

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N^o 66/1, p. 75-85
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

LEVANTAMENTO DOS CAMPOS LIMPOS ÚMIDOS NO PARQUE ESTADUAL DO JALAPÃO, TO, POR MEIO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS ANALÓGICAS: ABORDAGEM METODOLÓGICA

Survey of Campos Limpos Úmidos of the Jalapão State Park, Tocantins, Through the Analogical Digital Photos: Methodological Approach

Helena Maria de Paula Santana^{1,2}, Edson Eyji Sano^{1,3}, Marilusa Pinto Coelho Lacerda⁴

¹Universidade de Brasília - UnB

Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas
Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP: 70919-970 Brasília-DF - Brasil
helena.de.paula@hotmail.com

²Instituto Natureza do Tocantins - NATURATINS

Coordenadoria de Monitoramento da Cobertura Vegetal
Quadra 302-Norte, QI-02, Alameda 01, Lote 3-A, Plano Diretor
CEP. 77006-336 - Palmas - TO - Brasil

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Embrapa Cerrados
BR-020 km 18 CEP: 73301-970, Planaltina - DF - Brasil
edson.sano@embrapa.br

⁴Universidade de Brasília - UnB

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Ala Sul, CP. 4508, Asa Norte Brasília - DF - Brasil
marilusa@unb.br

Recebido em 12 de Fevereiro, 2013/ Aceito em 15 de Agosto, 2013

Received on February 12, 2013/ Accepted on August 15, 2013

RESUMO

Atualmente, há uma tendência de disponibilização cada vez maior de imagens digitais de satélite com variadas resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais. No entanto, as fotografias aéreas analógicas e pancromáticas continuam tendo o seu valor em diversos tipos de mapeamentos temáticos, como são os casos de mapeamentos geológicos e de cobertura vegetal original. Este trabalho apresenta uma abordagem metodológica para a utilização operacional de fotografias aéreas analógicas e pancromáticas em mapeamentos temáticos, tendo, como estudo de caso, o levantamento de Campos Limpos Úmidos do Parque Estadual do Jalapão, Tocantins. As principais etapas do trabalho foram constituídas pela: a) escanização de 353 fotografias aéreas analógicas do Parque Estadual do Jalapão na escala 1:25.000; b) georreferenciamento das fotografias com suporte das imagens ortorretificadas do satélite RapidEye (tamanho do pixel = 5 metros); c) geração do mosaico de fotografias aéreas com acurácia planimétrica correspondente ao padrão de

exatidão cartográfica (PEC) classe A na escala 1:30.000; d) delimitação visual de ocorrências de Campo Limpo Úmido na tela de computador, por meio do uso de função de digitalização de polígonos disponível no pacote computacional de sistema de informações geográficas ArcGIS™ 9.3; e e) validação da delimitação do Campo Limpo Úmido por meio de uma cena pancromática do satélite GeoEye-1 (resolução espacial de 50 centímetros) do referido Parque. Foi delimitado um total de 12.656 hectares de Campo Limpo Úmido. A análise da acurácia do levantamento com imagem do satélite GeoEye-1 indicou uma superestimação de 18% no levantamento realizado.

Palavras chaves: Sensoriamento Remoto, Levantamento Aerofotogramétrico, Fotointerpretação.

ABSTRACT

Currently, there is a trend of increasing availability of digital satellite images with different spatial, spectral, radiometric and temporal resolutions. Nevertheless, analogical and panchromatic aerial photographs still have their value in various types of thematic maps, as are the cases of geological and vegetation cover mappings. This work presents the methodological approach for operational use of analogical and panchromatic aerial photos in thematic mapping having, as study case, the survey of Campos Limpos Úmidos (humid grasslands) of Jalapão State Park, Tocantins State. The major steps of the work were as follow: a) scanning of 353 analogical aerial photos of Jalapão State Park at 1:25,000 scale; b) georeferencing of photos with support from orthorectified RapidEye satellite images (pixel size = 5 meters); c) production of mosaics of aerial photos with planimetric accuracy corresponding to the class A and 1:30,000 scale of pattern of cartographic accuracy (PEC – padrão de exatidão cartográfica); d) visual delineation of occurrences of Campo Limpo Úmido in the computer screen, through the use of polygon digitizing function available in the ArcGIS™ 9.3 geographical information system software package; and e) validation of delineation of Campo Limpo Úmido based on a panchromatic scene obtained by the GeoEye-1 satellite sensor (spatial resolution of 50 centimeters) over the park. It was delineated a total of 12,656 hectares of Campo Limpo Úmido. The analysis of mapping accuracy with GeoEye-1 scene indicated an overestimation of 18% in the survey performed.

Keywords: Remote Sensing, Aerial Photogrammetric, Photo Interpretation.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da disponibilização recente de várias imagens digitais de satélite de última geração, provenientes de diversas plataformas com diferentes opções em termos de periodicidade, nível de detalhamento e faixa espectral, as fotografias aéreas analógicas continuam tendo grande valor em diferentes aplicações, conforme ressaltado por Lillesand et al. (2008). Pode-se citar o uso de fotos aéreas relativamente antigas, isto é, antes da intensificação da ocupação humana, para fins de mapeamento geológico, pedológico, geomorfológico e cobertura vegetal natural, além da utilização para estudos ecológicos e de recursos naturais (e.g., FENSHAM & FAIRFAX, 2002; MENDES JÚNIOR et al., 2010; MORGAN et al., 2010; CHEN et al., 2012). A nível nacional, fotos aéreas na escala 1:60.000 de grande parte do território obtidas pela Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) em 1965/66 continuam a ser utilizadas pelos geólogos e geomorfólogos (e.g., SOARES et al., 2003; SALLUN FILHO et al.,

2009; Dias et al., 2010).

