



Fonte: USGS (2015a).

Sensoriamento Remoto Aplicado na Identificação do Polo Produtor de Milho em Sergipe

Márcia Helena Galina Dompieri¹
Lauro Rodrigues Nogueira Júnior²
Marcos Aurélio Santos da Silva³
Manuel Alberto Gutierrez Cuenca⁴
Julio Roberto Araujo de Amorim⁵

Os avanços em pesquisa e tecnologia têm permitido, ao longo das últimas décadas, grande crescimento da produtividade e rentabilidade no campo. A produção nacional do milho passou de 21 milhões de toneladas, na safra 1990/91, para cerca de 80 milhões de toneladas na safra 2013/2014 (IBGE, 2016), correspondendo a quase 13% do valor bruto da produção agrícola nacional. Atualmente, o País ocupa a posição de terceiro maior produtor de milho no cenário internacional (FAO, 2016).

Os progressos na área da agricultura de precisão, em particular na área do sensoriamento remoto, têm auxiliado tanto na obtenção de informações na escala local dos cultivos agrícolas, tais como: estimativa de área plantada, produção agrícola, vigor vegetativo das culturas, quanto na geração de subsídios para o manejo agrícola e o planejamento sustentável do uso do solo, nas várias escalas de análise, desde talhões, parcelas até bacias hidrográficas, municípios, estados ou regiões.

O objetivo deste comunicado técnico é a apresentação de uma metodologia para tratamento de imagens orbitais de média resolução espacial, na área do polo produtor de milho, localizado no Sertão

Ocidental do Estado de Sergipe, com destaque ao processo de classificação “orientado a objeto” na geração das classes temáticas.

Planejamento e seleção dos dados

Os dados digitais advindos dos sensores remotos são normalmente armazenados como uma matriz de números. Cada valor digital está localizado em linhas (i) e colunas (j), cujo conteúdo é o valor do pixel, elemento não divisível da cena bidimensional de uma imagem digital. Cada pixel, na posição i,j possui um valor de brilho associado, conhecido como número digital (DN). O conjunto de dados pode ser composto por n bandas ou canais individuais (k) corrigidos, resultantes de um imageamento multiespectral ou hiperespectral. São os chamados dados matriciais (JENSEN, 2009; LIU; MASON, 2009).

Torna-se necessário o entendimento dos termos “resolução espacial”, “resolução temporal” e “resolução radiométrica” na fase de planejamento de projetos envolvendo a área de Sensoriamento Remoto. A resolução espacial está relacionada com a geometria ou campo de visada instantânea

¹Geógrafa, doutora em Organização do Espaço, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

²Engenheiro-agrônomo, doutor em Recursos Florestais, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

³Analista de Sistemas, mestre em Computação Aplicada, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

⁴Economista, mestre em Economia Agrícola, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

⁵Engenheiro-agrônomo, mestre em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

(Instantaneous Field Of View - IFOV) do sensor e também com as propriedades óticas do alvo. No primeiro caso, trata-se da capacidade de distinção de uma área no terreno pelo sensor, numa dada altitude e instante de tempo, a qual pode ser medida em relação ao ângulo de incidência ou à distância no terreno. Quanto à propriedade ótica das feições na superfície da Terra, a resolução espacial é definida pela difusão do ponto de radiação. A resolução temporal indica o intervalo de tempo, comumente em dias, para a revisita de um satélite a determinada área de interesse e, por fim, a resolução radiométrica refere-se à capacidade do sensor em discriminar alvos com pequenas diferenças de radiação refletida e/ou emitida; ela é dada em bits e reflete os níveis de cinza ou número digital do pixel (MOREIRA, 2001).

A escolha das cenas também deve considerar as interferências atmosféricas, uma vez que a radiação eletromagnética interage com as moléculas dos constituintes gasosos e com o material particulado suspenso na atmosfera, interferindo na intensidade do fluxo radiante, na distribuição espectral e na direção dos raios incidentes, tanto na trajetória descendente quanto ascendente da radiação refletida e emitida da superfície terrestre para o sensor. Daí os efeitos de espalhamento (Rayleigh, Mie e Não-Seletivo) e de absorção da radiação (MENESES; ALMEIDA, 2012).

No caso de projetos que envolvem o monitoramento de culturas temporárias, deve ser levado em consideração, na escolha da data da imagem, o estágio fenológico da cultura, pois cada fase refletirá diferentes respostas espectrais. Nesse contexto, será o regime de chuvas da região que determinará a época do plantio, o desenvolvimento da planta e a época da colheita.

A dimensão da área de cultivo e o objetivo do estudo (estimativas de área/produção, monitoramento, planejamento, delimitação etc.) determinarão a escala de análise adequada e a resolução espacial do produto orbital.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, cenas orbitais de média resolução espacial se mostraram adequadas, uma vez que se trata da análise na escala regional. A consideração da cobertura de nuvens abaixo de 5% foi condição primordial para a seleção das cenas produzidas a partir do sensor a bordo do satélite Landsat 8 - *Operational Land Imager* (OLI), que disponibiliza imagens com

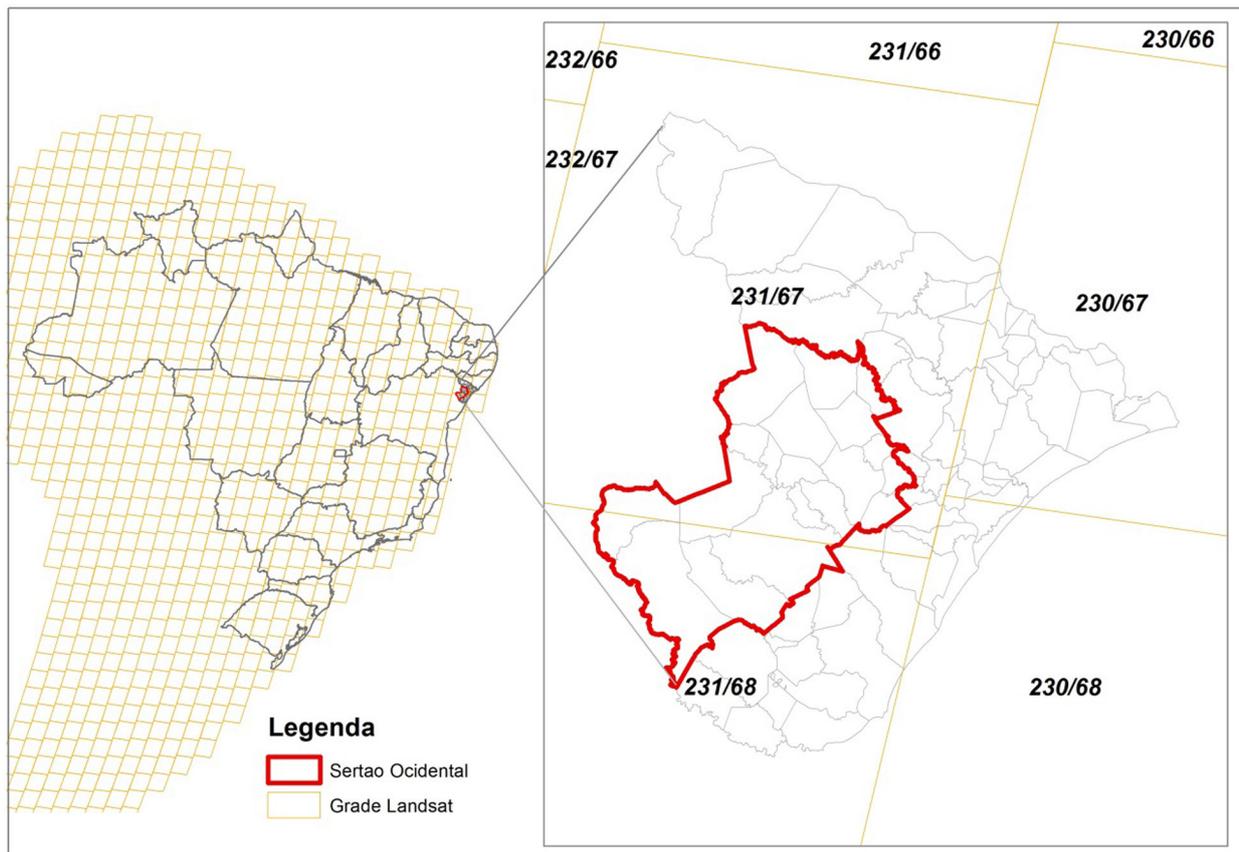
resolução radiométrica de 16 bits, possui 11 canais de operação, dos quais 7 foram utilizados no presente trabalho e baixados a partir da instituição norte-americana *United States Geological Survey* (USGS, 2015b) (Tabela 1).

