

---

# Contribuições das geotecnologias

---

no monitoramento da cultura da soja em  
Assis Chateaubriand, Paraná (PR), Brasil

---

Contributions of the geotechnology to monitoring  
of soybean farming in Assis Chateaubriand, Paraná (PR), Brazil

**Matheus Rizato<sup>1</sup>**

**Andrea Aparecida Zacharias<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' (UNESP),  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Campus de Rio Claro, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' (UNESP),  
Curso de Geografia da UNESP / Campus Experimental de Ourinhos,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Programa de Pós-Graduação em Geografia,  
Campus de Rio Claro, São Paulo, Brasil  
mrizato@gmail.com; andreazacharias9@gmail.com

---

### Resumo

A soja tem se destacado nos últimos anos como a principal cultura agroexportadora no Brasil, incentivando sua expansão e influenciando na dinâmica agrícola mundial. Neste contexto, esta pesquisa tem o objetivo de demonstrar que as geotecnologias contribuem no monitoramento da evolução de produtos agrícolas. Para tanto, por meio de imagens do satélite *Landsat*, buscou-se identificar e quantificar as áreas de soja das safras 2008/09 e 2010/11 no município de Assis Chateaubriand, localizado no estado do Paraná-PR, Brasil. Conclui-se que as geotecnologias auxiliam no monitoramento temporal-espacial de produtos agrícolas, tais como a soja no decorrer da safra, gerando inclusive dados que podem subsidiar para a análise do comportamento econômico da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** geotecnologias; *landsat*; sensoriamento remoto; sistemas de informação geográfica; soja.

### Abstract

Soy has emerged in recent years as the main crop agroexport in Brazil, encouraging their expansion and influencing global agricultural dynamic. In this context, this research aims to demonstrate that the geotechnology contribute to monitoring the evolution of agricultural products. Therefore, by using *Landsat* satellite images, we sought to identify and quantify areas of soybean crop in 2008/09 and 2010/11 in Assis Chateaubriand – Paraná/PR, Brazil. It is concluded that the geotechnology assist in monitoring temporo-spatial agricultural products such as soybeans during the season, including generating data that can give support for the analysis of economic behavior culture.

**KEY WORDS:** geotechnology; *landsat*; remote sensing; geographic information systems; soybeans.

## 1. Introdução

A soja é uma das principais e mais antigas culturas semeadas no mundo. Essa oleaginosa é, hoje, a principal *commoditie* e responsável por um quarto da produção mundial de óleos vegetais. A sua importância está atrelada à produção de óleo e farelo, derivados oriundos do seu processamento. A produção do óleo é destinada ao consumo humano e produção de biocombustíveis. Já o farelo destina-se, principalmente, a produção de ração animal. Devido a sua versatilidade, tem grande representatividade na comercialização agrícola.

De acordo com a Embrapa (2003), a expansão da produção de soja no território brasileiro, impulsionada pela sua forte demanda, sobretudo internacional, trouxe grande dinamicidade para a comercialização da cultura. Contudo, observa-se que qualquer alteração nas relações de oferta e demanda ou até a especulação dessas alterações, podem acarretar oscilações de preços. Por este motivo, monitorar a evolução das lavouras torna-se fundamental no que se refere ao entendimento de seu comportamento econômico.

No caso da soja, por se tratar de uma *commoditie*, os preços são comercializados no mercado futuro, isto é, nas bolsas Mercados Futuros em vários países; este fato torna as informações referentes ao monitoramento agrícola da safra ainda mais relevante. Qualquer informação quanto ao aumento ou diminuição de área ou até a quebra de produtividade podem modificar a dinâmica econômica da oleaginosa. Assim, a disponibilidade dessas informações pelos agentes de mercado passa a ser de grande valia, para que eles possam se proteger dessa variação de preços (Alves, 2011).

Nesse escopo, o uso de imagens orbitais obtidas por sensoriamento remoto tornou-se importante ferramenta de monitoramento e mapeamento do uso e ocupação da terra, uma vez que permite a percepção das mudanças ocorridas na superfície terrestre. Assim, por meio desta técnica é possível

obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com ele, visto que as informações são obtidas pelo uso da radiação eletromagnética, gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra (Rosa, 1992).

Deste modo, esta ciência -o sensoriamento remoto- muito pode contribuir para a identificação das áreas onde ocorre o plantio de soja, e/ou outras culturas, sobretudo fornecendo dados reais sobre a sua temporalização espacial. Isto posto, é possível realizar uma série de estudos para análise econômica, tanto otimizando os estudos voltados para estimativas de safra oficiais, quanto gerando subsídios para o monitoramento das culturas agrícolas em tempo real, sem que haja a necessidade de estar em campo, além de propiciar um custo financeiro muito menor.

No caso específico da identificação e quantificação da área total plantada, o uso das geotecnologias torna-se de grande valia, uma vez que os atuais dados oficiais dos órgãos governamentais (bases das estatísticas de área plantada), podem não apresentar a real área total produzida, por se tratar de uma metodologia baseada em questionários de produtores e/ou entidades relacionadas à produção agrícola em cada região (Rizzi 2004).

