

Revista Brasileira de Cartografia (2013) N^o 65/5: 853-867
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE UNIDADES FITOFISIONÔMICAS NA REGIÃO DO MÉDIO ARAGUAIA

Use of Geotechnology in the Analysis of the Occurrence of Phytophysiognomic Units in the Region of the Middle Araguaia

**Rener Ribeiro Fernandes¹; Gustavo Manzon Nunes¹
Ibraim Fantin-Cruz²; Thiago Sanna Freire Silva³ & Cátia Nunes da Cunha⁴**

¹Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil
renerfernandes@florestal.eng.br, gustavomn@gmail.com

²Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil
ibraimfantin@gmail.com

³Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Departamento de Geografia

Av.24-A,1515, Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil
thiago@dsr.inpe.br

⁴Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Instituto de Biociências

Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil
catianc@ufmt.br

Recebido em 12 de Março, 2012/ Aceito em 20 de Maio, 2012

Received on March 12, 2012/ Accepted on May 20, 2012

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a relação entre as unidades fitofisionômicas da planície de inundação do Médio Araguaia com altitude, declividade e inundação com suporte de geotecnologias. As análises foram realizadas em um trecho da planície de inundação do Médio Araguaia, entre o município de São Félix do Araguaia-MT e a Ilha do Bananal-TO. As unidades fitofisionômicas foram mapeadas por meio de classificação orientada-a-objetos de uma imagem TM-Landsat 5 de setembro de 2010. As classes de altitude e declividade foram extraídas a partir de um modelo digital de elevação derivado do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). As áreas inundáveis foram mapeadas a partir da classificação *support vector machine* de uma imagem TM-Landsat 5 de março de 2007. Foram mapeadas quatro unidades fitofisionômicas: Varjão, Mata de Galeria, Cerrado e Ipucas. Varjão foi a unidade com maior área de ocorrência, seguido pela Mata de Galeria, Cerrado e Ipucas, respectivamente. O Varjão apresentou

maior ocorrência em áreas de baixa altitude e declividade e em áreas inundáveis. A Mata de Galeria ocorre em áreas de média altitude e declividade e em áreas inundáveis e não inundáveis. O Cerrado predomina em regiões de baixa altitude com declividade média e em áreas inundáveis e não inundáveis. As Ipucas localizam-se nas áreas de baixa altitude, baixa e média declividade e áreas inundáveis. As análises estatísticas indicaram que a inundação foi o principal fator responsável pela ocorrência das unidades fitofisionômicas na área de estudo

Palavras chaves: Sensoriamento Remoto, Fitofisionomias, Altitude, Declividade, Inundação.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the relationship between the physiognomic units of the floodplain of the Middle Araguaia with altitude, slope, and flooding with the support of geotechnology. The analyzes were performed on a stretch of river in the floodplain of the Middle Araguaia, between the town of Sao Felix do Araguaia-MT and Bananal Island-TO. Physiognomic units were mapped based on object-oriented classification of a Landsat TM image from September 5, 2010, and the classes of altitude and slope were extracted from a digital elevation model derived from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Wetlands were mapped based on support vector machine classification of a Landsat TM image from March 5, 2007. Four physiognomic units were mapped: Varjão, Gallery Forest, Savanna and Ipucas. Varjão was the unit with the largest area of occurrence, followed by Gallery Forest, Savanna and Ipucas, respectively. Varjão occurred mostly in areas of low altitude and slope and wetlands. Gallery Forest occurs in areas of medium altitude and slope and in areas subject to flooding and not flooding. Savanna is prevalent in regions of low altitude, medium slope and in areas subject to flooding and not flooding. Ipucas are located in areas of low altitude, low and medium slopes and wetlands. The analyses indicated that the flooding was the main factor responsible for the occurrence of physiognomic units in the study area.

Keywords: Remote Sensing, Phytophysionomy, Topography, Slope, Flood.

1. INTRODUÇÃO

A faixa fluvial do Araguaia e a planície do Bananal são identificadas como áreas prioritárias para conservação por agências nacionais e organizações não-governamentais, enquanto, a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, denominada Convenção de Ramsar declarou o médio Rio Araguaia como um sítio Ramsar em 1993 (LATRUBESSE e STEVAUX, 2006). É considerada uma região com características ambientais singulares entre os ambientes de terras alagáveis e compreende um expressivo ecótono entre Amazônia e Cerrado, que explica o vasto mosaico vegetal ali presente (BRITO *et al.*, 2006).

Em ambientes inundáveis a diversificação de fitofisionomias e sua distribuição têm sido relacionadas à inundação e às características topográficas (ARIEIRA e CUNHA, 2006; CUNHA *et al.*, 2007; FANTIN-CRUZ *et al.*, 2010). No entanto, são escassos os estudos que analisam as variáveis que influenciam a ocorrência de unidades fitofisi-onômicas da região do Médio Araguaia, desta-cando-se apenas os que abordam fitossociologia em áreas pontuais (MARIMON e LIMA, 2001; BRITO *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2008), geomorfologia (BAYER, 2002; MORAIS, 2002; CARVALHO e

LATRUBESSE, 2004; MORAIS *et al.*, 2005), ecologia da paisagem (MARTINS *et al.*, 2002) e relações solo-geoambiente (MARTINS *et al.*, 2006). Portanto, faz-se necessário a obtenção dessas variáveis em uma escala regional.

Estas informações são de grande importância para aprofundamento do conhecimento das unidades fitofisionômicas na região do Araguaia e sua potencialidade como indicador das condições ambientais, tanto no que se refere às questões do manejo dos recursos naturais, quanto da proteção do solo e definição de habitats para animais silvestres.

Uma nova perspectiva no estudo destas questões surge com a possibilidade de se trabalhar as relações entre os elementos da paisagem, utilizando esses fatores de forma especializada com o uso de técnicas de sensoriamento remoto associadas a análises em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Muitos autores têm aplicado técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em outros ecossistemas, como por exemplo: Shida e Pivello (2002) utilizaram técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas no estudo da relação das classes de uso da terra com os fatores fisiográficos na região de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa

Quatro no Estado de São Paulo. Ruggiero *et al.* (2006) estudaram a relação entre solo, vegetação e topografia em uma área de cerrado em diferentes níveis de detalhe, incorporando esses dados em Sistema de Informações Geográficas a fim de analisar a coincidência entre as classes delimitadas em cada um destes temas e detalhamentos. Fantin-Cruz *et al.* (2010) caracterizaram e quantificaram as unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal matogrossense com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, estabelecendo relações entre as unidades fitofisionômicas e a intensidade e duração da inundação, de acordo com a topografia.

Neste contexto, visando contribuir para o conhecimento de fitofisionomias em áreas úmidas na planície de inundação da região do Médio Rio Araguaia essa pesquisa tem como objetivo realizar um estudo sobre a ocorrência das unidades fitofisionômicas e suas relações com a inundação e os fatores fisiográficos (altitude e declividade), em um trecho da planície de inundação do Médio Rio Araguaia, desenvolvida com o uso de técnicas de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto e análises em SIG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde às áreas úmidas que envolvem um trecho da planície de inundação do médio Rio Araguaia. Possui uma extensão de 194.000 ha e está localizada entre as latitudes 11°18' e 11°45'S e longitudes 50°51' e 50°23'W, na região do Médio Araguaia, entre o município de São Félix do Araguaia no estado de Mato Grosso e a Ilha do Bananal no estado do Tocantins (Figura 1).