Tabela 1. Bandas espectrais do Landsat 8 - *Operational Land Imager* (OLI), utilizadas no trabalho.

Bandas	Comprimento de onda (micrômetros)	Resolução (m)
Banda 2 – Blue	0,45 - 0,51	30,0
Banda 3 – Green	0,53 - 0,59	30,0
Banda 4 – Red	0,64 - 0,67	30,0
Banda 5 - Near Infrared (NIR)	0,85 - 0,88	30,0
Banda 6 - SWIR 1	1,57 - 1,65	30,0
Banda 7 - SWIR 2	2,11 - 2,29	30,0
Banda 8 – Panchromatic	0,50 - 0,68	15,0

Fonte: USGS (2015b).

Na Figura 1, encontra-se delimitada a área de estudo, inserida na grade das imagens orbitais do satélite Landsat 8, que corresponde às cenas 231/67 e 231/68, ambas datadas de 14 de novembro de 2015, período sazonal em que a produção do milho no Nordeste já se encontra colhida ou em processo de colheita, portanto com geração de menor fonte de confusão entre assinaturas espectrais com culturas perenes e temporárias.



Mapa: Márcia Helena Galina Dompierre

Figura 1. Localização da área de estudo e indicação da inserção das cenas orbitais correspondentes dentro da grade Landsat8/OLI.

Adicionalmente, foram utilizadas cenas orbitais de radar geradas a partir da Missão Topográfica Radar Shuttle (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM), obtidas a partir da base de dados da Embrapa Monitoramento por Satélite (MIRANDA, 2005), com o objetivo de proceder com o cálculo da declividade (graus) da área. Cenas de imagens de radar, geradas a partir do sensor ativo TerraSAR-X (ScanSAR), polarização simples, com aproximadamente 18 m de resolução espacial também foram utilizadas para fins de fusão dos canais R7G5B4 da imagem óptica (30 m) para fins de interpretação visual complementar sobre a topografia da área de estudo.

Nesta fase é importante uma avaliação dos softwares disponíveis para a execução dos procedimentos. No nosso caso, foram empregados softwares proprietários de geoprocessamento, licenciados para Embrapa Tabuleiros Costeiros, especialistas em operações vetoriais (ArcGis 10.2), cálculos matriciais, de tratamento de imagens pixel a pixel (ENVI 5.3), e também no processamento orientado a objetos (eCognition 9.0).

Softwares proprietários especialistas podem ser extremamente onerosos para projetos dessa natureza, mas felizmente, os softwares sem ônus e de código aberto vêm apresentando grande evolução nas funções e aprimoramento na usabilidade, portabilidade e segurança no processamento dos dados georreferenciados, tanto em operações matriciais quanto vetoriais.

Pré-processamento

A etapa do pré-processamento das cenas se referem ao conjunto de operações digitais que permitem a preparação dos dados para o processo de classificação. Na maioria dos casos, a aplicação de correções geométrica, radiométrica e atmosférica, além da ortorretificação se tornam necessárias em função das características das cenas e/ou das condições fisiográficas da área de estudo.

A correção geométrica é obtida a partir de técnicas de amostragem (polinomial, transformação afin, triangulação etc.) de pixels em relação a determinado sistema de projeção cartográfico. É possível realizar esse procedimento a partir de pontos de controle ou de uma imagem para outra.

Correções radiométricas minimizam problemas relacionados à calibração de detectores, em função da não-linearidade da resposta à radiância da cena, além de removerem ruídos e a correção atmosférica tende a minimizar os efeitos atmosféricos na radiância da cena.

O processo de ortorretificação tem como objetivo corrigir efeito de distorção da perspectiva e de influências altimétricas (vales, topos) a fim de garantir medidas de distâncias, áreas e ângulos; é realizado a partir de Modelo Digital de Elevação, de parâmetros orbitais, fornecidos pela estação com a imagem bruta, e de pontos de controle. Tais procedimentos são operações estatísticas que modificam os dados originais e quando

indevidamente aplicados podem degradar os dados das matrizes originais e comprometer o produto final.

No trabalho em questão, realizou-se o mosaico das cenas necessárias para cobrir a área de interesse seguida do recorte da matriz de interesse com base no vetor que delimita a área (Figura 2). Em seguida, aplicou-se a correção geométrica, por meio da transformação polinomial de primeiro grau, utilizando a interpolação por vizinho mais próximo, com pontos de controle distribuídos por toda a matriz, tendo como base para a transformação o referencial cartográfico do Projeto Geocover da Nasa convertido para o Hemisfério Sul.