As fotografias aéreas geralmente oferecem níveis elevados de detalhamento do terreno, compatíveis somente com imagens obtidas por sensores orbitais com resoluções espaciais altas (por exemplo, SPOT) ou muito altas (por exemplo, IKONOS, QuickBird e GeoEye-1). No entanto, o custo de aquisição dessas imagens é elevado, podendo restringir a obtenção das mesmas, além da interferência das condições atmosféricas, notadamente, a presença de nuvens, durante a passagem destes satélites (WELLENS et al., 2012).

Tradicionalmente, fotos aéreas analógicas são analisadas utilizando-se de visão estereoscópica e de métodos de interpretação conhecidos como método das chaves ou método lógico (SOARES e FIORI, 1978). Para áreas de estudo relativamente extensas e para aplicações que não requerem visão estereoscópica, a conversão desses produtos analógicos para o formato digital com a subsequente mosaicagem e recorte para a área de estudo pode acelerar e otimizar

substancialmente o processo de interpretação desses produtos. Esse procedimento permite a geração de levantamentos de recursos naturais, por meio do uso de funções de delimitação de polígonos, disponíveis nos principais aplicativos computacionais dos Sistemas de Informações Geográficas. Outra vantagem é a possibilidade de utilizar funções de realce, segmentação e classificação digital disponíveis nos principais programas computacionais de processamento digital de imagens, os quais têm sido utilizados principalmente para processar imagens digitais de satélite (JENSEN, 2009). Diante deste cenário, o objetivo desse estudo foi apresentar uma abordagem metodológica operacional que permita otimizar o uso de fotos aéreas analógicas e pancromáticas em mapeamentos temáticos que não requerem visão estereoscópica, no levantamento de Campo Limpo Úmido no Parque Estadual do Jalapão, Tocantins.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo situa-se no Parque Estadual do Jalapão, município de Mateiros, estado do Tocantins. A área selecionada pertence à região do Jalapão, localizada na porção leste tocantinense (SEPLAN, 2003). O Parque possui extensão de 158.885 hectares, foi criado pela Lei Estadual nº. 1.203 de 12 de janeiro de 2001 e encontra-se a 324 km de Palmas, entre as latitudes 10° 08' 73" S e 10° 35' 09" S e entre as longitudes 47° 04' 01" W e 47° 35' 06" W (Figura 1).

No interior do Parque, existem várias nascentes que alimentam a bacia do rio Sono e contribuem com o sistema hidrográfico Tocantins-Araguaia. A área de estudo abriga diferentes fitofisionomias, com predominância da formação campestre (SANTIAGO e PEREIRA JÚNIOR, 2010; SANO et al., 2010), onde se destaca a ocorrência de capim dourado (*Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae), importante produto de exploração não-florestal da região (PACIFICO et al., 2011; SCHMIDT et al., 2011; SCHMIDT & TICKTIN, 2012).

O relevo dominante é plano a suavemente ondulado, com altitudes variando de 400 m a 500 m. Na área de estudo, destacam-se ainda as escarpas erosivas constituídas pelas serras

do Espírito Santo, Jalapinha e Porco, com cotas que variam de 770 m a 798 m (SEPLAN, 2003). A geologia da região é constituída por arenitos flúvio-eólicos do Grupo Urucuaia, representados por arenitos quartzosos de cores variadas, predominando as colorações castanho-avermelhadas, róseas e amarelo-esbranquiçadas com granulometria variando de fina a média (SEPLAN, 2003). Os solos da região são em geral arenosos, muito ácidos e pobres em nutrientes (SILVA et al., 2010) classificados, na grande maioria, em Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos. O clima é Aw - tropical úmido de savana com verão úmido e inverno seco de quatro a cinco meses.

2.2 Abordagem Metodológica

2.2.1 Georreferenciamento e Elaboração do Mosaico Semi-Controlado

Nesse estudo, foram utilizadas 353 fotografias aéreas do Projeto AASA 92/02, obtidas em novembro de 2002 com câmera analógica métrica Wild RC 10. (NATURATINS, 2002) As fotografias foram disponibilizadas no tamanho de 23 cm x 23 cm, em escala aproximada 1:25.000 e com recobrimentos longitudinal e lateral de 60% e 40%, respectivamente. Para recobrir toda a área do Parque, foram utilizadas 15 faixas de voo. As fotos, cedidas pelo Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) em formato analógico, foram convertidas para o formato digital (300 dpi de resolução espacial e 8 bits de resolução radiométrica), por meio de um scanner portátil de mesa. De acordo com Jensen (2009), o cálculo da resolução do pixel no terreno é dado pela seguinte relação (Eq. 1):

$$PM = 39,37 \frac{S}{DPI} \quad (1)$$

onde: PM = tamanho do pixel em metros; S = escala da foto; e DPI = pontos por polegada.

Posteriormente, foi realizada a amostragem do tamanho do pixel no terreno das fotografias de 2,1166 m (Eq. 1) para três metros, por meio de um interpolador linear, vizinho mais próximo, no ArcGIS™ 10 (ESRI, 2010), assumindo-se escala constante para todas as fotos. As bordas das fotografias foram recortadas para eliminar as faixas pretas e