A seleção da região de estudo, dependeu do número de informações espaciais disponíveis, sendo selecionado o trecho de rio com maior número de imagens disponíveis e com menor porcentagem de cobertura de nuvens (<10%). A área foi delimitada de forma automatizada pelo limite físico de sua rede de drenagem utilizando como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) com resolução espacial interpolada para 30 metros adquirido junto a JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), no qual foi integrado e processado em um SIG. Esse processo

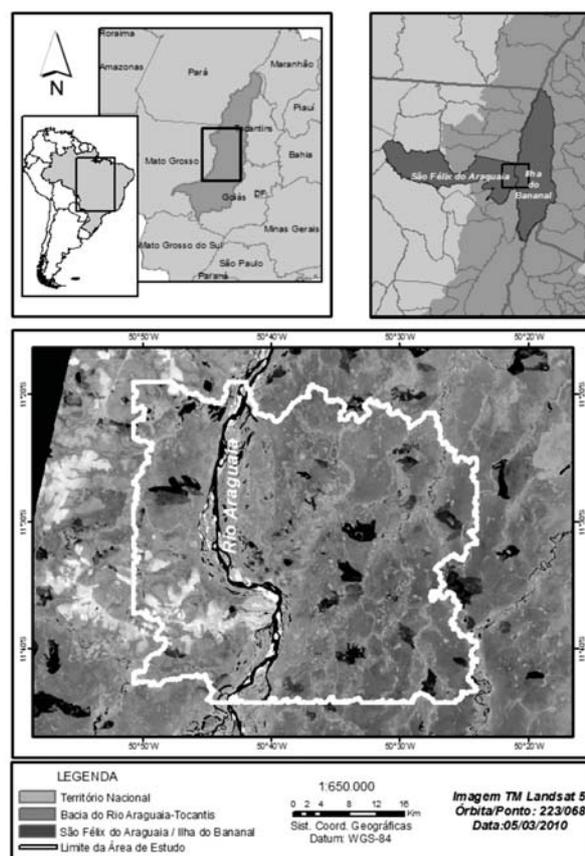


Fig. 1 - Localização da área de estudo.

envolveu quatro etapas: preenchimento de depressões (“*fill sinks*”), direção de fluxo (“*flow direction*”), fluxo acumulado (“*flow accumulation*”) e delimitação de bacias (“*watershed*”), conforme Sobrinho *et al.* (2010).

A utilização de limites físicos como critério de seleção da área de estudo, é recomendada em estudos de inundações, pois possibilita identificar e quantificar o limite lateral da inundação e com isso estabelecer relações com o comportamento hidrológico do rio (SIPPEL *et al.*, 1998; BRIVIO *et al.*, 2002).

Pela classificação de Köppen (1948) o clima é do tipo Aw e temperatura média anual de 24°C. Possui uma precipitação média anual de 1520 mm com período de chuvas entre os meses de outubro a abril, que também são os meses em que o Rio Araguaia apresenta seu maior nível fluviométrico (ANA, 2011).

O relevo da região é predominantemente plano em toda a sua extensão, com pouquíssimos morros residuais isolados (MILESKI, 1994). Compreende as unidades geomorfológicas da Planície do Bananal com formas de acumulação envolvendo Áreas de acumulação inundáveis e

de Planície Fluvial. Os tipos de solos predominantes são as Lateritas Hidromórficas e Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico sustentados geologicamente pela cobertura sedimentar do Bananal (BRASIL, 1981).

2.2 Métodos

Os métodos utilizados podem ser divididos em: seleção e delimitação da área de estudo, aquisição dos dados, pré-processamento, matemática de bandas espectrais, mapeamento e análise e interpretação dos resultados (Figura 2).

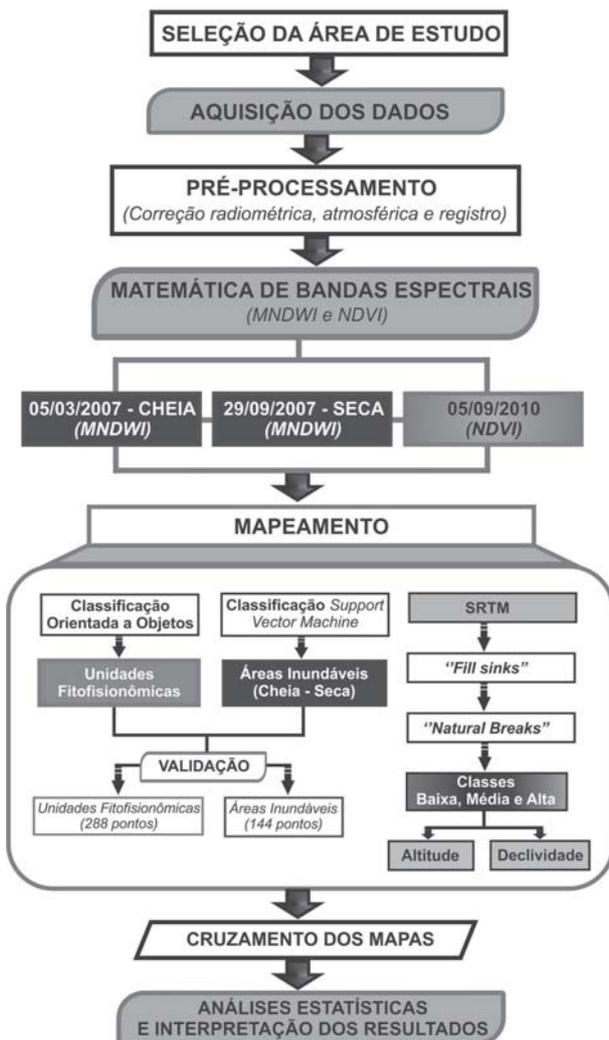


Fig. 2 - Fluxograma dos métodos utilizados.

2.2.1 Aquisição dos dados

No desenvolvimento desse estudo foram utilizados os seguintes dados:

- Imagem do sensor TM-Landsat 5, órbita 223, ponto 68, de 05 de setembro de 2010, 05 de março de 2007 (período de cheia) e 29 de setembro de 2007 (período de seca) envolvendo as seguintes bandas espectrais: 1 (0,45 - 0,52 μm), 2 (0,52 -

0,60 μm), 3 (0,63 - 0,69 μm), 4 (0,76 - 0,90 μm), 5 (1,55 - 1,75 μm) e 7 (2,08 - 2,35 μm);

- Imagem georreferenciada e ortorretificada do sensor ETM+ Landsat 7, cena 223/68 de 19 de outubro de 2000, obtida junto ao GLCF (*Global Land Cover Facility*);

- Imagens ortorretificadas HGR SPOT 5 (Spot Maps) MI 1767 e 1824;

- Imagens Ikonos disponíveis no *software* Google Earth Pro.