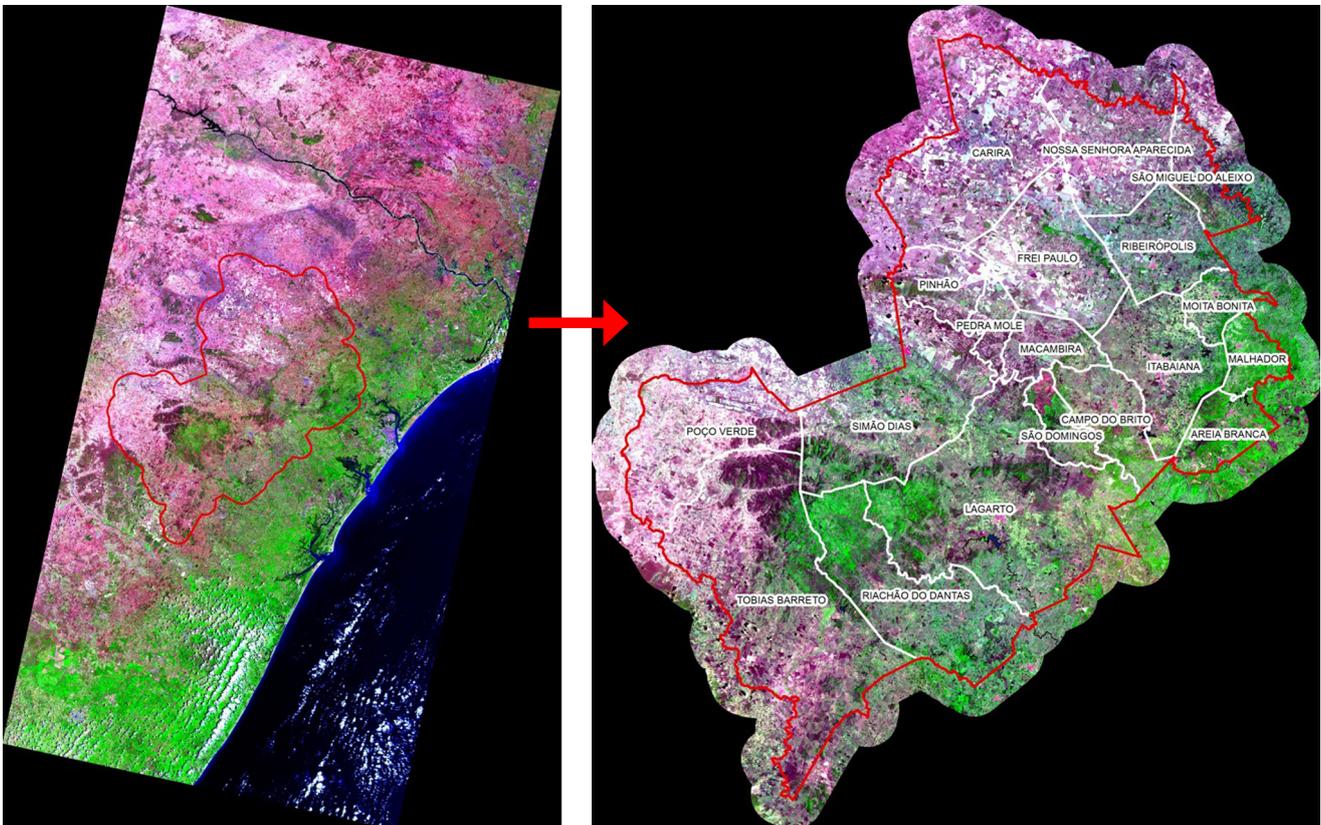


Figura 2. Esquema do recorte das cenas orbitais Landsat8/OLI, para a área do Sertão Ocidental do Estado de Sergipe.

Aplicou-se a correção atmosférica com o intuito de se reduzir os efeitos de espalhamento atmosférico por meio da técnica Dark Subtraction, que é um método bem aceito e consiste na análise do histograma individual de cada banda da imagem, permitindo a identificação e subtração do valor adicional de brilho (MENESES et al., 2012). No entanto, o efeito de nuvens não pode ser removido da matriz e pode ser tornar um fator impeditivo para projetos que utilizam imagens óticas.

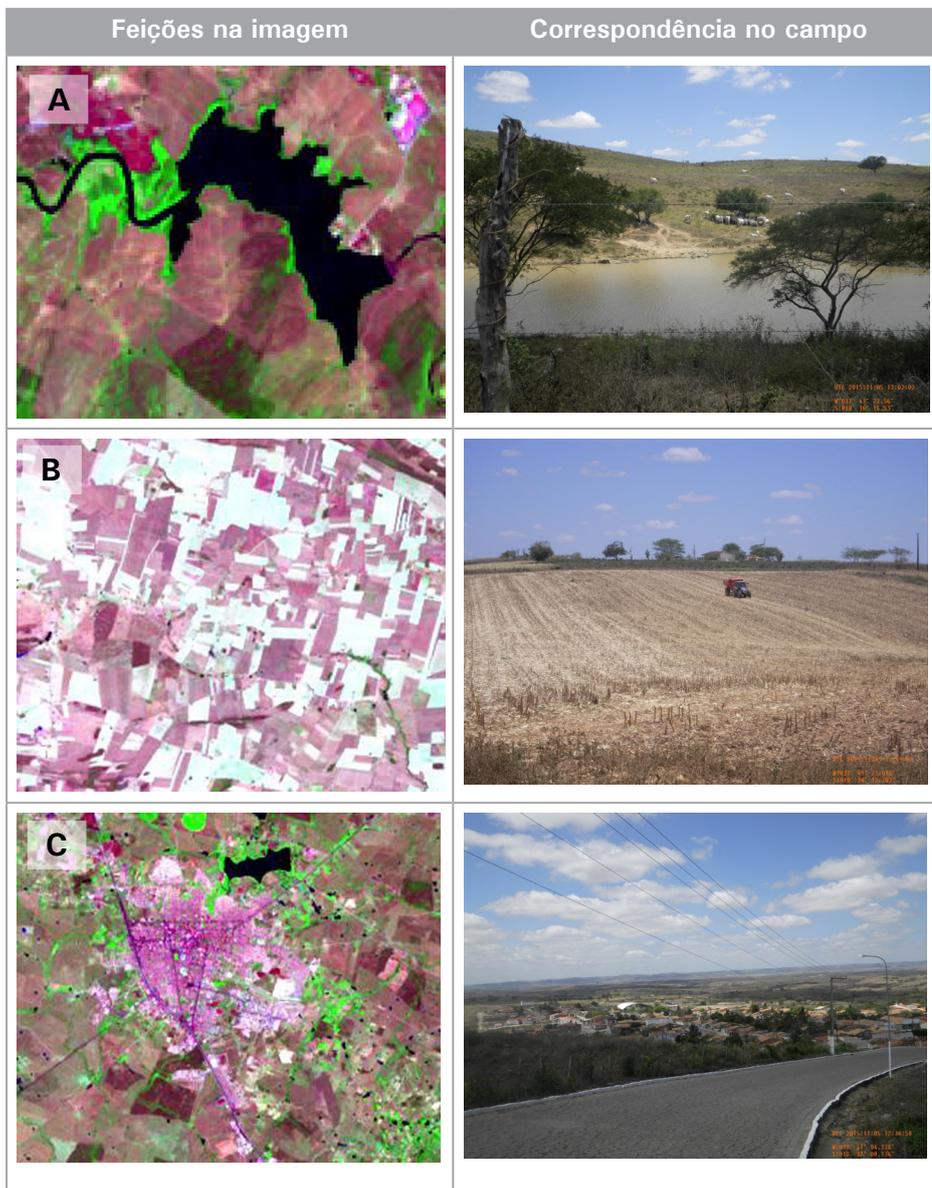
Classificação

O objetivo principal da classificação de imagens advindas do sensoriamento remoto é a identificação de feições de interesse na superfície da terra e isso ocorre por meio da identificação do comportamento diferenciado da reflectância dos seus materiais constituintes ao longo do espectro eletromagnético. O desenvolvimento de algoritmos para aumentar a acurácia da classificação de imagens, nas várias

áreas da ciência, tem apresentado um grande avanço em função de pesquisas relacionadas ao reconhecimento de padrões, estruturadas principalmente pela matemática, estatística e computação científica.