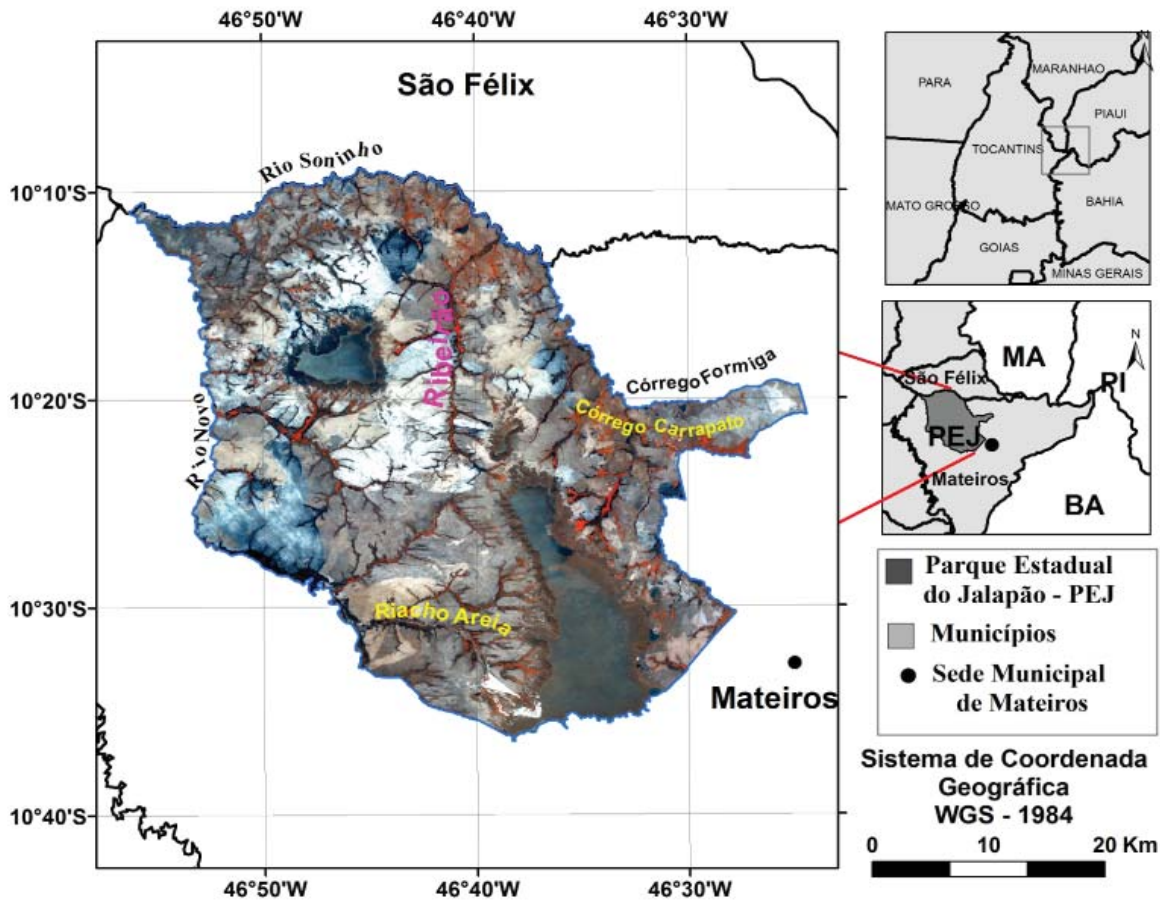


Fig. 1 - Mapa de localização do Parque Estadual do Jalapão, município de Mateiros, Tocantins. A imagem na figura corresponde ao mosaico de imagens RapidEye de 2010.

diminuir as sobreposições laterais e longitudinais (CUNHA et al., 2006), por meio do aplicativo computacional Adobe Photoshop™ CS5.

O georreferenciamento das fotografias aéreas digitalizadas da área de estudo foi realizado por meio de oito cenas ortoretificadas de imagens do satélite RapidEye com nível de processamento 3A, tamanho de pixel de cinco metros, faixa de imageamento de 25 km e datas de passagem de 16 de setembro e 14 de outubro de 2010. As imagens RapidEye operam com resolução radiométrica de 12 bits e em cinco faixas espectrais (KRISCHKE et al., 2000; TYC et al., 2005): azul (440-510 nm); verde (520-590 nm); vermelho (630-685 nm); *red-edge* (690-730 nm), sensível a alterações do teor de clorofila das plantas; e infravermelho próximo (760-850 nm). Recentemente, o Ministério do Meio Ambiente finalizou a aquisição de cobertura quase completa do território nacional com imagens RapidEye de 2011, as quais poderão ser disponibilizadas para instituições federais e estaduais do Brasil, mediante acordo de cooperação técnica. Ao

contrário das imagens de satélite com resolução espacial em torno de 1 metro ou superior, o custo das imagens RapidEye é bem menor, da ordem de dois dólares por quilômetro quadrado (imagens em catálogo).

As fotografias aéreas digitalizadas foram georreferenciadas uma a uma usando a extensão *georeferencing* disponível no aplicativo de sistema de informações geográficas ArcGIS™ 10. Em cada fotografia, foram selecionados, em média, oito pontos de controle. Quando uma fotografia apresentava poucas feições comuns com as imagens RapidEye de referência, foi realizada a junção de duas a três fotografias aéreas para o georreferenciamento.

As fotografias georreferenciadas foram mosaicadas por meio do *software* PCI Geomatica™ 2012 (PCI, 2012). O mosaico produzido corresponde a um fotomosaico semi-controlado, onde as fotografias adjacentes são ajustadas e sobrepostas com base em feições do terreno que são comuns nas fotos adjacentes (WELLENS et al., 2012). Não foi possível gerar

um fotomosaico controlado, onde as distorções de deslocamento de relevo e instabilidade da aeronave são consideradas, por causa da ausência de dados relativos à distância focal, altura do voo, inclinação da aeronave e pontos de controle no campo. A falta desses dados impede a realização de procedimentos de restituição, retificação e ortorretificação.