- Carta da cobertura vegetal do Bioma Cerrado/PROBIO- SC-22-Z-C do ano de 2002, na escala 1:250.000;

- MDE (Modelo Digital de Elevação) da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). Todos os processamentos efetuados para a geração do MDE foram conduzidos pela JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) e obtidos na página eletrônica de seu grupo de pesquisa em áreas úmidas (wetlands.jpl.nasa.gov).

2.2.2 Pré-processamento dos dados

As etapas de pré-processamento foram aplicadas a todas as imagens TM Landsat utilizadas no estudo, sendo que inicialmente cada imagem foi convertida em radiância no topo da atmosfera, de acordo com Markham e Barker (1987). Os principais dados exigidos nessa etapa de conversão são: data da passagem do satélite, ângulo de elevação solar, valores de ganho e offset. Esse procedimento foi realizado banda a banda (total de seis bandas) para cada cena TM Landsat 5 utilizada no estudo.

Em seguida foi aplicada a correção atmosférica na imagem utilizando o algoritmo FLAASH (*Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) que utiliza o código de transferência radiativa MODTRAN (ADLER-GOLDEN *et al.*, 1999; BERK *et al.*, 2002). As radiâncias no topo da atmosfera foram convertidas para reflectâncias na superfície terrestre ($W/cm^2.sr.nm$).

A correção geométrica das imagens TM Landsat 5 foi realizada tendo como base uma imagem ETM+ Landsat7 georreferenciada e ortorretificada, cuja primeira etapa consistiu na identificação e registro de 25 pontos de controle terrestre nas duas cenas. A avaliação da qualidade dos pontos de controle foi feita com base no erro médio quadrático total (RMS), considerando um valor abaixo de 0,50 pixel, adequado para o

propósito desse estudo. Os pixels foram reamostrados pelo método do vizinho mais próximo, tendo como referência o Sistema de Coordenadas Geográficas (latitude e longitude) e como datum o elipsóide WGS 84.

2.2.3 Matemática de bandas MNDWI e NDVI

As datas de cheia e seca foram definidas após a análise da série histórica dos dados hidrológicos disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA), através do posto 26350000 localizado em São Félix do Araguaia-MT. A altura da lâmina d'água variou de zero a 916 cm para o período de maior cheia e de zero a 267 cm para o período de maior seca (Figura 3).

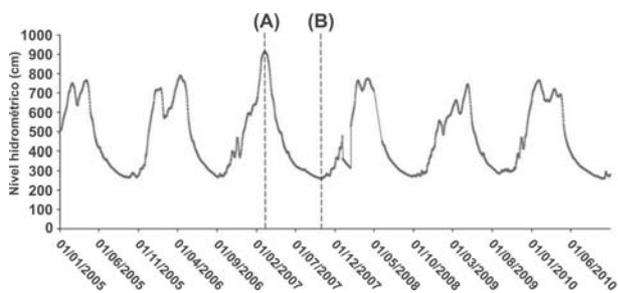


Fig. 3 - Hidrograma do Rio Araguaia em São Félix do Araguaia. (A) Data de maior cheia; (B) Data de maior seca.

As datas escolhidas para a cena TM-Landsat 5 foram 5 de março de 2007 (cheia) e 29 de setembro de 2007 (seca), as quais foram submetidas à técnica de matemática de banda espectral denominada MNDWI (Índice de Água por Diferença Normalizada). O índice MNDWI foi aplicado com o objetivo de auxiliar na classificação das áreas inundáveis e foi executado conforme a equação (1) descrita por Xu (2006):

$$MNDWI = (\rho_{VE} - \rho_{IVM}) / (\rho_{VE} + \rho_{IVM}) \quad (1)$$

onde ρ_{VE} corresponde à reflectância na faixa espectral do verde (banda 2 do sensor TM Landsat 5) e ρ_{IVM} corresponde à reflectância na faixa espectral do infravermelho médio (banda 5 do sensor TM Landsat 5).

Na imagem de 2010 foi aplicado o índice NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) que auxiliou na elaboração do mapa de unidades fitofisionômicas, que delimitou as classes de vegetação Ipucas, Matas de Galeria

e Cerrado, sendo aplicado conforme a equação (2), proposta por Rouse *et al.* (1973):

$$NDVI = (\rho_{IVP} - \rho_{VM}) / (\rho_{IVP} + \rho_{VM}) \quad (2)$$

Em que ρ_{IVP} corresponde à reflectância na faixa espectral do infravermelho próximo (banda 4 do sensor TM-Landsat 5) e ρ_{VM} corresponde à reflectância na faixa espectral do vermelho (banda 3 do sensor TM Landsat 5).

2.2.4 Mapeamento das unidades fitofisionômicas

Para o mapeamento das unidades fitofisionômicas foi utilizada a classificação orientada a objetos e optou-se por escolher uma imagem compatível com a data mais próxima possível da primeira campanha de campo, realizada em novembro de 2010, sendo, por isso, escolhida uma imagem do sensor TM-Landsat de 05 de setembro de 2010. Foram utilizados como dados de entrada no processo de classificação uma imagem NDVI, uma imagem MNDWI e as demais bandas espectrais (1, 2, 3, 4, 5 e 7) do sensor TM-Landsat 5. O processo de segmentação foi aplicado através de três parâmetros definidos pelo usuário: escala, forma e compacidade. O parâmetro de escala determina a heterogeneidade máxima permitida para os objetos da imagem, e seu valor varia de acordo com o tamanho dos objetos resultantes: um parâmetro de escala com valores maiores produzem objetos maiores. O parâmetro de forma é a união dos parâmetros de compacidade e suavidade. O parâmetro de compacidade é definido pela razão da área do objeto e o raio da circunferência abrangente. O parâmetro de suavidade expressa o limite entre objetos, onde, quanto mais fractal, maior o índice de forma (EVANS *et al.*, 2010; ESCH *et al.*, 2008). Na segmentação foi utilizado um parâmetro de escala definido como 30, compacidade 0,5 e suavidade 0,5. Os algoritmos *assign class* e *nearest neighbor*, bem como descritores de média, área e relação de borda foram os padrões empregados na classificação.

Abaixo encontram-se relacionadas as classes utilizadas no mapeamento das unidades fitofisionômicas:

- Cerrado: na área de estudo, correspondem as fitofisionomias de Cerrado típico e

Cerradão, de acordo com Coutinho (1978), Savana Florestada e Savana Arborizada, conforme Veloso *et al.* (1991), ou Savana Arbórea Aberta sem Floresta-de-Galeria e Savana Arbórea Densa, conforme BRASIL (1981).

- Mata de Galeria: são as fitofisionomias de Floresta-de-galeria presentes nas Savanas Arborizada, Parque e Gramíneo-lenhosa (VELOSO *et al.*, 1991), Savana Arbórea Aberta com Floresta-de-Galeria e Savana Parque com Floresta-de-Galeria (BRASIL, 1981);

- Varjão: caracterizada como Savana Parque (VELOSO *et al.*, 1991), Savana Parque sem Floresta-de-Galeria e Savana Gramíneo-Lenhosa sem Floresta-de-Galeria (BRASIL, 1981);

- Ipuças: são formações florestais inundáveis, possuem estrutura florística peculiar, aparecendo espécies vicariantes do baixo Amazonas e dos rios Xingu e Araguaia (SCHAEFER *et al.*, 2009). Aparecem em forma de pequenas manchas circulares ou ovaladas em meio às paisagens da planície do Médio Araguaia.