Os pixels das imagens podem ser classificados por meio de propriedades da estatística multivariada, como a classificação multiespectral, ou ainda por meio do processo de segmentação, que se baseia tanto em métodos estatísticos quanto na condição de vizinhança entre os pixels (LIU; MASON, 2009). No primeiro caso, costuma-se designar de classificação "pixel-a-pixel" e no segundo, classificação "orientada a objeto", em ambos os processos adotam-se técnicas supervisionada, não-supervisionada e/ou mista.

A metodologia de classificação proposta neste trabalho propõe tanto a utilização da técnica "pixel a pixel" (não supervisionada e supervisionada) quanto orientada a objetos (Object-based Image Analysis - OBIA), para fins de comparação. Antes do detalhamento dos procedimentos adotados, seguem ilustradas na Figura 2 algumas feições selecionadas nas imagens orbitais com exemplos de correspondência no campo, a partir de registros fotográficos coletados a em trabalhos de campos realizados ao longo da execução do projeto, com auxílio da máquina fotográfica Ricoh Caplio 500SE, dotada de receptor global de posicionamento por satélite (GPS).



Fotos: Márcia Helena Galino Dompieri

Continua...

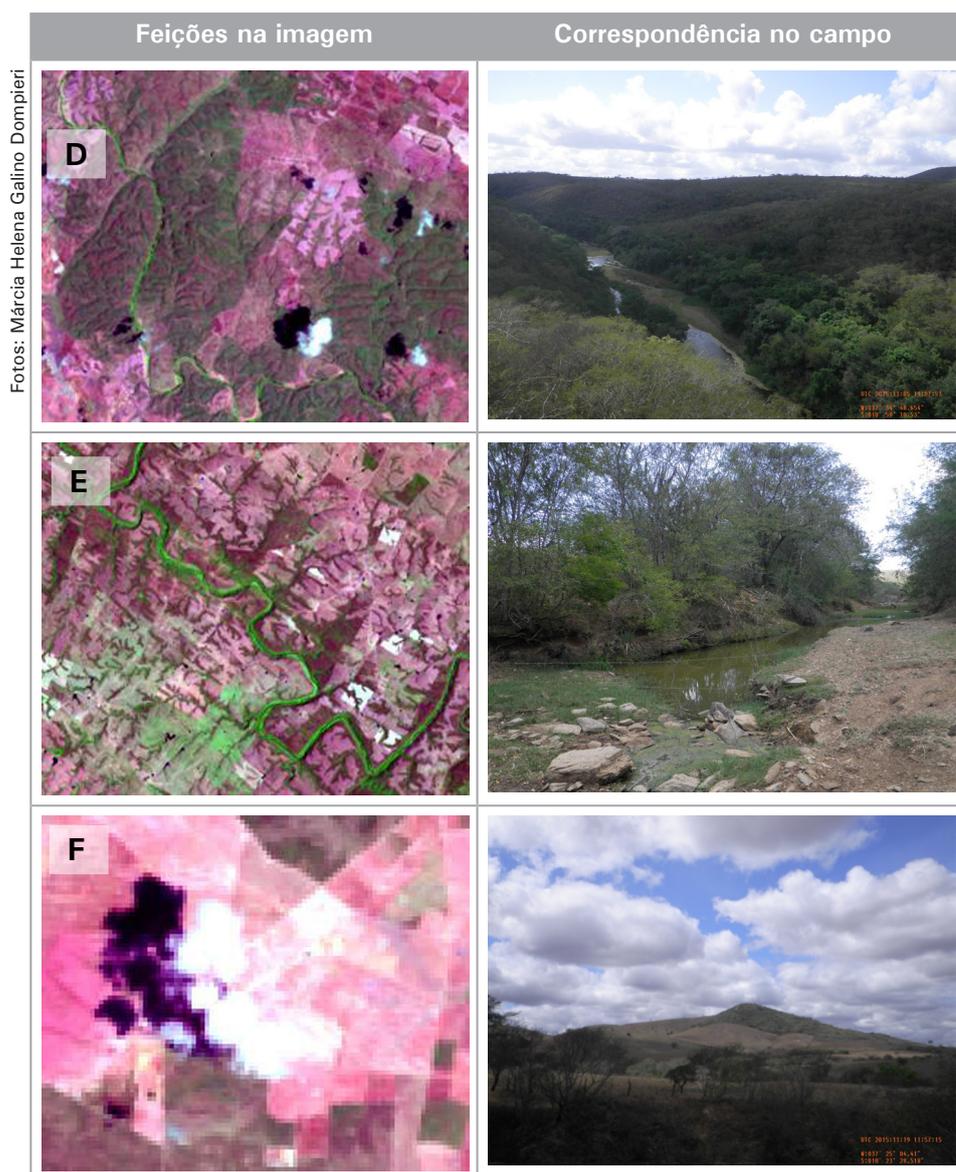


Figura 2. Amostras de feições nas cenas da área de estudo e registros fotográficos registrados da área entre outubro e novembro de 2015.

Processamento “pixel-a-pixel”

Classificações a partir do paradigma “pixel-a-pixel” dividem-se basicamente em classificação supervisionada e não-supervisionada. No caso da primeira, a técnica se baseia em amostras representativas de diferentes feições no campo, portanto é controlada pelo analista. (RICHARDS, 1999; JENSEN, 2009). Utilizou-se neste trabalho a técnica não linear denominada “redes neurais”, cujo processamento se assemelha à arquitetura de processadores simples e produzem resultados satisfatórios para uma variedade de aplicações. Na classificação por redes neurais, foi empregado o algoritmo “feed-forward”, no qual cada camada se

conecta à próxima sem a opção de volta. Para o treinamento da rede, o método utiliza o algoritmo “backpropagation”, que exige que a função de ativação necessariamente possua a primeira derivada. Dependendo do tamanho da cena, há grande custo de processamento, como foi o que ocorreu nesse trabalho.

Antes de proceder com a coleta das amostras, o processamento de uma classificação não-supervisionada auxilia no reconhecimento das feições espectrais da área e portanto pode gerar subsídios para classificações supervisionadas. O resultado dessa classificação é dado na forma de clusters que devem ser associados às classes

temáticas correspondentes no campo.

Uma das técnicas de classificação não supervisionada de imagens empregadas neste trabalho foi o algoritmo Isodata (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm). Segundo Ball e Hall (1965), este algoritmo consiste na aglomeração dos pixels na forma de clusters, ajustando-os automaticamente, em função das iterações. Liu e Mason (2009) chamam atenção para o evento da geração de um número excessivo de clusters, além da possibilidade da associação errônea de pixels. Para contornar esse problema, os autores recomendam a aplicação da transformação por componentes principais (PCA), que consiste na produção de novos conjuntos de dados não correlacionados, a fim de segregar ruídos e reduzir a dimensionalidade dos dados; um novo eixo ortogonal é definido e os dados rotacionados com origem na média, o que faz com que a variância seja maximizada.

