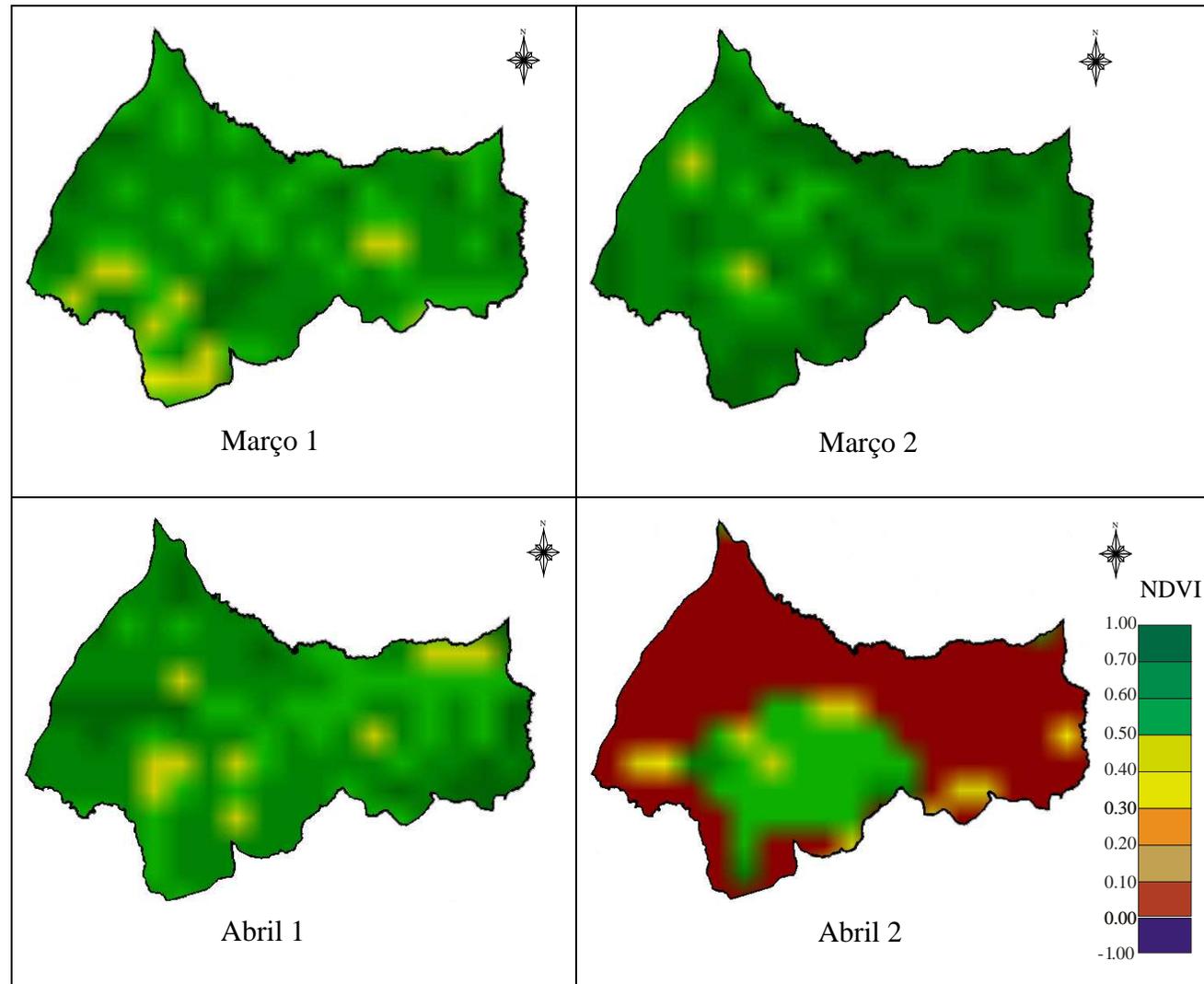
Já para as nuvens, espera-se que os valores de NDVI sejam em torno de zero. Portanto, observando as imagens quinzenais de NDVI, nota-se que a contaminação residual ocasionada pelas nuvens foi nula, o que contribuiu significativamente para a análise dos dados deste trabalho.