Além disso, há a possibilidade de monitorar, através do uso do sensoriamento remoto, a evolução produtiva das safras, podendo identificar quebras de produção potencialmente causadas por adversidades climáticas e/ou pragas. Ao mesmo tempo, pode-se também monitorar, através do uso das geotecnologias, os reais impactos, sobretudo climáticos, que o avanço da monocultura pode causar (Embrapa, 2003).

De forma geral, essas informações são de extrema importância para os tomadores de decisão, tanto do poder público quanto do setor privado, uma vez que a obtenção de informações referentes à quantificação de área, produtividade e o desenvolvimento das lavouras agrícolas são

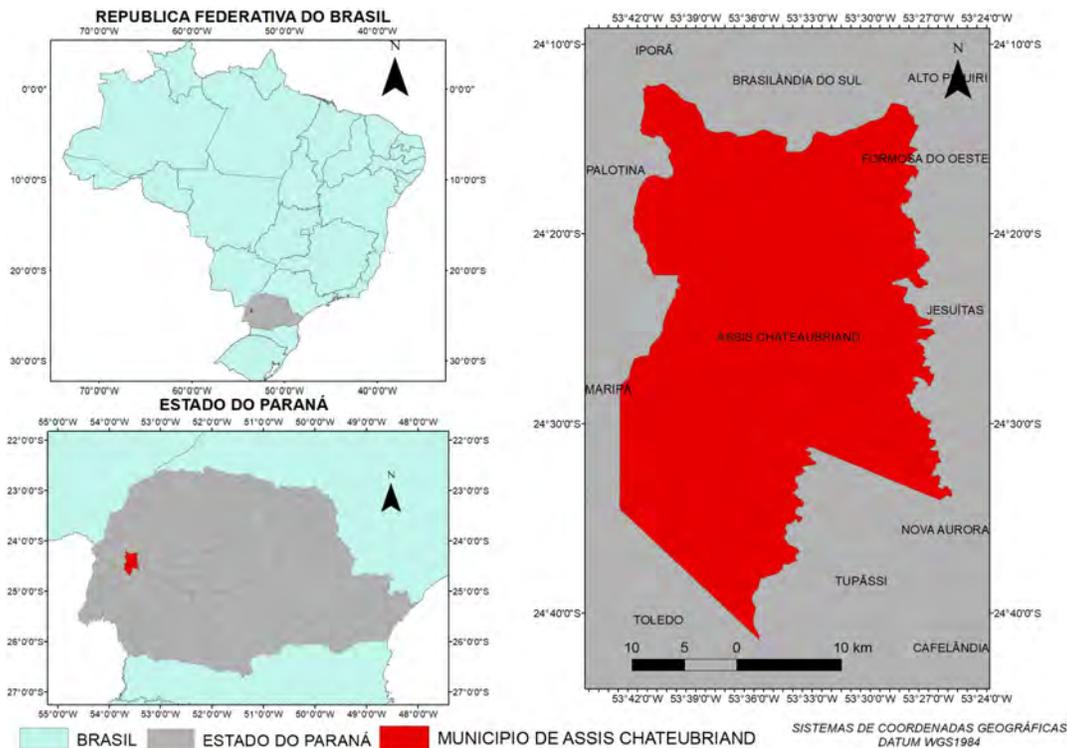
primordiais para o comportamento econômico da cultura durante a safra e até depois dela.

Os estudos de geotecnologia aplicada à agricultura no Brasil geralmente possuem abordagem voltada principalmente para as estimativas de área, produção e produtividade agrícola e ainda mais recentemente voltadas para a prática da agricultura de precisão (Ozaki *et al.*, 2011). Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é demonstrar que as geotecnologias contribuem no monitoramento da evolução da produção agrícola. Para tanto, buscou-se, através da interpretação de imagens de sensoriamento remoto, identificar e quantificar as áreas de soja das safras 2008/09 e 2010/11, adotando como área piloto o município de Assis Chateaubriand, localizado na parte oeste do estado do Paraná, no Brasil.

O clima e o solo de Assis Chateaubriand são propícios para o cultivo da oleaginosa, explicando sua participação nas atividades voltadas ao cultivo da soja. Cabe ressaltar que existe um complexo produtivo (envolvendo indústrias, cooperativas de produtores, e empresas de comercialização a fim de movimentar a grande produção desses municípios) e logístico para escoamento da produção entre municípios vizinhos, tais como Cascavel, Tupãssi e Maripá. Já a exportação da soja é realizada, em sua maior parte, no porto de Paranaguá. O município de Assis Chateaubriand tem uma extensão total de 969,588 km<sup>2</sup>, onde boa parte de sua economia voltada para o mercado agropecuário, principalmente a soja, milho e trigo (Rizato, 2015). Na FIGURA 1 observa-se o mapa com a localização da área de estudo.

FIGURA 1 Localização geográfica do município de Assis Chateaubriand no Paraná, Brasil.