A primeira banda gerada irá conter a maior percentagem da variância, a qual vai decrescendo até o último conjunto de dados (RICHARDS, 1999). As três primeiras componentes principais no processo de classificação não supervisionada pelo método Isodata geram resultados satisfatórios para o reconhecimento inicial da área a partir dos produtos gerados pelo sensor OLI, no nosso caso, os resultados mostraram que elas concentram de 95-98% da informação.

Em resumo, nessa etapa de processamento “pixel-a-pixel”, procedeu-se com o cálculo das três primeiras componentes principais (PCA), com a classificação não-supervisionada (Isodata) e por fim, com a classificação supervisionada (Redes Neurais - feed-forward/backpropagation).

Processamento “orientado a objeto”

A classificação orientada a objeto parte do princípio de que a informação semântica e as características necessárias para a interpretação de uma imagem não está presente no pixel, mas sim nos seus agrupamentos - os objetos - e nas relações existentes entre eles. Tais objetos são originados a partir do processo de segmentação, procedimento que permite criar níveis de objetos baseados na informação da camada e refinar aqueles já existentes. Pelo fato deles estarem organizados em rede, existe o contexto topológico - compartilham

da mesma borda, logo as informações de contexto (vizinhança), dos super-objetos e dos sub-objetos estão conectadas (TRIMBLE, 2014).

Os objetos de interesse podem ser heterogêneos, variáveis com ruído ou ainda não estruturados, portanto, em função das características do sensor e do local da investigação, as regras de classificação são construídas por meio de metodologia definida pelo especialista.

No presente trabalho optou-se pelo emprego do algoritmo de segmentação multiresolução, disponível no software eCognition v. 9, que minimiza localmente a média de heterogeneidade dos objetos da imagem e permite a criação de níveis com escalas diferenciadas.

Depois de vários testes de segmentação, os parâmetros definidos quanto à escala, ao peso das camadas, à forma e à compacidade foram:

- **Escala:** este parâmetro determina a heterogeneidade máxima permitida para os objetos da imagem. Adotou-se escala = 30;

- **Peso das camadas:** quanto maior o peso atribuído a uma camada, maior sua importância ao processo de segmentação; o valor 1 para o peso da camada indica que a informação da banda será computada, para o contrário se aplica para o valor 0. A escala define o tamanho do objeto de acordo com a informação espectral disponível em cada banda. Os pesos definidos para as camadas no estudo foram: $B_1 = 0, B_2 = 1, B_3 = 1, B_4 = 1, B_5 = 1, B_6 = 1, B_7 = 1$;

- **Homogeneidade:** para a definição da homogeneidade do objeto, considera-se a forma e a compacidade, , no presente caso temos: forma = 0,1 e compacidade = 0,5;

Depois de criados os objetos portadores de informações, o próximo passo é a implementação do algoritmo de classificação. Há duas técnicas que podem ser utilizadas pelo eCognition:

- Técnica do vizinho mais próximo (Nearest Neighbor);

- Técnica de função de pertinência (Membership Function).

No caso da primeira, existe o processo de seleção de objetos típicos como amostras representativas e na outra há a inclusão de conceitos e

conhecimentos para a definição de estratégias de classificação – por meio da descrição das classes, por exemplo. Pela experiência acumulada no desenvolvimento dessas regras, optou-se pela combinação de ambas as técnicas para montagem da estratégia de classificação. Na estruturação das classes dos diferentes níveis, houve tanto o emprego da lógica de hierarquia de grupos, com relações semânticas, quanto de hereditariedade.

Vale ressaltar que, em função do tamanho da cena e da configuração da máquina processadora, as fases de segmentação e classificação podem

ser dispendiosas em termos de tempo de processamento, como ocorreu com o presente trabalho.

Resultado da classificação

Na Figura 3A encontra-se o resultado do processamento da classificação com as respectivas classes, a partir da metodologia desenvolvida e na Figura 3B tem-se o resultado da fusão da imagem óptica (R7G5B4) com imagem de radar, para fins de comparação visual de uma composição sintética (RGB) da imagem orbital com a topografia da área.

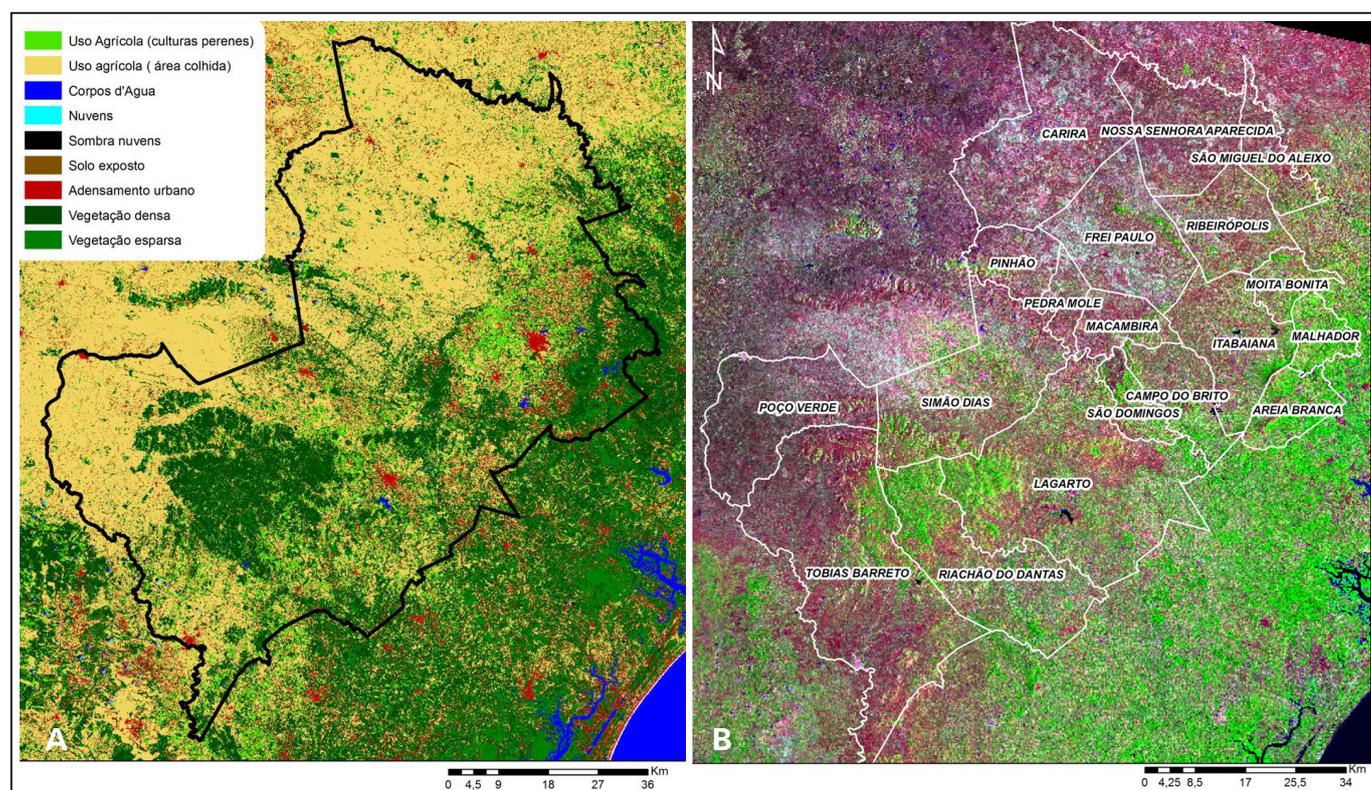


Figura 3. A) Resultado da classificação da orientada a onjeito na área de estudo. B) Resultado da fusão da imagem óptica (Landsat/OLI, 30 m - combinação R7G5B4) com imagem de radar (TerraSAR-x 18 m).