2.2.2 Estimativa da Acurácia Planimétrica do Mosaico Semi-Controlado

De posse do mosaico, foi realizado o cálculo das discrepâncias (Δ) planialtimétricas por meio de 20 pontos de verificação independentes (ICPs), entre as coordenadas X e Y das imagens RapidEye (base de referência para o georreferenciamento) e o fotomosaico elaborado. Os pontos foram inicialmente posicionados sobre as imagens RapidEye e posteriormente identificados no mosaico das fotografias. A Figura 2 ilustra a cobertura da área de interesse pelas fotografias aéreas e a distribuição dos ICPs utilizados para estimar a acurácia do mosaico das fotografias aéreas.

Para definir a escala final do fotomosaico, realizou-se a validação planimétrica do mosaico georreferenciado gerado, adotando-se os critérios de referências estabelecidos pelas

normas técnicas da cartografia brasileira disposto no Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984 (BRASIL, 1984) discriminadas em: classe, erro-padrão e padrão de exatidão cartográfica (PEC) (Tabela 1).

Para a classificação do PEC, foram realizadas análises estatísticas de tendência (teste t - Student) e precisão (teste c^2 - Qui-quadrado), propostas por Galo & Camargo (1994). Os resultados dos testes t e χ^2 são relacionados à dispersão das discrepâncias (Δ) dos ICPs entre as coordenadas do mosaico e as imagens de referência (RapidEye). Com base na estatística amostral t e no seu respectivo intervalo de confiança, o teste de tendência permite verificar se a média das discrepâncias é igual a zero ou não ($H_0: \Delta\bar{X} = 0$ ou $H_1: \Delta\bar{X} \neq 0$) e, desse modo, indica a ocorrência ou não de deslocamentos sistemáticos.

Por outro lado, apoiado na estatística amostral χ^2 e no seu respectivo intervalo de confiança, o teste de precisão aponta se a variância amostral e a obtida a partir do erro-padrão são iguais ou não ($H_0: S^2_{\Delta X} = \sigma^2_x$ ou $H_1: S^2_{\Delta X} > \sigma^2_x$). Esse teste indica o grau de dispersão dos erros e, por conseguinte, a acurácia (GALO & CAMARGO, 1994). De acordo com Dalmolim & Leal (2001), para a análise da

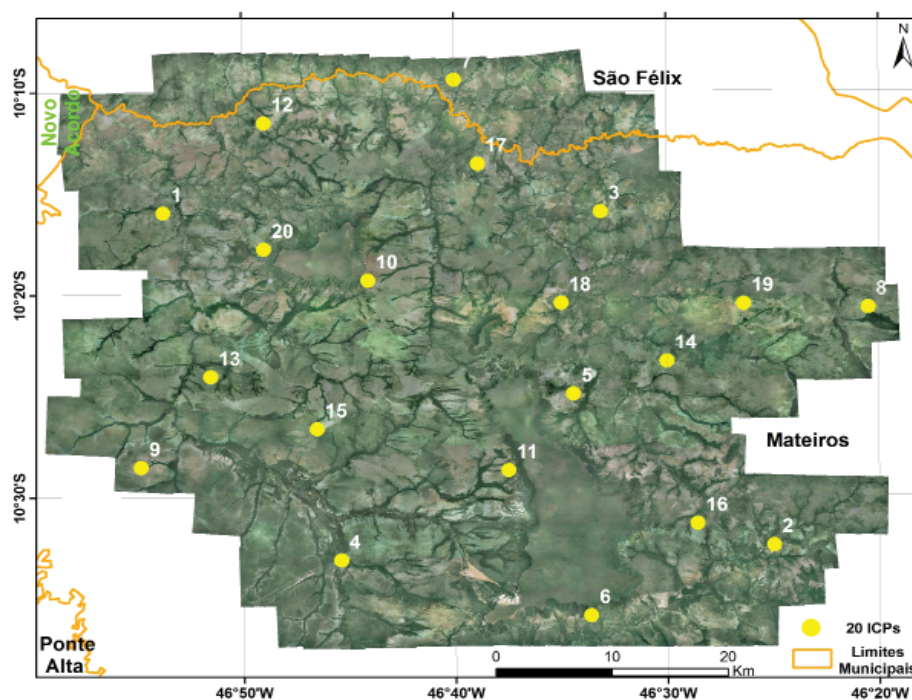


Fig. 2 - Disposição dos pontos de verificação independentes (ICPs) no Parque Estadual do Jalapão para estimativa da acurácia planimétrica do mosaico semi-controlado de fotografias aéreas 2002.

Tabela 1: Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) planimétrica e erro-padrão para cada classe e respectivas escalas. Fonte: Brasil (1984).

Classe	PEC (mm) na Escala da Carta	Erro-Padrão (mm) na Escala da Carta
A	0,5	0,3
B	0,8	0,5
C	1,0	0,6

acurácia posicional, deve-se utilizar a estimativa intervalar dada pela distribuição de t , pois esta é particularmente válida para amostras menores que 30, consideradas pequenas. Para analisar a precisão, deve-se usar a estimativa intervalar dada pela distribuição χ^2 , que consiste em construir um intervalo de 90% para a variância populacional a partir da variância amostral.

2.2.3 Mapeamento dos Campos Limpos Úmidos

Por meio do fotomosaico gerado, foi realizado o levantamento dos Campos Limpos Úmidos adjacentes às Veredas no Parque Estadual do Jalapão, por intermédio de interpretação visual, levando-se em consideração as características espectrais de cor (cinza escuro), textura (lisa), geometria (alongada) e posicionamento no relevo (adjacente à rede de drenagem). Esta fitofisionomia geralmente ocorre entre a Mata de Galeria, com presença de buritis, e o Cerrado Sentido Restrito (Figura 3).