FORTE: ELABORADO PELO AUTOR



## 2. Materiais e métodos

Para a análise da área de estudo foram utilizadas diferentes imagens temporais dos satélites *Landsat*, a fim de possibilitar a análise temporal-espacial do uso da terra do município. Para este trabalho, foram utilizadas as imagens orbitais dos sensores TM (*Landsat 5*) e ETM (*Landsat 7*).

O Brasil disponibiliza imagens do *Landsat* desde 1973, através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), gratuitamente. As imagens *Landsat* são compostas por diversas bandas espectrais que podem ser combinadas em inúmeras possibilidades de composições coloridas e opções de processamento. As imagens são separadas por orbitas e pontos que localizam em qual área do globo as imagens estão localizadas (INPE, 1995).

Para este mapeamento foi utilizada a órbita-ponto 223-77. A TABELA 1 ilustra as características técnicas dos satélites *Landsat 5* e 7.

No preparo da imagem, foram selecionadas as bandas 3, 4, e 5 dos satélites, que correspondem às

bandas vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio respectivamente. A composição utilizada para a visualização da cultura agrícola foi a RGB-453 (falsa-cor), onde se consegue visualizar a resposta espectral da vegetação, principalmente das lavouras agrícolas.

No caso da soja, esta composição faz com que esta cultura, quando a planta está em bom estado vegetativo, apresente uma coloração amarelada. Segundo Rizzi (2004), a coloração amarelada da soja nas imagens orbitais é facilmente identificada através desta composição de cores em função da diferença do comportamento espectral da cultura em relação aos demais alvos presentes na cena. Esta diferenciação ocorre devido às características intrínsecas à cultura e à própria área em estudo.

As imagens selecionadas foram do período da segunda quinzena de outubro/09 até a primeira de março/10, para o mapeamento da safra 2008/09, e a segunda quinzena de outubro/10 até a primeira de março/11 para a safra 2010/11. Este é o período

TABELA 1 Características do satélite *Landsat 5* e 7

| <i>Landsat 5</i><br>Características do Sensor - TM ( <i>Thematic Mapper</i> ) |  | <i>Landsat 7</i><br>Características do Sensor - ETM+ |   |
|---|--|--|---|
| Bandas espectrais (um)  | Banda 1 - Azul (0.450 - 0.520)<br>Banda 2 - Verde (0.520 - 0.600)<br>Banda 3 - Vermelho (0.630 - 0.690)<br>Banda 4 - Infravermelho próximo (0.760 - 0.900)<br>Banda 5 - Infravermelho médio (1.550 - 1.750)<br>Banda 6 - Infravermelho termal (10.40 - 12.50)<br>Banda 7 - Infravermelho médio (2.080 - 2.350) | Bandas espectrais (um)                               | Banda 1 - Azul (0.450 - 0.515)<br>Banda 2 - Verde (0.520 - 0.605)<br>Banda 3 - Vermelho (0.630 - 0.690)<br>Banda 4 - Infravermelho próximo (0.750 - 0.90)<br>Banda 5 - Infravermelho médio (1.550 - 1.750)<br>Banda 6 - Infravermelho termal (10.40 - 12.50)<br>Banda 7 - Infravermelho médio (2.090 - 2.350)<br>Banda 8 - Pancromática (0.52 - 0.90) |
| Resolução espacial (metros)   | Bandas 1, 5 e 7 - 30<br>Banda 6 - 80   | Resolução espacial (metros)                          | Bandas 1, 5 e 7 - 30<br>Banda 6 - 60<br>Banda 8 - 15  |
| Largura da faixa imageada (km)  | 185  | Largura da faixa imageada (km)                       | 185   |
| Resolução temporal (dias)   | 16   | Resolução temporal (dias)                            | 16  |

FONTE: NASA (2010)

no qual acontece o plantio, desenvolvimento vegetativo e a colheita da soja no estado do Paraná.

É importante destacar que a soja só pode ser visualizada nas imagens orbitais quando a planta já está em pleno desenvolvimento vegetativo. Este período, dentro da área estudada, acontece aproximadamente no final de dezembro até o início de março. Com isso, os períodos durante e logo após a semeadura, não podem ser visualizados nas imagens orbitais.

Na **FIGURA 2**, nota-se que a totalidade da área onde a cultura foi semeada já pode ser detectada pelas imagens orbitais nas datas de 14 de janeiro e 03 de março. Nestas imagens, observa-se coloração amarelada da soja, tornando o mapeamento possível.