A ocupação predominante constatada na área de estudo, sobretudo do centro-oeste de Sergipe em direção ao Estado da Bahia, na categoria “uso agrícola” foi a (mono)cultura de milho. Tal prática foi sendo instalada em função de processo de substituição de outras culturas anteriormente praticadas na área, conforme resultados constatados por Cuenca et al. (2016), que indicaram absorção de quase 60 mil hectares pela lavoura do milho (efeito substituição) considerando os cultivos de feijão, fava e mandioca, na proporção de 78,9%, 14,2% e 6,9%, respectivamente. Os referidos autores, por meio de modelagem econométrica, analisaram dados de área colhida e da produtividade do milho, entre 1990 e 2014,

dos municípios responsáveis pelo maior montante de produção no Estado de Sergipe, inseridos majoritariamente no Território do Sertão Ocidental (Poço Verde, Simão Dias, Pinhão, Pedra Mole, Frei Paulo, Carira e Nossa Senhora Aparecida).

Os resultados do processamento indicaram também que a maior incidência do cultivo do milho ocorre nas áreas com menor declividade do relevo, de 0° até 10° (Figuras 4 e 5A), embora tenha sido constatada, nos trabalhos de campo, a presença de plantio “morro abaixo” em áreas de declividades acentuadas e sem a adoção das devidas práticas conservacionistas (plantio em curva de nível, terraceamento etc).

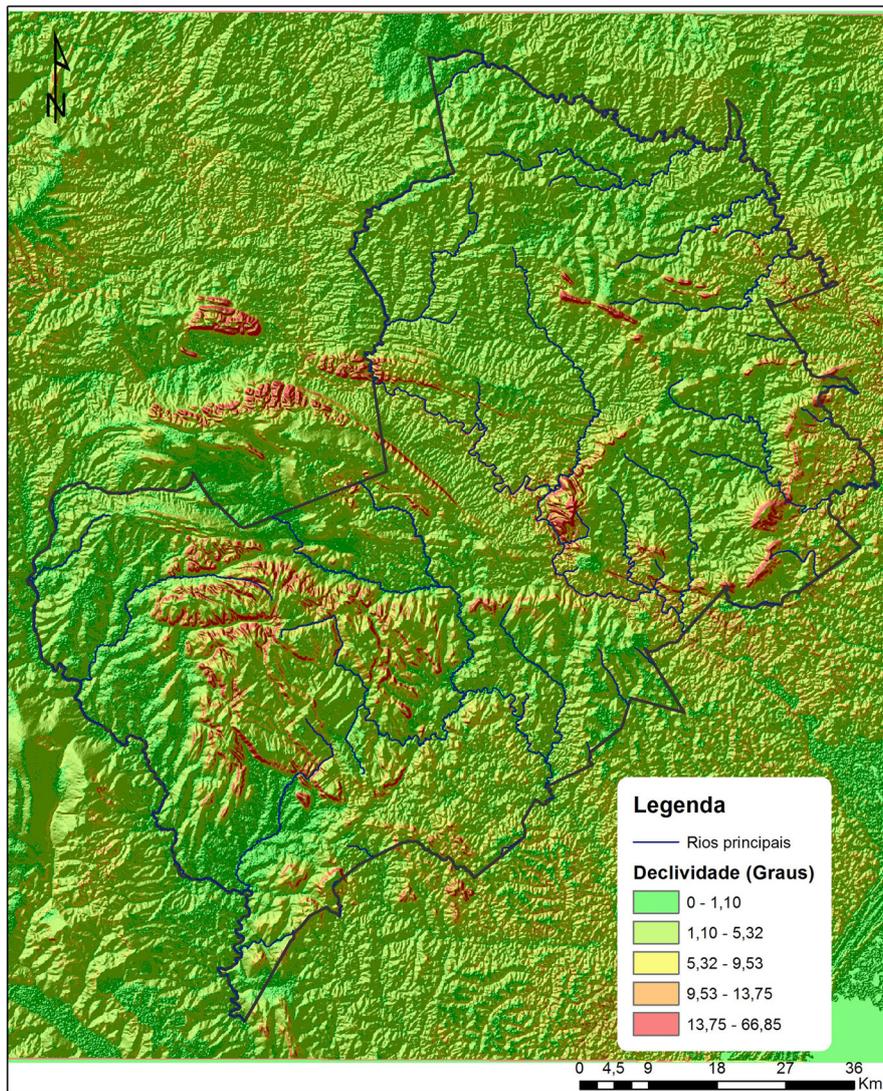


Figura 4. Mapa de declividade da área de estudo (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) e dos rios principais.

Contatou-se também a ausência de Áreas de Preservação Permanente (APP) ao redor de rios, riachos, córregos (Figura 5B), lagoas e nascentes, e de Áreas de Reserva Legal na quase totalidade das propriedades que praticam a monocultura do milho.

Os locais com maior incidência de vegetação nativa foram aqueles onde o relevo se mostrou realmente impeditivo para a prática agrícola e/ou nas áreas mais próximas da zona costeira do estado, em função dos aspectos fisiográficos, principalmente pedológicos.