Devido à confusão interclasses ocasionada

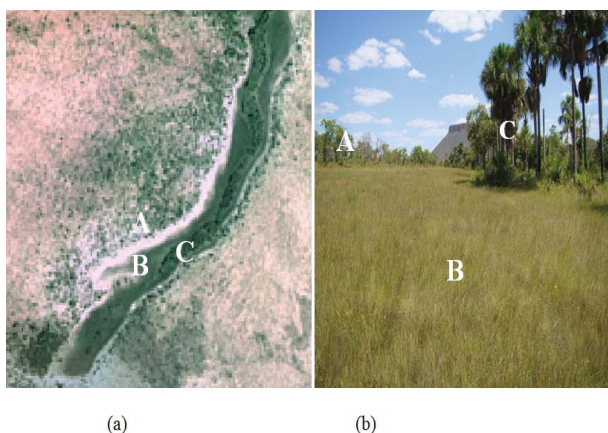


Fig. 3 - Fotografias aéreas (a) e do Complexo Vegetacional das Veredas em uma das áreas estudadas (b), A = Cerrado Sentido Restrito; B = Campo Limpo Úmido; e C = Mata de Galeria, com presença de buritis.

na classificação de imagens de alta resolução espacial (JOHANSEN & PHINN, 2006), optou-se em realizar a individualização das áreas ocupadas pelos Campos Limpos Úmidos por meio de digitalização manual na tela do computador. Foi utilizada a função de digitalização de polígonos, disponível no aplicativo ArcGIS™ 10, em escala de visualização 1:8.000, gerando-se um arquivo vetorial no sistema de projeção cartográfica UTM e datum horizontal WGS84.

O levantamento dos Campos Limpos Úmidos da área de estudo foi realizado por meio das fotografias aéreas mosaicadas, pois estas apresentam maior resolução espacial (3 m) em relação às imagens RapidEye (5 m), proporcionando maior definição nos limites entre as classes de Campos Limpos Úmidos e Matas de Galeria, conforme pode ser verificado na Figura 4.

2.2.4 Validação do Mapeamento dos Campos Limpos Úmidos

Para a validação do mapeamento dos Campos Limpos Úmidos, foi utilizada uma imagem do satélite GeoEye-1 de 28 de outubro de 2009, obtida no modo pancromático (450-800 nm), tamanho do pixel de 0,5 m, resolução radiométrica de 11 bits e faixa de imageamento de 15 km (GEOEYE, 2012). O satélite GeoEye-1 é o satélite comercial de maior resolução espacial e posicional em atuação. De acordo com Fraser & Ravanbakhsh (2009), a acurácia planimétrica dessas imagens é em torno de 10 centímetros.

A cena disponível do GeoEye-1 recobriu uma área de 10,47% do PEJ. O mapeamento de Campo Limpo Úmido com base nessa imagem foi realizado utilizando-se a mesma metodologia adotada no fotomosaico. Apenas a escala de visualização foi alterada para 1:1.500. Em seguida, foram comparados os cálculos das áreas obtidas por meio de fotomosaico e imagens GeoEye-1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa da acurácia planialtimétrica do fotomosaico gerado, em relação às imagens RapidEye, mostrou compatibilidade do mesmo com o PEC classe A na escala 1:50.000. As estatísticas descritivas e os resultados dos testes

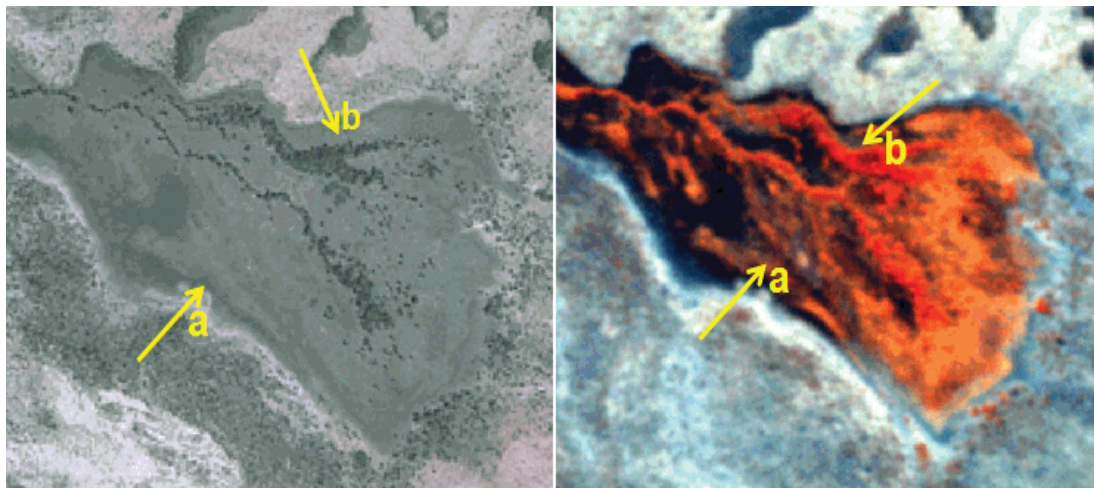


Fig. 4 - Fotomosaico e imagens RapidEye no Parque Estadual do Jalapão.; a) Campo Limpo Úmido; e b) Mata de Galeria com presença buritis.

de hipóteses são apresentados na Tabela 2. Os valores mínimos, máximos e a média dos dados planimétricos não mostraram tendências. No teste t , as coordenadas E e N não apresentaram tendências ($t_{\text{amos}} < t_{\text{tab}}$). Considerando os valores de erro-padrão tabelado (Tabela 1) e o desvio-padrão ($S\Delta$) das discrepâncias (E e N) (Tabela 2) comparados por meio do teste χ^2 , os resultados mostraram que a precisão foi atendida, pois $\chi^2_{\text{amos}} < \chi^2_{\text{tab}}$.