- Outras classes: correspondem às feições que não englobam as unidades fitofisionômicas e se faziam presentes na área de estudo (área urbana, áreas agrícolas, pastagens, rios, córregos, lagos e lagoas).

2.2.5 Mapeamento das áreas inundáveis

Para o mapeamento das áreas inundáveis, foi utilizado o classificador não-paramétrico *Support Vector Machine* (SVM) desenvolvido por Vapnik (1995) e colaboradores (BOSER *et al.*, 1992; CORTES e VAPNIK, 1995). Inicialmente foi efetuada a seleção das amostras de treinamento para implementação do algoritmo de classificação SVM. Mather (2004) relatou que para os classificadores estatísticos convencionais tais como o algoritmo de classificação por máxima verossimilhança, recomenda-se 30 amostras por classe. Paul e Mather (2006) mostram que o classificador SVM têm obtido resultados satisfatórios com uma menor quantidade de amostras de treinamentos. Para este estudo, foram utilizadas 20 amostras representativas de cada classe, distribuídas aleatoriamente.

Na execução do classificador SVM foi utilizado o *software* de processamento digital de imagens Envi 4.8, tendo como base as imagens MNDWI. Foi escolhido como parâmetro de

entrada a função de base radial, que é uma das funções mais comumente aplicadas em dados provenientes do sensoriamento remoto, como pode ser observado nos trabalhos de Pal e Mather (2004) e Foody e Mathur (2004). O parâmetro de penalidade foi fixado em seu valor máximo de 100, forçando todos os pixels das amostras de treinamento a convergirem para uma classe. O nível de pirâmide foi definido como zero, fazendo com que a imagem seja processada com resolução espacial completa. O valor gamma na função Kernel, foi especificado como 0,167, sendo esse valor referente ao inverso do número de bandas do sensor TM Landsat utilizadas como dados de entrada no processo de classificação (total de seis bandas). O limiar de probabilidade de classificação foi aplicado como zero, limitando todos os pixels da imagem a obter exatamente o rótulo de uma classe, não permanecendo nenhum pixel sem ser classificado.

Nesse processo foram definidas duas classes: áreas inundáveis e áreas não inundáveis, sendo computados para esse estudo somente os resultados obtidos pela classe de áreas inundáveis com o uso da imagem do período de cheia.

O mapeamento das áreas inundáveis foi obtido por meio da sobreposição topológica de corte (*erase*) para os valores de inundações obtidos entre as imagens do ano de 2007 no período de cheia e seca, ou seja, foi realizada a subtração entre a classificação gerada entre a imagem de cheia e seca, obtendo-se assim, somente a área inundável para a área de estudo (Figura 4).

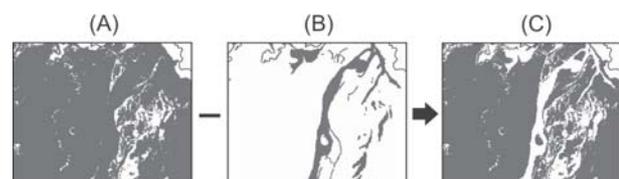


Fig. 4 - Esquema da sobreposição topológica de corte na obtenção do mapa de áreas inundáveis. (A) Cheia; (B) Seca e (C) Área inundável.

2.2.6 Mapeamento das classes de altitude e declividade

Para o mapeamento das classes de altitude e declividade, foi utilizado o MDE SRTM, que inicialmente foi submetido à remoção de depressões espúrias. As depressões espúrias ou *sinks* são considerados impedimentos ao escoamento.

mento superficial, quando da aplicação de modelos chuva-vazão, modelos sedimentológicos e de poluentes de origem difusa (MENDES e CIRILO, 2001). Esse processo consiste na utilização dos valores mais consistentes que estão adjacentes a essas depressões, sendo utilizados como parâmetros de entrada no processo de interpolação, preenchendo essas pequenas depressões que podem ter originadas erroneamente no processo de criação do MDE.

No mapeamento da altitude e declividade, foram definidas três classes: baixa, média e alta, nas quais foram delimitadas segundo análise do histograma de frequência das cotas altimétricas do MDE. Como na área de estudo a altitude exibe valores baixos na maior parte das regiões, foi utilizado um intervalo entre as classes de acordo com a distribuição da ocorrência da altitude e declividade a partir do método de aproximação denominado “Quebra Natural” (*Natural Breaks*) desenvolvido por Jenks (1977). Este método ajusta os limites das classes de acordo com a distribuição dos dados, identificando pontos de quebra entre as classes, utilizando uma análise estatística que se baseia na variabilidade dos dados, que minimiza a soma da variância dentro de cada uma das classes. Este método encontra agrupamentos e padrões inerentes aos dados, diferenciando áreas entre si (SALLUN *et al.*, 2007).

Na obtenção dos dados de declividade foi utilizada a função *slope* disponível na extensão *Spatial Analyst* do *software* ArcGIS 9.3 aplicada no MDE SRTM.

2.2.7 Validação e análise das relações espaciais

Para validação dos mapeamentos das unidades fitofisionômicas e das áreas inundáveis foram utilizados 288 e 144 pontos, respectivamente. Foram realizadas duas campanhas de campo. Na primeira campanha, no mês de novembro de 2010, período de seca, os pontos foram coletados *in loco*. Já na segunda campanha, realizada no período de cheia, em março de 2011, foi realizado um levantamento aéreo que possibilitou uma maior abrangência para coleta dos pontos de validação. Além dos pontos coletados em campo, foram utilizados, como fontes de validação, imagens HRG SPOT 5 (2,5m de resolução espacial) do ano de 2009 e imagens

Íkonos disponíveis no Google Earth Pro (JUSTICE *et al.*, 2000; MORISETTE *et al.*, 2003).

Na avaliação dos resultados das classificações foram utilizados os coeficientes de exatidão global e Kappa gerados a partir da matriz de confusão (CONGALTON, 1991). Para conceituar os resultados obtidos pelo coeficiente Kappa, foram utilizados os intervalos pré-definidos por Landis e Koch (1977).

Na análise das relações espaciais, o mapa de unidades fitofisionômicas foi cruzado com o mapa de áreas inundáveis, altitude e declividade aos pares.

Cada cruzamento obteve como resultado uma tabela de contingência, que apresentou a área de intersecção entre as classes cruzadas, nas quais cada mapa foi considerado como uma variável. A associação entre essas variáveis foi verificada utilizando teste de Qui-quadrado (χ^2). Para os valores de χ^2 significativos, foram calculados o coeficiente de correlação de Cramer (Ö). Este coeficiente varia de zero a um e foi utilizado como indicativo de associação entre as variáveis analisadas.

Os cruzamentos que apresentaram os maiores valores de Ö para cada conjunto de mapas temáticos foram analisados quanto à porcentagem de contribuição de cada classe para o valor do χ^2 final, com base na diferença entre o observado e o esperado (quanto maior a diferença entre esperado e observado, maior a porcentagem de contribuição da classe e, portanto, maior associação entre as variáveis).