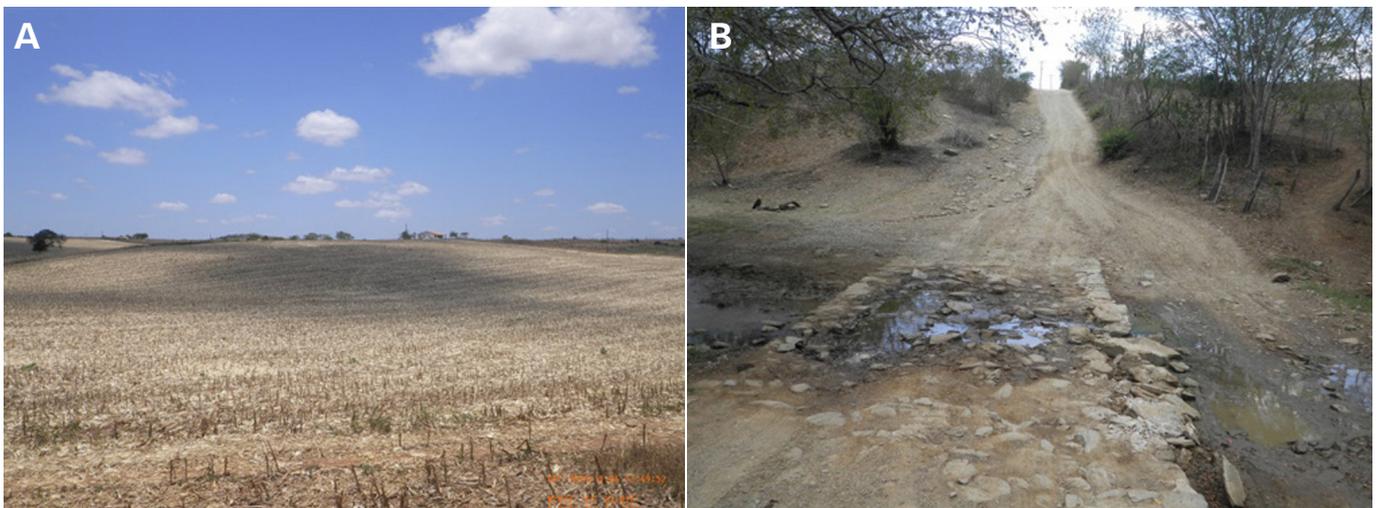
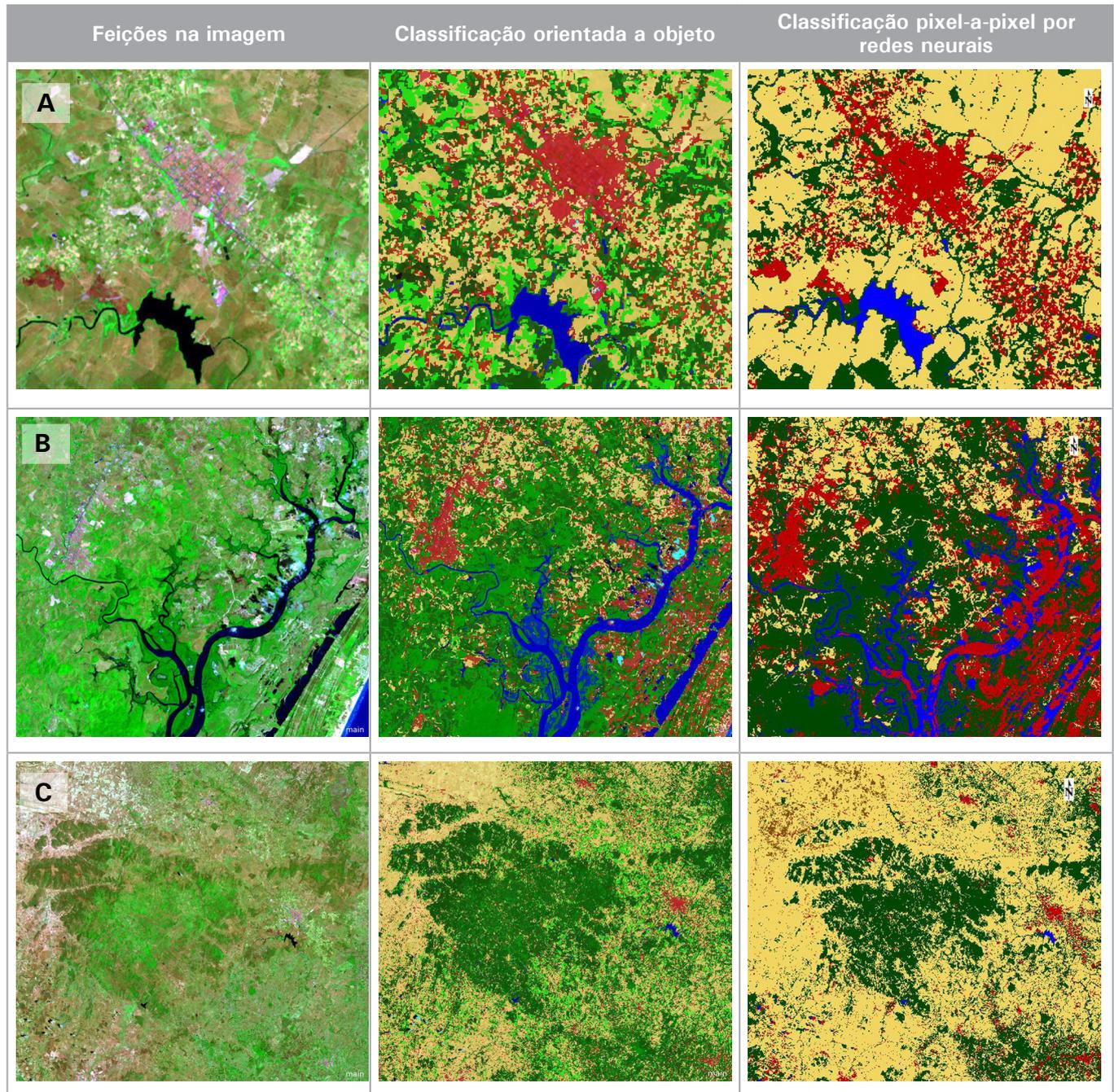


Figura 5. A) Área pós-colheita da safra 2015 de milho (novembro de 2015), com pouca variação altimétrica. B) Estrada cortando o fluxo de córrego em propriedade com monocultura do milho.

Na Figura 6, segue comparação, por meio de amostras de feições identificadas na imagem e de resultados da classificação para ambas as técnicas (pixel-a-pixel e orientada a objetos). Constatou-se maior incidência de confusão espectral na classificação pixel-a-pixel, como no caso da área urbana (Figuras 2A e 2B) e maior distinção de alvos na técnica orientada a objetos (Figuras 2B, 2C e 2E). A distinção da vegetação é de especial importância nessa área por conta da transição

entre a zona costeira úmida e o interior de clima seco, conhecida como agreste, onde predominam espécies vegetais nativas desde a mata atlântica até a caatinga. As nuvens, com alta reflectância, e suas respectivas sombras, baixa reflectância (Figura 2F) são comumente classificadas dentro das classes "área urbana" e "água", respectivamente. Porém, por meio da técnica orientada a objetos, essa confusão espectral foi minimizada.



Continua...