De acordo com Ginevan (1979), Aronoff (1982) e Yeu et al. (1996), ao avaliar a qualidade de uma carta, deve-se analisar o risco do produtor de rejeitar incorretamente uma carta qualificada e a do consumidor em aceitar uma carta desqualificada. Para isso, normas e parâmetros mínimos que garantam a classificação do produto devem ser observados e comprovados. No presente trabalho, estabeleceram-se procedimentos estatísticos capazes de classificar o mosaico de fotografias gerado conforme preconiza o PEC, comprovando a qualidade planimétrica tanto do ponto de vista do produtor e do usuário, os quais foram avaliados pelos testes t e χ^2 . Ressalta-se que muitas vezes o produtor controla o processo e não o produto, e os resultados dos testes comprovaram a qualidade tanto do processo quanto do produto.

Camargo et al. (2009) avaliaram as acurácias posicional, altimétrica e planimétrica, de um modelo digital de elevação (MDE) obtido de imagens do sensor ASTER/Terra em uma área de relevo montanhoso no estado de São Paulo. De acordo com os resultados obtidos pelos autores, o PEC atingiu a classe B na escala 1:30.000 para a

altimetria e classe A para a escala 1:30.000 para a planimetria. Já Oliveira & Paradella (2009), em estudo realizado em relevo montanhoso na Serra dos Carajás/PA, usando imagens ASTER, obtiveram acurácia altimétrica do modelo digital de elevação (MDE) que atendeu os requisitos para enquadramento na Classe A para a escala 1:100.000 do PEC. Embora esses dois últimos estudos tenham utilizado imagens ASTER com mesma resolução espacial, os resultados obtidos na qualidade posicional não atingiram a mesma escala final de classificação exigida pelo PEC. Possivelmente, essa diferença está relacionada com a origem dos dados de referência utilizados pelos autores.

No presente estudo, que envolveu o uso de imagens RapidEye como referência (tamanho do pixel de 5 metros), obteve-se uma qualidade posicional da escala final do mosaico semelhante à obtida por Camargo et al. (2009), que utilizaram imagens do sensor ASTER, com 15 metros de resolução espacial, ressaltando-se que esses últimos autores utilizaram uma base de dados de referência mais detalhada, com maior escala. Dessa forma, a acurácia posicional é diretamente dependente dos dados de referência. Nesse sentido, imagens de alta resolução espacial, tal como o mosaico de fotografias aéreas gerado neste trabalho (3 metros no tamanho do pixel) e georreferenciado com base em imagens do RapidEye (5 metros de resolução), tendem a apresentar qualidade posicional igual ou inferior a estas, uma vez que os produtos provenientes das imagens o RapidEye tem precisão de detalhe compatíveis com escala até 1:25.000.

Tabela 2: Resumo das estatísticas de validação da acurácia planimétrica do mosaico semi-controlado de fotografias aéreas do Parque Estadual de Jalapão. ICPs = pontos de verificação independentes. PEC = padrão de exatidão cartográfica

Parâmetros	Coordenada E	Coordenada N
Número de amostras	20	20
Desvio-padrão das discrepâncias (SD) dos ICPs nas coordenadas E (RapidEye – Fotografia Aérea) e N (RapidEye - Fotografias aéreas)	8,01 m	6,26 m
Média das discrepância dos ICPs ($\bar{\Delta}$)	0,93 m	0,88 m
Discrepância máxima dos ICPs (Δ)	11,57 m	14,28 m
Discrepância mínima dos ICPs (Δ)	- 19,24 m	- 11,11 m
t (amostral)	0,53	0,63
t (n-1; 5%)	1,73	1,73
Teste de tendências: Sem tendência Coordenadas não apresentam tendências $t_{amostral} < t_{tabelado}$	Verdadeiro	Verdadeiro
χ^2 (amostral)	10,84	6,62
χ^2 (n-1; 10%)	27,20	27,20
Teste de precisão: Coordenadas atendem à precisão $\chi^2_{amostral} < \chi^2_{tabelado}$	Verdadeiro	Verdadeiro
Atende ao PEC classe A, escala 1:30.000		

Foram levantados um total de 12.656 hectares de Campos Limpos Úmidos no Parque Estadual do Jalapão, o que equivale a 7,91% da área oficial do Parque (Figura 5).

A área obtida difere da quantificada por Santiago & Pereira Júnior (2010), que encontraram uma área inferior, cerca de 4,7% da área do Parque. Esses últimos autores mapearam os Campos Limpos Úmidos juntamente com a classe Veredas, utilizando uma imagem do satélite LANDSAT do ano 2007, que foi analisada pelo método de classificação supervisionada por máxima verossimilhança (MAXVER). No trabalho realizado por Daldegan (2007), que utilizou o classificador *Spectral Angle Mapper* (SAM), foram mapeados 23.200 hectares de Campo Limpo Úmido, em uma área compreendida pelos limites do Parque e proximidades, também com o uso de imagens do satélite LANDSAT. As divergências nos cálculos das áreas encontradas por esses diferentes estudos são provavelmente devidos às diferenças nas metodologias e produtos orbitais utilizados.

A validação do levantamento da distribuição dos Campos Limpos Úmidos, realizada com base na imagem do satélite GeoEye-1, mostrou uma

superestimativa de 18,27%. Em outras palavras, as áreas de Campo Limpo Úmido levantadas na área de validação (Figura 5) com base no fotomosaico elaborado e na imagem GeoEye-1 foram de 1.516 hectares e 1.239 hectares, respectivamente. Desta forma, se considerar esta superestimativa para todo o Parque, a área ocupada pelos Campos Limpos Úmidos passaria para 10.343 ha.