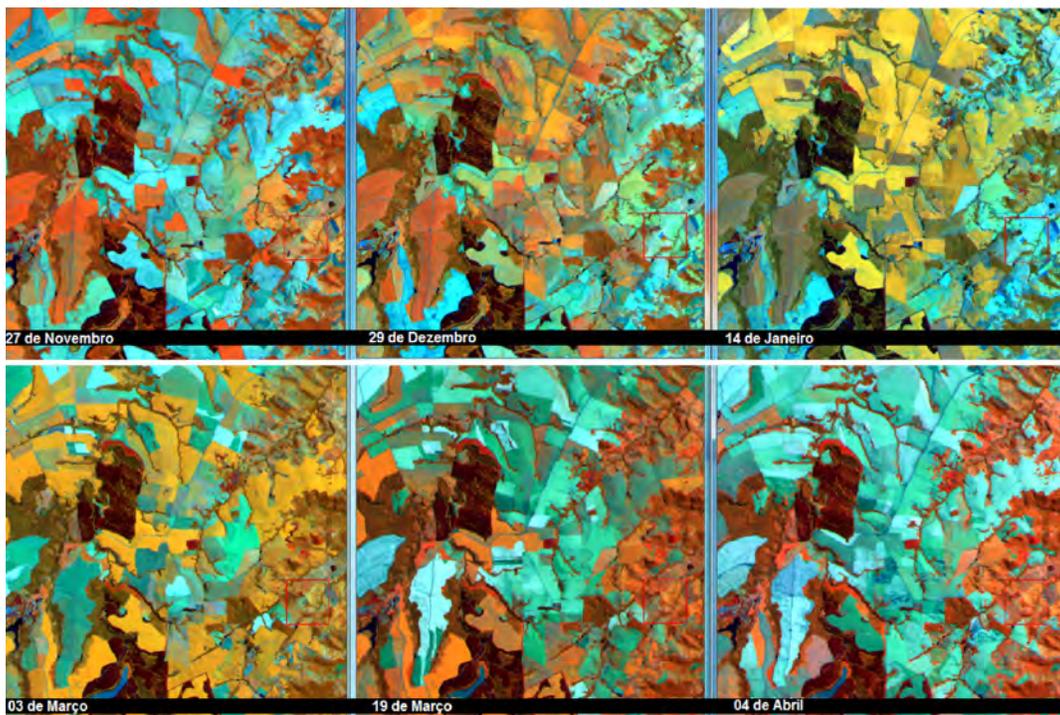
Dentro do período analisado para o mapeamento das safras, algumas imagens não puderam ser utilizadas devido à intensa cobertura de nuvens, dificultando a visualização das áreas semeadas. Isto posto, o mapeamento foi executado nas imagens para a órbita-ponto 223-77 para a safra 2008/09, nas datas de 28 de outubro, 13 de novembro, 15 de dezembro, 31 de dezembro e 5 de março.

Para a safra 2010/11, na mesma órbita-ponto, foram as datas de 16 de novembro, 18 de dezembro, 20 de fevereiro e 8 de março.

Na **FIGURA 3**, observa-se um mosaico das três órbitas-ponto selecionadas com o recorte da área de trabalho. É possível identificar a soja em coloração amarelada através da composição RGB-453 (falsa-cor).

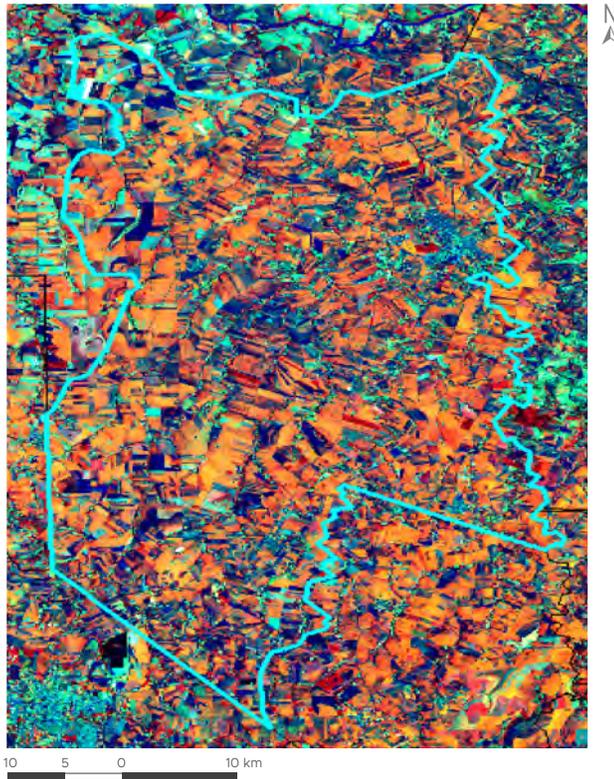
**FIGURA 2** Características da resposta espectral da soja em um período de safra. (RGB -453).

FORTE: USGS (2010)



**FIGURA 3** Imagens Landsat de janeiro de 2011 da área de estudo na composição RGB-453 (falsa cor).

FONTE: USGS (2010). ELABORADO PELO AUTOR



Além das técnicas acima destacadas, optou-se por fazer uma correção geométrica das imagens selecionadas utilizando o software ArcGIS 10, propriedade da Empresa *Environmental Systems Research Institute* (ESRI).

Segundo Debiase *et al.* (2007), as correções geométricas removem os erros sistemáticos presentes nas imagens orbitais, possibilitando a comparação da imagem corrigida à uma base cartográfica.

Para tanto, utilizou-se como imagem base as GEOCOVER e GLS obtidas por meio do GLCF (*Global Land Cover Facility*), que são imagens das orbitas-ponto selecionadas já corrigidas geometricamente disponibilizadas pela NASA.

A projeção utilizada, tanto da GEOCOVER e GLS quanto da LANDSAT é em UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) com o datum WGS1984, em escala 1:50.000.