**Figura 1.a:** Imagens NOAA-17/AVHRR, de NDVI quinzenal no período de setembro/2005 a novembro/2005.



**Figura 1.b:** Imagens NOAA-17/AVHRR, de NDVI quinzenal no período de dezembro/2005 a fevereiro/2006.



**Figura 1.c:** Imagens NOAA-17/AVHRR, de NDVI quinzenal no período de Março/2006 a Abril/2006.

Analisando visualmente as imagens NDVI nota-se que as imagens quinzenais de NDVI de setembro/2005 são as que apresentam menor densidade de fitomassa, pois possui valores de NDVI variando de 0,30 a 0,50. Isso se deve ao fato da deficiência hídrica existente neste período, e dos agricultores estarem preparando o solo para o plantio.

Devido ao início do período chuvoso, e conseqüentemente do plantio, as imagens quinzenais de NDVI do mês de outubro/2005, apresentam uma diminuição das regiões com baixa presente de fitomassa.

As imagens quinzenais de NDVI do mês de novembro/2005 têm uma grande quantidade de fitomassa, possuindo pouquíssimas regiões com baixa densidade de fitomassa. No oeste destas imagens os valores de NDVI estão, em sua grande maioria, variando de 0,50 a 0,70, o que indica a presença de vegetação em um médio grau de desenvolvimento.

No mês de dezembro/2005, os tons estão tendendo para o verde escuro, o que indica uma média à alta densidade de fitomassa, com alto conteúdo hídrico, apresentando apenas algumas “manchas” de NDVI mais baixo.

Segundo Brasil (2003), os meses de outubro, novembro e dezembro, são as épocas mais favoráveis para o plantio de soja no município de Pedro Afonso-TO, induzindo os agricultores a efetuar o plantio nessas épocas. Isso explica a variação de fitomassa existente nos meses de outubro/2005 a dezembro/2005, influenciada pelo período chuvoso, e conseqüentemente pelo ciclo fenológico da cultura.

A cobertura vegetal com estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua reflectância no espectro visível e a absorvendo mais no infravermelho próximo. As imagens quinzenais de NDVI dos meses de janeiro/2006 e fevereiro/2006 comprovam este fato, pois foram as que apresentaram a mais alta densidade de fitomassa, o que indica a presença de vegetação mais densa e com maior área foliar e, provavelmente com alto conteúdo hídrico, por causa do período chuvoso.

Observa-se na segunda quinzena do mês de fevereiro/2006 uma significativa diminuição dos valores de NDVI, indicando uma redução do nível de fitomassa existente. A colheita da soja, geralmente é feita, nos meses de fevereiro e março, o que comprovam as imagens de NDVI desse período, que indicam uma variação da diminuição da quantidade de fitomassa, apresentando no mês de março/2006 várias regiões com baixa fitomassa, associadas possivelmente a finalização do ciclo da cultura.

Em virtude de o período chuvoso finalizar no mês de abril, observa-se que na segunda quinzena do mês de abril/2006, a ausência total de vegetação em algumas regiões e a presença de contaminação residual por nuvens (cor vermelho escuro), e outras regiões com baixa fitomassa (verde claro).

Quanto à evolução temporal do NDVI, verifica-se que, nos pontos amostrais com áreas de soja selecionadas nas imagens CBERS, que os valores de NDVI possuem valores mais elevados nos meses de janeiro e fevereiro, onde a quantidade de fitomassa é extremamente alta. A **Figura 2** contém o perfil espectral das lavouras, indicando os valores de NDVI de acordo com a evolução temporal da cultura.

A **Figura 3** mostra a imagem NDVI do satélite CBERS de 01/09/2005. Nota-se que as áreas de lavoura aparecer alaranjado na imagem mostrando que existe uma baixa densidade de fitomassa nessas áreas, indicando que as áreas ainda estão sendo preparadas para o plantio ou que a cultura ainda está no seu estágio inicial de desenvolvimento. As matas ciliares e a vegetação mais densa são facilmente identificáveis na imagem aparecendo esverdeados. Os tons amarelados representam as áreas com vegetação mais rala, característica da flora da região. Devido à época da imagem, não existem muitas regiões com alta densidade de fitomassa.