4. CONCLUSÕES

A estimativa da acurácia planimétrica do mosaico digital e semi-controlado de fotografias aéreas indicou um produto compatível com padrão de exatidão cartográfica (PEC) classe A, na escala 1:30.000. A interpretação visual desse fotomosaico permitiu o levantamento de 12.656 hectares de Campos Limpos Úmidos adjacentes às Veredas no Parque Estadual do Jalapão. Esse valor pode ser ajustado para 10.343 hectares, se considerar a superestimativa de 18,27% detectada na área analisada pela imagem do satélite GeoEye-1.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Secretaria de Ciências e Tecnologia do Estado do Tocantins,

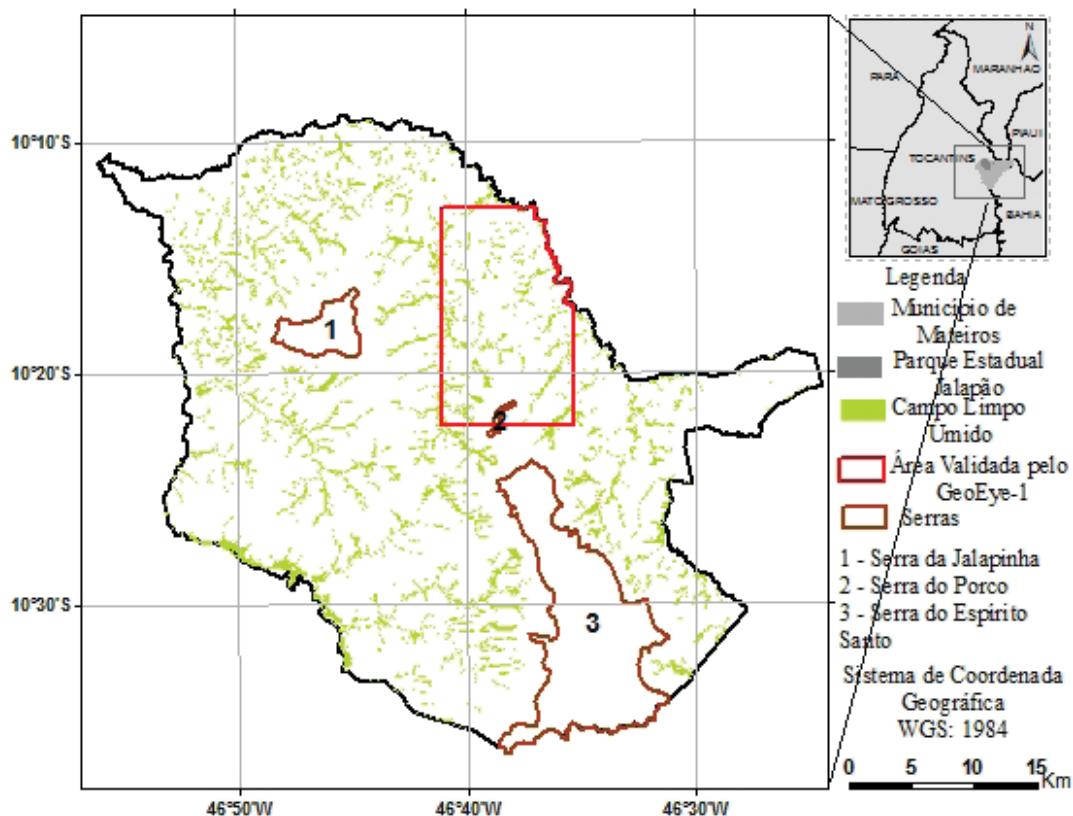


Fig. 5 - Mapa gerado de distribuição dos Campos Limpos Úmidos do Parque Estadual de Jalapão (TO), mostrando a área utilizada para validação do mesmo, por meio de imagens GeoEye-1.

pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora e pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de estudo do Programa Universidades e Comunidades no Cerrado (UNICOM), Projeto Elos Ecosociais entre as Florestas Brasileiras: Modos de Vida Sustentáveis em Paisagens Produtivas (FLORELOS), desenvolvido pelo Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN) com apoio financeiro da União Europeia. À Embrapa Cerrados e ao Naturatins, que permitiram utilizar a infraestrutura necessária para a execução deste projeto. As empresas Santiago & Cintra e Embrapa Monitoramento por Satélite gentilmente cederam as imagens RapidEye e GeoEye-1, respectivamente. Esse trabalho contou ainda com a contribuição do Marco Aurélio Barros, Heleno da Silva Bezerra e do Manuel Pereira de Oliveira Júnior nas atividades de campo. Os autores são gratos ainda à Dra. Tati de Almeida da Universidade de Brasília/Instituto de Geociências, pelas valiosas sugestões para a melhoria do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONOFF, S. Classification accuracy: a user approach. **Photogrammetric Engineering and**

Remote Sensing, v. 48, n. 8, p. 1299-1307, 1982.

BRASIL. Decreto n. 89.817, de 20 de junho de 1984. Dispõe sobre as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 22 de junho de 1984.

CAMARGO, F. F.; ALMEIDA, C. M.; FLORENZANO, T. G.; OLIVEIRA, C. G. Acurácia posicional de MDE ASTER/Terra em área montanhosa. **Geomática**, v. 4, n. 1, p. 12-24, 2009.

CHEN, Q.; LAURIN, G. V.; BATTLES, J. J.; SAAH, D. Integration of airborne lidar and vegetation types derived from aerial photography for mapping aboveground live biomass. **Remote Sensing of Environment**, v. 121, p. 108-117, 2012.

CUNHA, A. M.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; REZENDE, S. B.; RIBEIRO, L. S. Mosaico digital de aerofotos não-convencionais na avaliação de recursos naturais: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 182-187, 2006.