No que se refere a segmentação foi utilizado o sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas (*Spring*), versão 5.1, por ser um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta de banco de dados espaciais (Camara *et al.*, 1996).

Para este processo, apoiou-se na técnica de segmentação da banda vegetação por ‘crescimento de regiões’, tomando como base os limiares de área e similaridade de acordo com a imagem es-

colhida. Segundo Lopes *et al.* (2009), no processo de segmentação por ‘crescimento de regiões’ cada pixel é rotulado como uma região distinta. É necessário encontrar a similaridade para cada par de regiões adjacentes espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões.

Este processo foi repetido em todas as imagens selecionadas onde notou-se que boa parte dos polígonos criados foram aproveitados para a classificação da soja.

A classificação das imagens para a identificação das áreas onde a soja está semeada e demais formas de uso e ocupação do solo, foi feita primeiramente com um modelo automático digital, utilizando o software *Spring*, versão 5.1.

No modelo digital, segundo Berka e Rudorf (2003), é extraído a banda vegetação -no caso a soja- com a técnica de modelo de mistura, que tem como objetivo identificar a resposta espectral da cultura da soja na imagem.

Foi efetuada a separação de regiões espectralmente parecidas da banda de vegetação através do classificador automático, disponível no *Spring*, que é o Bhattacharya (1967), que consiste em um método gráfico para decomposição de uma distribuição de frequências, conforme formula a seguir:

$$\beta(p_i, p_j) = 1/2(m_1 - m_2)^t \sum (m_i - m_j) + 1/2 \ln \left| \frac{\sum (m_i - m_j)}{|\sum i^{1/2}| |\sum j^{1/2}|} \right|$$

Onde:

- B = distância de Bhattacharya
- $p_i$  e  $p_j$  = pixels nas classes  $i$  e  $j$
- $m_i$  e  $m_j$  = médias das classes  $i$  e  $j$
- T = matriz transposta
- ln = logaritmo neperiano
- $i$  e  $j$  = classes dentro do contexto

Segundo Moreira *et al.*, (1998), o classificador de Bhattacharya é um algoritmo de classificação supervisionada, que requer a seleção de áreas de

treinamento, podendo utilizar as regiões separadas durante o processo de segmentação ou polígonos representativos das regiões a serem classificadas. Ele utiliza as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade das classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, em cada região, a distância de Bhattacharya entre as classes.

Neste trabalho foram utilizadas duas classes, sendo:

- a) ‘soja’, onde agrupa todas as áreas onde a soja pode ser identificada na imagem;
- b) ‘não soja’, que engloba áreas como rios, florestas, malha urbana, outras culturas agrícolas, enfim, todas as demais áreas da imagem onde não é observada a resposta espectral referente a soja.

Após o resultado da classificação automática, foi realizada a edição manual da máscara da soja através de uma varredura minuciosa, a fim de identificar as falhas ocorridas pelo classificador automático. Para isso, foi realizada a edição vetorial das áreas onde o processo automático omitiu ou classificou de forma incorreta as áreas nas imagens orbitais.

Neste processo, deve-se reunir o maior número de informações físicas e até econômicas do local, para que este processo de edição manual seja feito com maior eficiência.

No caso de culturas agrícolas é válido que o responsável pelo mapeamento possua algum conhecimento sobre as características agrônômicas da soja, para que os erros de omissão e comissão causados pelo classificador automático sejam identificados. Para que seja possível o mapeamento de culturas agrícolas em geral, algum conhecimento de determinadas características da cultura a ser mapeada, também é exigido. É importante saber, por exemplo, o período de plantio, desenvolvimento e colheita da soja, o clima favorável para o cultivo, condições de solo específicas, os locais onde a oleaginosa costuma

ser semeada, e muitos outros fatores importantes para o desenvolvimento agrícola da cultura.

Todas essas informações são fundamentais para que o mapeamento seja realizado com maior precisão, uma vez que é possível que algumas outras respostas espectrais presentes na imagem possam ser bastante semelhantes a soja, podendo comprometer a qualidade do mapeamento.

Em alguns casos, a coloração amarelada dos pixels referentes a soja, pode ser identificada em algum estágio específico de uma outra cultura. Um exemplo é o milho, que apresenta uma característica mais avermelhada durante boa parte do seu período de desenvolvimento, mas pode também apresentar a cor amarela no estágio inicial de crescimento.

Neste caso, a análise temporal de várias imagens em diferentes períodos, poderia identificar que aquele amarelado inicial presente no milho tende a ficar vermelho na medida em que o tempo vai passando, caracterizando aquela região como uma cultura de milho e não de soja.

Enfim, o domínio desses conhecimentos, sobretudo agrícolas, pode eliminar esses equívocos trazendo maior confiabilidade ao produto final.

Após o mapeamento, foi realizada a quantificação da área total de soja mapeada nos municípios selecionados. Para esta parte do trabalho, foi utilizado o software ArcGIS, a fim de se chegar a um valor métrico total.