Em cada cruzamento, dentro de cada unidade fitofisionômica, foi realizada uma análise da frequência relativa das classes de altitude, declividade e inundação. Esses dados serviram como critério para a confecção de um perfil esquemático para melhor representação da ocorrência das unidades fitofisionômicas para essa região.

O método de análise descrito foi o mesmo seguido por Shida e Pivello (2002), Ruggiero *et al.* (2006) e Fantin-Cruz *et al.* (2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Mapeamentos realizados

O mapa de unidades fitofisionômicas é mostrado na Figura 5. As áreas de Varjão

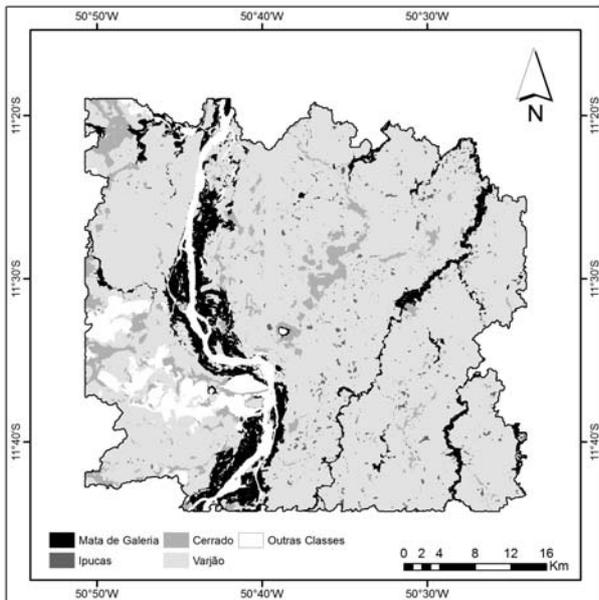


Fig. 5 - Mapa de unidades fitofisionômicas da área de estudo.

(fitofisio-nomias de campos de murundus) foi a classe predo-minante, cobrindo 72% da área, seguida pela Mata de Galeria com 9%, Cerrado (cerrado típico e cerradão) com 8%, e Ipucas (fragmentos naturais de florestas inundáveis) com 3%. As demais classes que não estão relacionadas com propósito desse estudo corresponderam a 8%.

De um total de 288 pontos amostrados no processo de validação, 240 pontos foram mapeados corretamente e o valor do coeficiente de concor-dância Kappa obtido foi de 0,72, considerado como “muito bom” de acordo com os critérios estabe-lecidos por Landis e Koch (1977). O mapeamento das unidades fitofisi-onômicas obteve um índice de exatidão global de 83%, sendo considerados satisfatórios para o propósito desse estudo.

De acordo com o mapa de altitude mostrado na Figura 6, a área de estudo possui uma altitude média de 192 m onde a menor altitude obtida foi de 182 m e a maior de 306 m, com um desvio-padrão entre as cotas altimétricas de 5 m. A altitude diminui em direção ao norte onde está localizada a foz do Rio Araguaia.

A maior parte da área (61%) encontra-se em altitudes inferiores a 192 m (baixa altitude), seguido por altitudes médias (192 a 203 m) em 35% da área e 4% em altitudes superiores a 203 m (alta altitude).

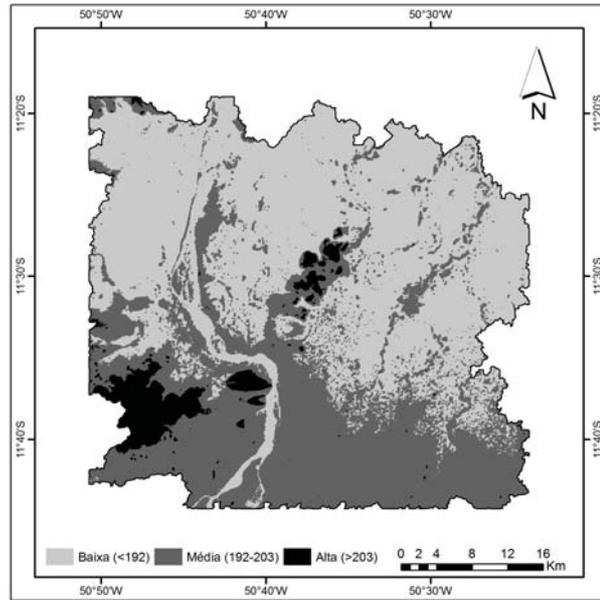


Fig. 6 - Mapa de altitude da área de estudo.

A região possui um relevo praticamente plano em toda a sua extensão, com declividades que variam de 0 a 2,0%. A maior parte da área de estudo (56%) possui declividade baixa (0-0,48%); 39% da área apresenta declividade média (0,48-2,0%); e apenas 5% possui declividade alta, sendo superiores a 2,0% (Figura 7). A porção leste da área de estudo é mais plana que a porção oeste, que possui maiores declividades. Na porção leste encontra-se a Ilha do Bananal que abrange boa parte das áreas consideradas como de baixa declividade, favorecendo a ocorrência da planície de inundação na região do Médio Araguaia.

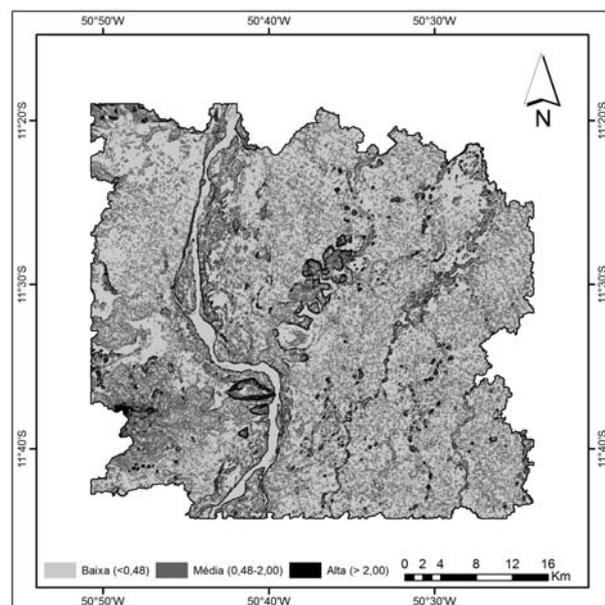


Fig. 7 - Mapeamento de declividade da área de estudo.

O mapeamento das áreas inundáveis obteve uma exatidão global de 81,25% e um coeficiente de concordância Kappa de 0,59. E este valor, de acordo com Landis e Koch (1977), representa boa qualidade. Foi verificado que 66,3% correspondem a classe de áreas inundáveis e 33,7% às áreas não inundáveis (Figura 8). Do total das áreas inundáveis foi verificado que 29,6% se encontram no município de São Félix do Araguaia e 70,4% na planície de inundação da Ilha do Bananal, que justifica sua importância ecológica em rela o ao elevado grau de ocorrência de áreas úmidas, ocasionadas pela espacializa o dessas áreas inundáveis durante o período de cheia na região.