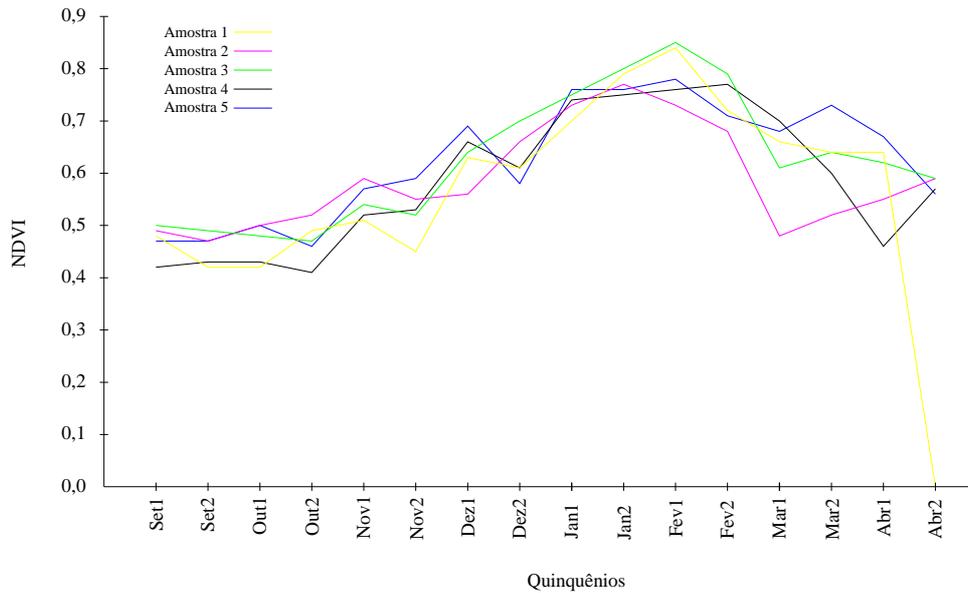


Figura 2: Perfil espectral das lavouras

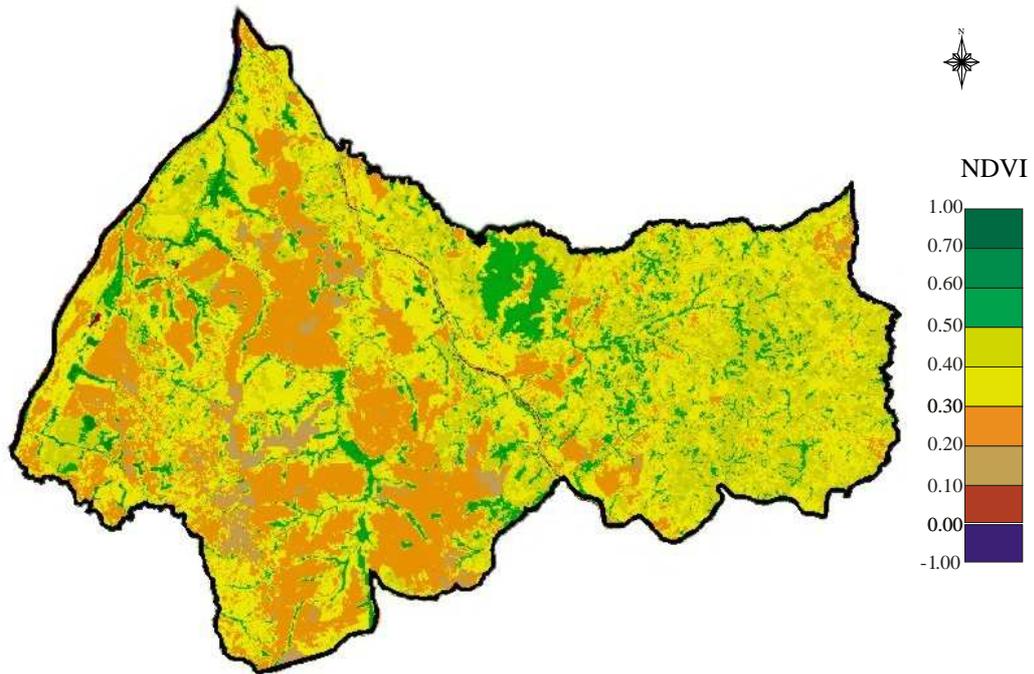


Figura 3: Imagem CBERS/CCD, georeferenciada, de NDVI de 01/09/2005.

Comparando a imagem NDVI/CBERS (Figura 3) com a imagem NDVI/NOAA (Figura 1), ambas do mês de setembro, observamos que os tons amarelos presentes na Figura 1, aparecem alaranjados na Figura 3. Isso possivelmente se deve ao fato de que a Figura 1 é resultante da fusão das imagens diárias do NOAA, gerando uma imagem quinzenal, enquanto que a Figura 3 representa os alvos de apenas um dia. Portanto, podem existir alvos que comportavam espectralmente de maneira diferente, em um determinado dia do mês de setembro. Devemos salientar que, o satélite NOAA-17 possui uma baixa resolução espacial, enquanto que o satélite CBERS-2 possui uma média resolução espacial, e os satélites possuem

respostas espectrais diferentes, mas, em ambas as imagens, os valores de NDVI representam baixa quantidade de fitomassa.

## 5. Conclusões

As diferenças na evolução temporal do NDVI observadas entre as imagens tornam evidente o potencial de uso de imagens NOAA para acompanhar o crescimento e desenvolvimento da fitomassa da cultura de soja em nível municipal.

Os perfis espectrais contribuíram para a análise da evolução do NDVI ao longo do tempo permitindo o monitoramento em tempo real, sendo extremamente útil para a previsão de safras agrícolas.

O uso de técnicas de processamento digital de imagens, como por exemplo a classificação de imagens, auxiliou na identificação dos alvos existentes.

Apesar de sua média resolução espacial, a utilização dos dados multitemporais do sensor CCD do satélite CBERS-2, mostrou neste caso, ineficiente para o monitoramento da fitomassa existente, por causa de sua baixa resolução temporal, o que dificultou a obtenção de imagens sem contaminação residual por nuvens.