O resultado da quantificação da área mapeada foi comparado com os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, nos anos de 2008/09 e 2010/11. O IBGE é o órgão responsável pelo levantamento municipal da área total semeada de todo o país; estes dados estão disponíveis para análise, no site do referido instituto. A partir das técnicas acima descritas, obtiveram-se os seguintes resultados.

### 3. Resultados e discussão

Nestas duas temporadas (2008/09 e 2010/11), nota-se que na primeira ocorreram problemas quanto ao desenvolvimento da soja e, na segunda, houve alta produtividade. É importante destacar que no mapeamento realizado em todas as áreas foi possível identificar o cultivo de soja pela resposta espectral da mesma. De forma geral, todo o mapeamento executado ocorreu em regiões nas quais pode-se observar o aparecimento da cultura, independente se a área produziu a soja ou foi afetada por alguma adversidade, climática ou não, que compromettesse o desenvolvimento produtivo da cultura.

#### 3.1 Mapeamento da safra 2008/09

Na safra 2008/09, o mapeamento da soja só pode ser efetuado nas imagens do final de novembro até início de janeiro. Após esse período, percebeu-se que houve um considerável desaparecimento, sobretudo nas regiões onde ocorreu a semeadura. Este aspecto mostra que houve uma forte quebra de sua produção em função da forte estiagem que a região sofreu durante o início do período produtivo. Nas imagens, notou-se que boa parte da soja identificada no início da safra, deixou o campo muito antes do período programado para a colheita, fazendo com que a região apresentasse quebra de produção em função dessas adversidades climáticas. Neste caso, houve uma forte estiagem que ocasionou na quebra de produção em diversas áreas semeadas.

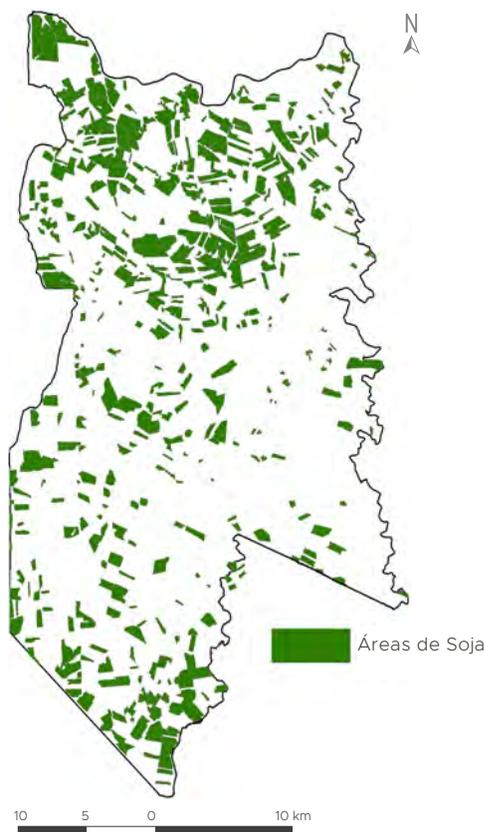
A **FIGURA 4** apresenta o resultado do mapeamento de soja na safra 2008/09, conforme a identificação da cultura nas imagens orbitais.

#### 3.2 Mapeamento da safra 2010/11

Já para a safra 2010/11, o mapeamento foi executado com mais facilidade, em decorrência de não haver grandes adversidades produtivas. Assim, o desenvolvimento da soja ocorreu de forma normal.

**FIGURA 4** Mapa de soja para a safra 2008/09 para o município de Assis Chateaubriand.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR



Todas as imagens do período de safra puderam ser utilizadas sem maiores problemas, com exceção de algumas, que apresentaram forte volume de nuvens.

O mapeamento da safra 2010/11 pode ser observado na **FIGURA 5**, onde nota-se visualmente que ocorreu o aumento da área mapeada, em relação a figura anterior.

### 3.3 Cálculo da área mapeada e comparação com os dados oficiais

A seguir serão apresentados os valores totais de área mapeada e a comparação com os dados oficiais, para as duas safras mapeadas.

#### 3.3.1 Área da safra 2008/09

Para a safra 2008/09, Assis Chateaubriand teve uma área total de 21,53 mil hectares com cobertura de soja. Comparando os dados obtidos com os números do IBGE, nota-se que não houve muita similaridade entre os resultados. Como já citado, nesta safra houve problemas de produtividade, em função de adversidades climáticas, interferindo na resposta espectral da planta. Este fato dificultou o mapeamento da soja comprometendo o seu resultado final.

Na **TABELA 2** estão os dados de área plantada e colhida referente a safra 2008/09, das regiões mapeadas e os dados do IBGE, respectivamente.