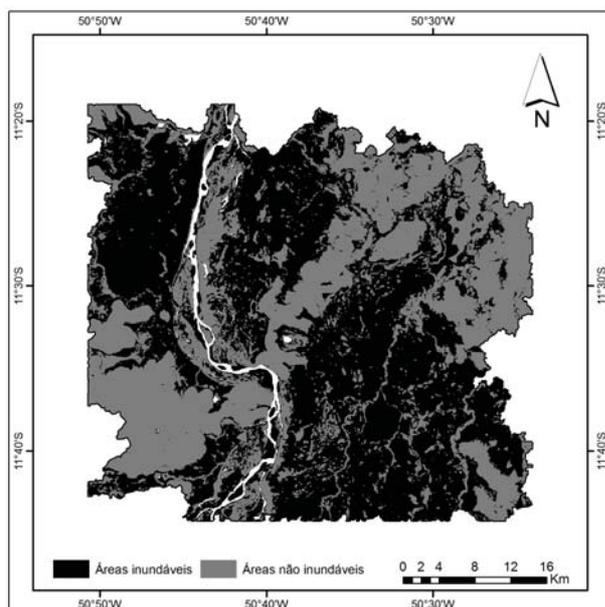


Fig. 8 - Mapeamento de áreas inundáveis da área de estudo.

3.2 Relat o entre as unidades fitofisionômicas, altitude, declividade e inunda o

Com os mapeamentos realizados foi possível efetuar as associa es temáticas que resultaram em uma tabela de contingência, na qual foi analisada a distribui o relativa das classes de altitude, de declividade e de inunda o dentro de cada unidade fitofisionômica.

Na Figura 9 apresenta-se a análise das classes de altitude entre as fitofisionomias. O Cerrado apresentou maior ocorrência entre as classes de baixa altitude (46%) e média altitude (44%), o Varjão e as Ipucas se localizam na classe de baixa altitude com 67% e 59%, respectivamente, e as Matas de Galeria apresentaram

maior freq ncia na classe de média altitude (59%).

Na análise entre as classes de declividade foi verificado que o Cerrado e a Mata de Galeria possuem maior ocorrência na classe de média declividade com 49% e 54%, respectivamente. O Varjão está associado principalmente com a classe de baixa declividade com 62%, e as Ipucas apresentaram uma maior freq ncia entre as classes de baixa declividade (45%) e média declividade (46%) como se observa na Figura 10.

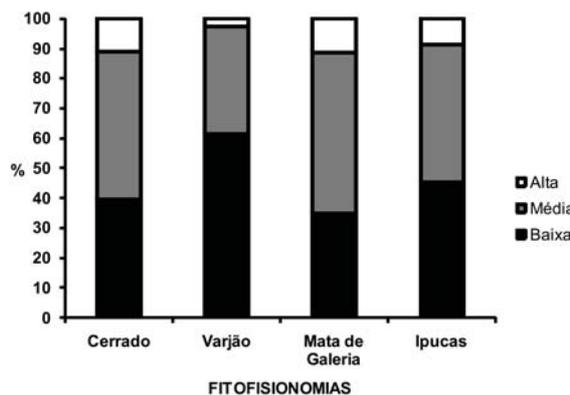


Fig. 10 - Ocorrência das unidades fitofisionômicas de acordo com as classes de declividade.

Na análise da ocorrência das unidades fitofisionômicas entre as classes de inunda o, as fitofisionomias que apresentaram certo equilíbrio entre as áreas inundáveis e não inundáveis foram o Cerrado e a Mata de Galeria, sendo que o Cerrado apresentou 49% de áreas inundáveis e 51% para áreas não inundáveis. Para Mata de Galeria foi verificado que 51% envolvem a classe de áreas inundáveis e 49% são áreas não inundáveis. Já as Ipucas apresentaram uma maior ocorrência nas áreas inundáveis com 63%.

O percentual relativo referente às áreas inundáveis para as Ipucas pode estar subestimado, pois se esperava um maior percentual para suas áreas inundáveis. Durante o processo de classifica o digital as Ipucas apresentaram uma resposta espectral similar às demais fitofisionomias analisadas, pode ter resultado em certa confusão entre essa classe e as demais fitofisionomias em alguns locais na área de estudo. Esse fato está diretamente relacionado com a escala de trabalho abordada e poderia ser solucionado em estudos futuros utilizando imagens com uma maior resolu o espacial, na qual proporcionaria uma maior gama de

informações e melhor diferenciação entre as fitofisionomias.

O Varjão com 73% foi a fitofisionomia que apresentou maior frequência relativa em relação às áreas inundáveis (Figura 11). Esses resultados foram verificados durante o processo de validação de campo para o mapeamento da inundação, onde os Varjões apresentaram-se cobertos por uma lâmina d'água variável ao longo da planície de inundação (Figura 12).

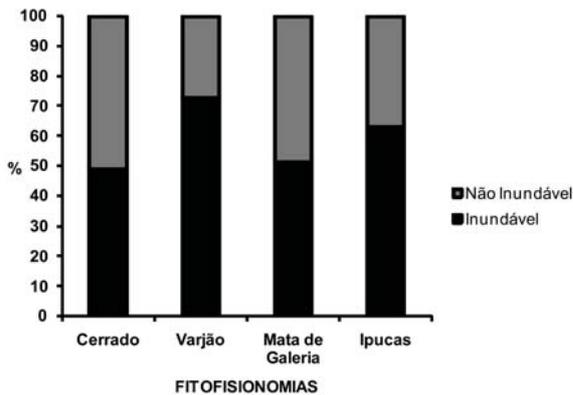


Fig. 11 - Ocorrência das unidades fitofisionômicas de acordo com as áreas inundáveis.



Fig. 12 - Varjões localizados na planície de inundação da área de estudo.

Com bases nessas análises, a maior ocorrência para cada unidade fitofisionômica é apresentada no Quadro 1. Os resultados da relação entre as unidades fitofisionômicas com a altitude, declividade e inundação são evidenciados no perfil esquemático para a área de estudo (Figura 13).

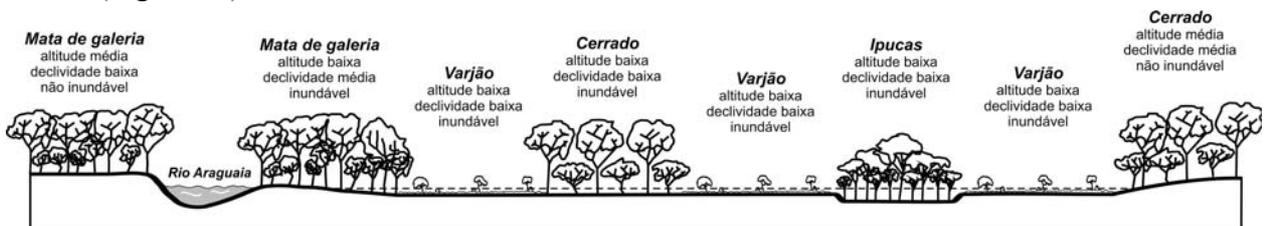


Fig. 13 - Perfil esquemático para a planície de inundação do Médio Araguaia. A linha tracejada representa a altura da inundação.