DALDEGAN, G. A. **Análise da distribuição de**

- áreas de potencial ocorrência capim dourado na região do Jalapão (TO) por sensoriamento remoto.** 34 p. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- DALMOLIM, Q.; LEAL, E. M. Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 7, n. 1, p. 21-40, 2001.
- DIAS, F. F.; CASTRO, J. W. A.; SEOANE, J. C. S. Dinâmica sedimentar da praia do Peró - Cabo Frio/RJ - Nos últimos 7000 anos: análise pretérita e atual. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 2, p. 145-154, 2010.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute Inc. **ArcGIS Desktop Release 10**. Redlands, CA, 2010.
- FENSHAM, R. J.; FAIRFAX, R. J. 2002. Aerial photography for assessing vegetation change: A review of applications and the relevance of findings for Australian vegetation history. **Australian Journal of Botany**, v.50, n.4, p. 415-429, 2002.
- FRASER, C. S.; RAVANBAKHS, M. Georeferencing accuracy of GeoEye-1 imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 75, n. 6, p. 634-638, 2009.
- GALO, M.; CAMARGO, P. O. Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC, 1994, Florianópolis, SC. **Anais**. Florianópolis, SC, 1994, p. 41-48.
- GEOEYE. 2012. **Earth Imagery**. Disponível em: <<http://www.geoeeye.com/CorpSite/products/earth-imagery/>>. Acesso em 18/12/2012.
- GINEVAN, M. E. Testing land-use map accuracy: another look. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 45, n. 10, p. 1371-1377, 1979.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução da 2ª ed. São José dos Campos, Parêntese, 598 p., 2009.
- JOHANSEN, K.; PHINN, S. Mapping structural parameters and species composition of riparian vegetation using Ikonos and Landsat ETM+ data in Australian tropical savannahs. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 72, n. 1, p. 71-80, 2006.
- KRISCHKE, M.; NIEMAYER, W.; SCHERER, S. RapidEye satellite based geo-information system. **Acta Astronautica**, v. 46, n. 2-6, p. 307-312, 2000.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R.; CHIPMAN, J. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Nova Iorque, Wiley & Sons, 6ª ed., 2008.
- MENDES JÚNIOR, DANI, N.; NETO, J. A.; SIMÕES J. C.; VELHO, L. F.; RIBEIRO, R. R.; PARNOW, I.; BREMER, U. F.; FONSECA JÚNIOR, E. S.; ERWES, H. J. B. Elaboração de um mapa topográfico na escala 1:5.000na Península Keller, ilha Rei George, Antártica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, n.3, p. 453-466, 2010.
- MORGAN, J. L.; GERGEL, S. E.; COOPS, N. C. Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management. **BioScience**, v. 60, n. 1, p. 47-59, 2010.
- NATURATINS. Instituto Natureza do Tocantins. **Levantamento aerofotogramétrico, na escala 1:25.000, do Parque Estadual do Jalapão**. Projeto AASA92/2002, executado pela Aeroimagem S/A. 2002.
- OLIVEIRA, C. G.; PARADELLA, W. R. Evaluating the quality of the digital elevation models produced from ASTER stereoscopy for topographic mapping in the Brazilian Amazon region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81 n. 2, p. 217-225, 2009.
- PACIFICO, M.; NAPOLITANO, A.; MASULLO, M.; HILARIO, F.; VILEGAS, W.; PIACENTE, S.; SANTOS, L. C. Metabolite fingerprint of “capim dourado” (*Syngonanthus nitens*), a basis of Brazilian handicrafts. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 488-496, 2011.
- PCI Geomatica. **Version 12 (Free)**, Ontário, Canadá, 2012.
- SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P. C.; PETRI, S.; CRISTALLI, P. S.; UTIDA, G. A deposição de tufas quaternárias no estado de Mato Grosso do Sul: proposta de definição da Formação Serra da Bodoquena. **Geologia USP**, v. 9, n. 3, p. 47-60, 2009.

- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010.
- SANTIAGO, A. R.; PEREIRA JÚNIOR, A. C. Mapeamento da cobertura da terra dos Parques Estaduais do Jalapão (PEJ), Cantão (PEC) e município de Itaguatins (Tocantins). **Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 109-124, 2010.
- SCHMIDT, I. B.; TICKTIN, T. When lessons from population models and local ecological knowledge coincide – Effects of flower stalk harvesting in the Brazilian savanna. **Biological Conservation**, v. 152, p. 187-195, 2012.
- SCHMIDT, I. B.; MANDLE, L.; TICKTIN, T.; GAOUE, O. What do matrix population models reveal about the sustainability of non-timber forest product harvest? **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 815-826, 2011.
- SEPLAN. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Jalapão**, Palmas, 204 p., 2003.
- SILVA, R. B.; SANTOS, A. C.; SILVA, J. E. C.; OLIVEIRA, L. B. T.; ARAÚJO, A. S. Diagnóstico do solo em áreas de ocorrência de capim dourado na região do Jalapão, Estado do Tocantins. **Amazônia Ciência e Desenvolvimento**, v. 6, n. 11, p. 91-101, 2011.
- SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Boletim Geográfico**, v. 36, p. 35-59, 1978.
- SOARES, A. P.; SOARES, P. C.; ASSINE, M. L. Areiais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 211-224, 2003.
- TYC, G.; TULIP, J.; SCHULTEN, D.; KRISCHKE, M.; OXFORD, M. The RapidEye mission design. **Acta Astronautica**, v. 56, n. 1-2, p. 213-219, 2005.
- WELLENS, J.; MIDEKORC, A.; TRAOREB, F.; TYCHON, B. An easy and low-cost method for preprocessing and matching small-scale amateur aerial photography for assessing agricultural land use in Burkina Faso. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 2012 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2012.09.007>).
- YEU, B.; KWON, H.; LEE, S.; SHIN, D. Statistical test for evaluation of the accuracy of digital maps for geo-spatial. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. XXXI, Part B2, p. 411-414, 1996.