**FIGURA 5** Mapa de soja para a safra 2010/11 para o município de Assis Chateaubriand.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

**TABELA 2** Área total mapeada e área total calculada pelo IBGE na safra 2008/09 em mil hectares

| Município           | Área total Mapeada | Área Plantada - IBGE | Área Colhida - IBGE |
|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Assis Chateaubriand | 21,53              | 68,90                | 68,90               |

FONTE: DADOS DA PESQUISA E IBGE (2009)

Comparando o total da área mapeada deste trabalho com as áreas calculadas pelo IBGE para o período de 2008/09, averiguou-se que existe grande diferença entre os números. Este fato ocorre em função de não ser possível identificar a soja no momento que ela foi semeada, e sim durante seu estágio produtivo, ou seja, quando a planta está desenvolvida o suficiente para que

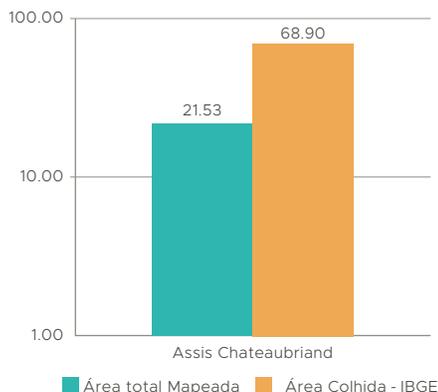
sua resposta espectral possa ser identificada pelas imagens orbitais.

A seguir, na **FIGURA 6**, a comparação é feita entre os dados desta pesquisa, com os de área de soja colhida pelo IBGE na safra 2008/09.

Em Assis Chateaubriand, neste período, a diferença ocorre provavelmente devido ao fato de que este município apresentou maiores proble-

**FIGURA 6** Comparação da área mapeada com a área colhida calculada pelo IBGE, em mil hectares 2008/09.

FONTE: DADOS DA PESQUISA E IBGE (2009)



mas para a execução do mapeamento. Algumas dificuldades de visualização da soja nas imagens orbitais foram encontradas, decorrente dos problemas produtivos devido à forte estiagem que foi observada naquele ano, os quais acabaram por modificar o desenvolvimento da planta e interferir nas características espectrais da oleaginosa. Também pode-se identificar problemas quanto a disponibilidade de imagens para o mapeamento deste município, principalmente pela intensa cobertura de nuvens.

### 3.3.2 Área da safra 2010/11

Na safra 2010/11, o total mapeado foi de 75,85 mil hectares no município de Assis Chateaubriand. Diferente da análise anterior, esta safra pôde ser mapeada com mais facilidade, uma vez que, não foram identificados grandes problemas no desenvolvimento produtivo da soja e na disponibilidade

de imagens orbitais. Além disso, houve um natural incremento da área semeada em função da maior atratividade econômica da cultura. Desta forma foi possível explicar o considerável aumento do volume mapeado em relação à safra 2008/09.

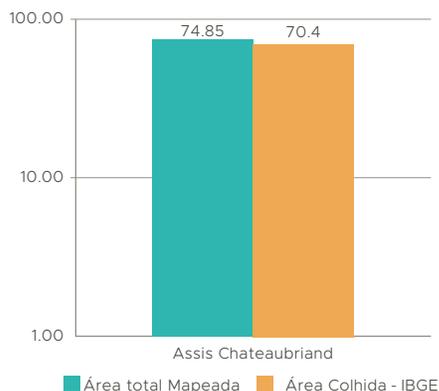
Na **TABELA 3** estão os dados das áreas mapeadas e os dados de área plantada e colhida do IBGE, estimados para a safra 2010/11.

Ponderando os dados estimados para o IBGE na safra de 2010/11 e o produto do mapeamento para esta safra, maior semelhança entre os valores foi observada. Pode-se então afirmar que, quanto melhor as condições produtivas da soja nas lavouras, maior é a aproximação dos dados mapeados com os dados de área plantada do IBGE.

De acordo com a **FIGURA 7**, a diferença dos resultados obtidos com a pesquisa realizada foi bem menor. Os dados obtidos com o mapeamento e a área colhida conforme os dados estimados do IBGE para a temporada 2010/11 serão mostrados a seguir.

**FIGURA 7** Comparação da área mapeada com a estimativa de área plantada pelo IBGE, em mil hectares 2010/11.

FONTE: DADOS DA PESQUISA E IBGE (2011)



**TABELA 3** Área total mapeada e estimativa de área total do IBGE na safra 2010/11 em mil hectares

| Município           | Área total Mapeada | Área Plantada - IBGE | Área Colhida - IBGE |
|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Assis Chateaubriand | 74,85              | 70,40                | 70,40               |

FONTE: DADOS DA PESQUISA E IBGE (2011)

#### 4. Considerações finais

Conforme apresentado no decorrer deste trabalho, o uso das geotecnologias e seus aspectos multiespectrais e multitemporais, somado aos conhecimentos da área de estudo e das características físicas e agrônômicas da região, permitiram que o mapeamento e a quantificação da soja no município selecionado fossem executados.

Esta metodologia conseguiu obter um valor de área de soja produzida relativamente próxima aos números divulgados pelos órgãos oficiais (IBGE), principalmente na safra 2010/11, quando a produtividade atingiu altos níveis. Diante do exposto, pode-se afirmar que esta metodologia é uma opção plenamente viável para a contabilização dos dados de área produzida de soja, não apenas em escala municipal, mas também em escala estadual e até federal.