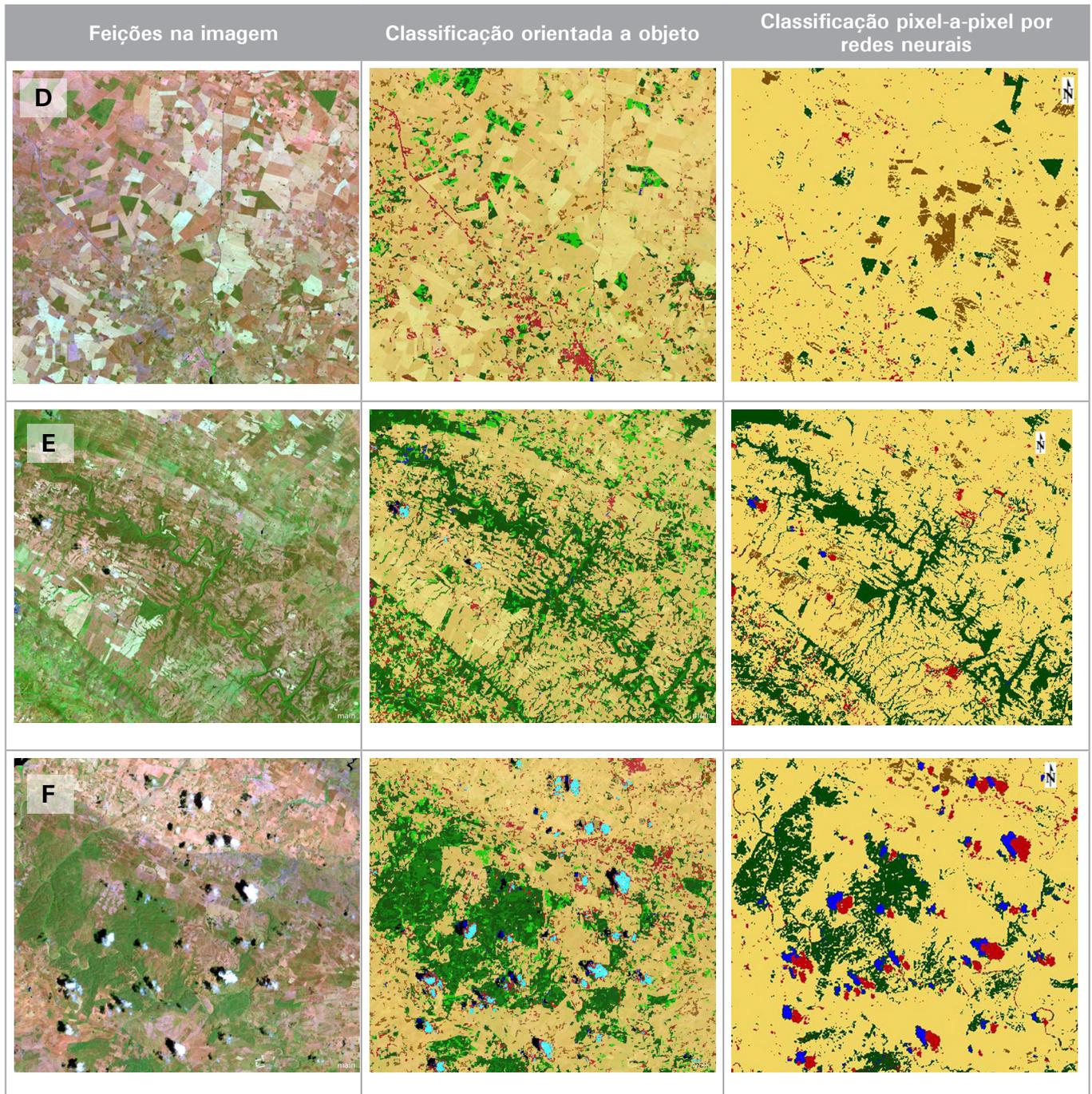


Figura 6. Feições na imagem e resultados das classificações.

Considerações finais

O presente trabalho permite registrar as seguintes recomendações quanto ao emprego de dados e técnicas de sensoriamento remoto na agricultura:

1) Fase de planejamento:

a. Seleção de dados adequados, considerando a resolução espacial, espectral e radiométrica das cenas orbitais, com a observância das interferências atmosféricas nos produtos óticos, em função da dimensão da área a ser mapeada, monitorada ou setorizada. Esse cuidado implica no enquadramento do produto dentro do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e na obediência às diretrizes e normas previstas no Sistema Cartográfico Nacional;

b. Observância da data da coleta da cena e da resolução temporal do sensor para fins monitoramento de culturas temporárias, considerando o estágio fenológico, uma vez que em cada estágio haverá diferentes respostas espectrais e também a necessidade de cenas disponíveis para todas as fases;

c. Levantamento da disponibilidade de softwares específicos com os algoritmos adequados para o processamento de dados vetoriais e matriciais, além da observância sobre a capacidade de processamento da máquina;

2) Fase de processamento dos dados:

a. Identificação dos algoritmos mais adequados em função das resoluções dos dados e da meta que deve ser atingida. Embora para a maioria das feições classificadas no presente trabalho, a técnica “orientada a objeto” tenha se mostrado mais eficaz na discriminação dos alvos, é necessário ressaltar que o método de redes neurais produz resultados bastante satisfatórios dentre as técnicas supervisionadas “pixel-a-pixel”.

b. Atenção ao processo de segmentação, que criará os objetos portadores de informação, no escopo da técnica de “orientação a objetos”, tem importância primordial no processo de classificação, pois dele dependerá a distinção correta das classes temáticas.

Por fim, a metodologia de classificação de imagens a partir do método “orientado a objetos” (Object-based Image Analysis - OBIA) apresentada para a identificação do polo produtor do milho no

estado de Sergipe, procurou contribuir tanto para investigações específicas na área do sensoriamento remoto como para geração de subsídios na formulação de políticas públicas quanto ao planejamento e ordenamento territorial da área de estudo.

Referências

- BALL, G. H.; HALL, D. J. **Isodata, a novel method of data analysis and pattern classification**. Menlo Park: Stanford Research Institute, 1965. 79 p.
- CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, M. H. G.; SANTOS, F. R. **Fontes de expansão e de substituição de cultivos na região produtora de milho, no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 29 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 120).
- FAO. **Faostat: food and agriculture data**. Rome, 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal. **Sistema IBGE de recuperação automática**. [Rio de Janeiro, 2016]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 ago. 2016.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de José Carlos Neves Epiphanyo. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.
- LIU, J. G; MASON, P. J. **Essencial image processing and GIS for remote sensing**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009. 437 p.
- MENESES, P. R; ALMEIDA, T. de. (Coord.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: UNB, 2012. 263 p.
- MIRANDA, E. E. de. (Coord.). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 28 jan. 2014.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Inpe, 2001. 208 p.
- RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. Berlin: Springer-Verlag, 1999. p. 240.

TRIMBLE. **eCognition Developer 9**: reference book. Westminster: Trimble Geospatial Imaging, 2014.

USGS. United States Geological Survey. **Earth Resources Observation and Science Center (EROS)**: USGS Global Visualization Viewer. [Reston, 2015a]. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

USGS. United States Geological Survey. **What are the band designations for the Landsat satellites?** [Reston, 2015b]. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>. Acesso em: 21 set. 2015.

Comunicado Técnico, 197

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Endereço: Avenida Beira Mar, 3250,
CEP 49025-040, Aracaju - SE
Fone: (79) 4009-1344
Fax: (79) 4009-1399
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco



1ª edição
Publicação digitalizada (2016)

Comitê de publicações

Presidente: Marcelo Ferreira Fernandes
Secretária-executiva: Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues
Membros: Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Carlos Alberto da Silva, Elio Cesar Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, João Gomes da Costa, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto Araujo de Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo

Expediente

Supervisora editorial: Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues
Tratamento das ilustrações: Joyce Feitoza Bastos
Editoração eletrônica: Joyce Feitoza Bastos