Quadro 1: ocorrência das unidades fitofisionômicas em relação à altitude, declividade e inundação

Fitofisionomias	Variáveis		
	Altitude	Declividade	Inundação
Cerrado	Baixa e Média	Média	Inundável e Não Inundável
Varjão	Baixa	Baixa	Inundável
Mata de Galeria	Média	Média	Inundável e Não Inundável
Ipucas	Baixa	Baixa e Média	Inundável

A tabulação cruzada para todos os mapas se mostraram significativamente associados e correlacionados, com valores de χ^2 significativos em nível de 1% de probabilidade (Tabela 1). Portanto, a independência entre os fatores é muito pouco provável e as unidades fitofisionômicas dependem da altitude, declividade e inundação para sua ocorrência.

Tabela 1: Valores de qui-quadrado (χ^2) obtidos dos três cruzamentos, graus de liberdade (GL) e o coeficiente de cramer (\hat{O})

Cruzamentos	χ^2	GL	Φ	p
Fitofisionomia x Altitude	9631	6	0,16	< 0,01
Fitofisionomia x Declividade	10053	6	0,17	< 0,01
Fitofisionomia x Inundação	6554	4	0,19	< 0,01

No cruzamento das unidades fitofisionômicas com a altitude, declividade e inundação os Varjões sempre foram responsáveis pela maior significância do χ^2 . Essa contribuição dos varjões que elevam o grau de associação da vegetação com a altitude, declividade e inundação é evidente e esperada, pois os Varjões foram predominantes em todas as classes analisadas.

No entanto, o coeficiente de associação V de Cramer mostrou que as associações ou dependências entre as unidades fitofisionômicas e esses fatores analisados, embora significativas, foram baixas e seguem a seguinte ordem de importância: inundação ($\hat{O} = 0,19$), declividade ($\hat{O} = 0,17$) e altitude ($\hat{O} = 0,16$). Portanto, a inundação foi a principal variável que influenciou a ocorrência das unidades fitofisionômicas dessa região.

A inundação atua como macro fator determinante da estrutura e do funcionamento de ecossistemas alagáveis através de altera es sazonais das propriedades físicas, químicas e biológicas destes sistemas (JUNK *et al.*, 1989; NEIFF, 1990). Damasceno-Junior *et al.* (2005) relataram que a inunda o sazonal pode produzir muitos efeitos nas comunidades de plantas. Ela pode diminuir a taxa de crescimento das árvores, alterar o metabolismo de espécies lenhosas, o que influencia na morfologia dos indivíduos e na sua riqueza, estrutura e ocorrência.

Os aspectos relacionados a seus atributos, tais como a magnitude, dura o e frequência da inunda o são de grande interesse na ecologia, pois afetam a habilidade da biota em se adaptar a determinadas condi es ambientais. A variabilidade da magnitude da inunda o determina o grau de conectividade entre os sistemas rio-planície bem como entre os compartimentos dentro da planície. Além disso, promove a transferência de matéria, nutrientes e organismos (Tockner *et al.*, 1999), por fluxos horizontais entre os sistemas. Já a dura o da inunda o na planície limita a distribui o de espécies vegetais conforme sua tolerância ao tempo da inunda o (CUNHA e JUNK, 2001).

Resultados semelhantes aos apresentados nesse trabalho foram encontrados por Fantin-Cruz *et al.* (2010) que analisaram a ocorrência de unidades fitofisionômicas e suas rela es com a inunda o (intensidade e dura o) e a topografia em um sítio de amostragem de 5km x 5 km, na região do Pantanal norte mato-grossense. Esses autores verificaram que a cota topográfica influencia, mas não determina a ocorrência das unidades fitofisionômicas para aquela região e concluíram que as unidades fitofisionômicas são influenciadas especialmente pela intensidade da inunda o ($\bar{O} = 0,2$), dura o da inunda o ($\bar{O} = 0,15$) e topografia ($\bar{O} = 0,13$).

Como justificativa para o baixo grau de associa o apresentado entre as variáveis analisadas no presente estudo   passível de afirmar que os fatores fisiográficos (altitude e declividade) e hidrológicos (inunda o) analisados possuem uma parcela de contribui o no desenvolvimento de fitofisionomias em uma dada região. Portanto, não poderão ter um maior grau de associa o, pois a ocorrência e o desenvolvimento das unidades fitofisionômicas dependem também dos fatores edáficos e

biológicos, e ainda, demais variáveis fisiográficas e climáticas que não foram abordadas no presente estudo.

Estudos envolvendo a rela o de unidades fitofisionômicas com os fatores edáficos foram abordados por Ruggiero *et al.* (2006) que realizaram um estudo da rela o entre fitofisionomias com a topografia e o solo em uma área de cerrado. Esses autores verificaram que os cruzamentos que apresentaram os maiores valores de \bar{O} com a vegeta o foram os mapas de solos ($\bar{O} = 0,54$). Zeilhofer e Schessl (2000) mostraram que além da inunda o, os tipos de solo, principalmente a sua estrutura, apresentam efeito significativo na ocorrência das unidades fitofisionômicas no Pantanal. Shida e Pivello (2002) estudaram a rela o das classes de uso da terra com a declividade, solos e a geomorfologia na região de Luiz Ant nio e Santa Rita do Passa Quatro no estado de São Paulo. Esses autores concluíram que a ocupa o das terras na região estudada foi significativamente influenciada pelas variáveis estudadas, especialmente o tipo de solo ($\bar{O} = 0,3$), seguido da geomorfologia ($\bar{O} = 0,25$) e declividade ($\bar{O} = 0,16$).

Vale ressaltar ainda a possibilidade de se analisar, em trabalhos futuros, outras variáveis relacionadas   fisiografia, citando como exemplo o trabalho de Bispo *et al.* (2010) que estudaram a rela o entre a ocorrência de  tu sionomias do Parque Nacional de Brasília e as variáveis morfométricas (eleva o, declividade, orienta o de vertentes, curvatura vertical e curvatura horizontal) envolvendo estimativas da ocorrência de unidades fitofisionômicas por meio de estatísticas multi-variadas. Tais análises indicaram que as fitofisio-nomias podem ser separadas com base nas condi es topográficas do terreno. As variáveis morfométricas mais importantes na distin o entre os tipos vegetacionais foram a eleva o, a declividade e a orienta o de vertente.

4. CONCLUSÕES

A utiliza o de dados TM-Landsat 5 no mapeamento de fitofisionomias e das áreas de inunda o, bem como o MDE SRTM interpolado para 30 m na extra o de variáveis fisiográficas (altitude e declividade) demonstraram grande potencial no estudo da distribui o das fitofisionomias existentes.

Com a utilização da classificação orientada a objetos aplicada em dados TM-Landsat 5 (setembro de 2010) e o uso adicional do NDVI foi possível a discriminação de quatro unidades fitofisionômicas (Varjão, Mata de Galeria, Cerrado e Ipucas) com uma exatidão temática considerada muito boa de acordo com os conceitos de Landis e Koch (1977).

O uso do classificador SVM aplicado ao MNDWI gerado com dados TM-Landsat 5 (março de 2007) no mapeamento da inundação mostrou-se eficiente com uma exatidão avaliada como boa de acordo com os conceitos de Landis e Koch (1977).

O erro relacionado com a associação da fitosionomia de Ipucas em áreas não inundadas e inundadas mostra que é necessário avaliar o uso de dados de alta resolução para melhorar a sua correta diferenciação.