De acordo com as análises realizadas, foi possível constatar que para a execução deste trabalho não são necessários grandes investimentos financeiros, uma vez que a principal matéria prima de dados - que são as imagens *Landsat* - pode ser obtida gratuitamente pelo INPE. Ademais, o tempo de execução do mapeamento e da quantificação das áreas pode ser bem menor que os atuais métodos utilizados pelo IBGE e demais entidades oficiais responsáveis pela quantificação de áreas agrícolas no país. No caso do IBGE, por exemplo, a publicação dos dados de área plantada e colhida por município, leva em torno de um ano para ser disponibilizada no site. Desta forma, a implementação desta

metodologia poderia fazer com que estes dados fossem divulgados com maior agilidade.

Por outro lado, esta metodologia também mostrou alguns problemas na execução do mapeamento. O principal deles foi a intensa cobertura de nuvens nas imagens orbitais, em determinadas épocas do ano, além da dificuldade de se identificar a cultura agrícola em safras onde ocorreram problemas de desenvolvimento da cultura, como o ocorrido na safra 2008/09. Neste caso, deve-se recorrer a outras imagens orbitais com diferentes resoluções temporais e espectrais a fim de atenuar estes problemas.

Contudo, o intuito deste trabalho não foi impor uma substituição à metodologia oficial de quantificação de área agrícola, mas sim apresentar alternativas metodológicas, compostas de novos caminhos que aumentam a rapidez e eficiência da contabilização destes dados, mantendo um custo reduzido de implementação.

Considerações que faz deste trabalho apresentar uma metodologia alternativa e complementar, em relação às usadas atualmente pelos órgãos oficiais. Também é interessante buscar novas implementações de outras variáveis que complementassem esta metodologia, a fim de trazer novas aplicações, somadas a tudo o que apresentado neste trabalho. Como, por exemplo, a estimativa de produtividade agrícola de soja por hectare plantado em cada região produtiva do país e demais aplicações.

#### 5. Referências citadas

- ALVES, L. R. A. 2011. *Cadeia agroindustrial e formação de preços de soja*. Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas. Piracicaba, Brasil.
- BHATTACHARYA, C. G. 1967. "A simple method of resolution of a distribution in to Gaussian components". *Biometrics*, 23: 115-85.
- BERKA, L. M. S. W. e B. F. T. RUDORF. 2003. "Estimativa de área plantada com soja através de imagens *Landsat* em municípios do norte do Paraná". *Anais do XI SBSR*, Belo Horizonte (MG), Brasil.

- CAMARA, G; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M. & J. C. P. GARRIDO. 1996. "Spring: Integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modelling". *Computers and Graphics* 15(6): 13-22.
- DEBIASE, P; SOUZA, S. F.; MITISHITA, E. A. e S. B. A. ROLIM. 2007. Correções e avaliações geométricas de imagens CCD-CBERS 2. *II Seminário Anual de Pesquisas em Geodésia na UFRGS*. Porto Alegre, Brasil.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 2003. *Tecnologias de produção de soja – Região centro-sul do Brasil*. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br>. [Consulta: outubro, 2011].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2009. *Levantamento Sistemático da produção agrícola em 2009*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. [Consulta: setembro, 2015].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2011. *Levantamento Sistemático da produção agrícola em 2011*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. [Consulta: setembro, 2015].
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 1995. *Introdução ao Sistema de Informações Geográficas – SGI. Imagem Geossistema*. São José dos Campos, Brasil.
- LOPES, G. O.; RIBEIRO, C. F. D. A. e W. B. SILVA. 2009. "Mapeamento das fitofisionomias de cerrado da Reserva Biológica da Contagem, DF, por meio de sensoriamento remoto". *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE*. 2.801-2.807. Natal, Brasil.
- MOREIRA, M. A.; AULICINO, L. C. M.; SHIMABUKURO, Y. E; DUARTE, V.; RUDORFF, B. F. T.; YI, J. L. R. e I. M. SOUZA. 1998. "Modelo de mistura espectral para identificar e mapear área de soja e milho em quatro municípios do estado de Minas Gerais". *Anais do IX Anais do XI SBSR, INPE*. 53-57. Santos, Brasil.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). 2010. Disponível em: <http://www.nasa.gov/centers/goddard/home/index.html>. [Consulta: setembro, 2010].
- OZAKI, V. A.; CAMPOS, R. C.; POLO, L.; CASTRO, H. G. P. e M. RIZATO. 2011. *Geotecnologias e suas aplicações no agronegócio. 49 Congresso da SOBER*. Belo Horizonte, Brasil.
- RIZATO, M. 2015. *O cultivo da soja no oeste do estado do Paraná: contribuição metodológica para a análise espaço-temporal*. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, Brasil. Dissertação de Mestrado em Geografia.
- RIZZI, R. 2004. *Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: Estudo de caso no Rio Grande do Sul*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, Brasil. Tese de Doutorado em Sensoriamento Remoto.
- ROSA, R. 1995. *Introdução ao sensoriamento remoto*. EDUFU-1995 / URGs-United States Geological Survey. Landsat Project. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/>. [Consulta: setembro, 2010].
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2010. *Landsat data continuity mission*. Department of the Interior. Geological Survey. 2012-3066. USA.