Devemos observar que o sensor AVHRR do NOAA possui resolução espacial muito baixa, o que impossibilita o uso das imagens deste sensor para regiões com maior precisão de área. Porém, a sua alta temporalidade contribui para o monitoramento de uma determinada área em tempo real, e permite a geração de imagens decendias, quinzenais ou mensais, que contribui para a eliminação das nuvens, permitindo uma melhor análise dos dados.

É importante salientar ainda que, apesar de inúmeros trabalhos terem obtido excelentes resultados utilizando dados do sensor AVHRR para confecção de imagens NDVI, pesquisas estão sendo feitas no sentido de melhorar a qualidade no produto NDVI produzido pelo CPTEC/INPE.

## 6. Referências

Brasil, República Federativa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Tocantins – Safra 2003/04**. Portaria nº 85, de 30.9.2003, publicada no DOU de 2.10.2003.

Brasil, República Federativa. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Soja: Evolução da Produção no Tocantins**. Brasília: IBGE, 2005.

Embrapa, 2005. Disponível em: [http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=22&cod\\_pai=16](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16). Acesso em: 13/12/2005.

Inpe, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem do satélite CBERS-2 CCD, Órbita 159 - Ponto 110, Data: 01/09/2005. Cachoeira Paulista, Divisão de Geração de Imagem (DGI). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 02/01/2006.

\_\_\_\_\_. Imagem NDVI do satélite NOAA. Cachoeira Paulista, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Disponível em: <ftp://150.163.133.245>. Acesso em: 01/09/2006.

Motta, J. L. G. Fontana, D. C.; Weber, E. Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p. 353-369, 2003.