O Varjão foi a unidade fitofisionômica predominante na área de estudo e a classe responsável pela maior significância nas análises estatísticas.

A ocorrência das quatro fitofisionomias (Varjão, Mata de Galeria, Cerrado e Ipucas) na região estudada foi significativamente influenciada pela altitude, declividade e inundação. A inundação foi a variável analisada que mais influenciou a distribuição da vegetação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU) - Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia - CNPq/MCT pelo apoio financeiro para realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER-GOLDEN, S. M.; MATTHEW, M. W.; BERNSTEIN, L. S.; LEVINE, R. Y.; BERK, A.; RICHTSMIEIER, S. C.; ACHARYA, P. K.; ANDERSON, G. P.; FELDE, G.; GARDNER, J.; HIKE, M.; JEONG, L. S.; PUKALL, B.; MELLO, J.; RATKOWSKI, A.; BURKE, H. Atmospheric correction for shortwave spectral imagery based on MODTRAN4. **SPIE Proceeding Imaging Spectrometry**, v.3753, p. 61-69, 1999.

ANA. Agência Nacional das Águas. **HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 27 mar. 2011.

ARIEIRA, J.; CUNHA, C. N. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. **Acta Botânica brasílica**. v.20, n.3, p.569-580, 2006.

BAYER, M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do Rio Araguaia, entre Registro do Araguaia (GO) e Cocalinho (MT)**. 2002. 137p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

BERK, A. G. P.; ADLER-GOLDEN, S. M.; RATKOWSKI, A. J.; FELDE, G. W.; ANDERSON, G. P.; HOKE, M. L.; COOLEY, T.; CHETWYND, J. H.; GARDNER, J. A.; MATTHEW, M. W.; BERNSTEIN, L. S.; ACHARYA, P. K.; MILLER, D.; LEWIS, P. Exploiting MODTRAN radiation transport atmospheric correction: the FLAASH algorithm. **SPIE Proceeding Optical Spectroscopic Techniques and Instrumentation for Atmospheric and Space Research**, v.2, p. 798-803, 2002.

BISPO, P. C.; VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M. Relação entre as variáveis morfométricas extraídas de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e a vegetação do Parque Nacional de Brasília. **Acta Botanica Brasílica**, v.24, p.96-103, 2010.

BOSER, B.; GUYON, I; VAPNIK, V. N. A training algorithm for optimal margin classifiers. In: Annual Workshop on Computational Learning Theory, 5., 1992, Pittsburgh. **Proceedings...** SanMateo, CA: Morgan Kayfmann, p. 144-152, 1992.

BRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL** : Folha SC. 22 Tocantins, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. 524p.

BRITO, E. R.; MARTINS, S. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SILVA, E.; SILVA, A. F. Estrutura fitossociológica de um fragmento natural de floresta inundável em área de orizicultura irrigada, município de Lagoa da Confusão, Tocantins. **Revista Árvore**, v.30, n. 5, p.829-836, 2006.

- BRIVIO, P. A.; COLOMBO, R.; MAGGI, M.; TOMASONI, R. Integration of remote sensing data and GIS for accurate mapping of flooded areas. **International Journal of Remote Sensing**, v.23, n. 3, p. 429–441, 2002.
- CARVALHO, T. M.; LATRUBESSE, E. M. Aplicação de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.5, n. 1, p.85-93, 2004.
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.37, p.35-46, 1991.
- CORTES, C.; VAPNIK, V. Support vector networks. **Machine Learning**, v.20, n.3, p. 273-297, 1995.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.1, p. 17-23, 1978.
- CUNHA, C. N.; JUNK, W. J. Distribution of woody plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v.27, p. 63–70, 2001.
- CUNHA, C. N.; JUNK, W. J.; LEITÃO-FILHO, H. F. Woody vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brasil: a preliminary typology. **Amazoniana**, v.19, p.59-184, 2007.
- DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; SEMIR, J.; SANTOS, F. A. M.; LEITÃO-FILHO, H. F. Structure, distribution of species and inundation in a Riparian Forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. **Flora**, v.200, n.2, p.119-135, 2005.
- ESCH, T.; THIEL, M.; BOCK, M.; ROTH, A.; DECH, S. Improvement of image segmentation accuracy based on multiscale optimization procedure. **IEEE Geoscience Remote Sensing Letters**, v.5, p. 463–467, 2008.
- EVANS, T. L.; COSTA, M.; TELMER, K.; SILVA, T. S. F. Using Alos/Palsar and Radarsat-2 to Map Land Cover and Seasonal Inundation in the Brazilian Pantanal. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v.3, p. 560-575, 2010.
- FANTIN-CRUZ, I.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; COLLISCHONN, W.; CUNHA, C. N. Unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal Norte e suas relações com a geomorfologia. **Biota Neotropica**, v.10, n.2, p.31-38, 2010.
- FANTIN-CRUZ, I.; PEDROLLO, O.; CASTRO, N. M. R.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; HAMILTON, S. K. Historical reconstruction of floodplain inundation in the Pantanal (Brazil) using neural networks. **Journal of Hydrology**, v.399, p.376-384, 2011.
- FOODY, G. M.; MATHUR, A. A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machine. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.42, n.6, p. 1335-1343, 2004.
- JENKS, G. F. **Optimal data classification for choropleth maps: Occasional Paper**, n. 2, Department of Geography, University Kansas, 1977, 24 p.
- JPL. Jet Propulsion Laboratory. Wetlands data – Global Data Elevation Model. Acesso em: 06 jun. 2010. Disponível em: <http://wetlands.jpl.nasa.gov/data/index.html>.
- JUNK, W. J.; BAILEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river–floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.106, p.110–127, 1989.
- JUSTICE, C.; BELWARD, A.; MORISETTE, J.; LEWIS, P.; PRIVETTE, J.; BARET, F. Developments in the validation of satellite sensor products for the study of land surface. **International Journal of Remote Sensing**, v.21, p. 3383–3390, 2000.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: conunestudio de los climas de latierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 1948, 479p.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p. 159-174, 1977.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia. **Revista UnG-Geociências**, v.5, p. 65-73, 2006.

- MARIMON, B. S.; LIMA, E. S. Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no Pantanal dos Rios Mortes-Araguaia, Cocalinho, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p.213-229, 2001.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. Thematic Mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523, 1987.
- MARTINS, A. K. E.; SCHAEFER, C.E. G. R.; SILVA, E.; SOARES, V. P.; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de ipucas na planície do Médio Araguaia – Estado de Tocantins. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.297-310, 2006.
- MARTINS, S. V.; BRITO, E. R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SILVA, A. F.; SILVA, E. Floristic composition of two wetland forests in Araguaian plain, State of Tocantins, Brazil, and comparison with other areas. **Revista Árvore**, v.32, n. 1, p.129-141, 2008.
- MARTINS, Y. C. M.; SOARES, V. P.; SILVA, E.; BRITES, R. S. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “Ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. **Revista Árvore**, v.26, p. 299-309, 2002.
- MATHER, P. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction**. 3^a ed., Chichester, Ed. John Wiley & Sons, 2004, 170 p.
- MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001, 536 p.
- MILESKI, E. **Aspecto da vegetação e do ecossistema da Ilha do Bananal. Mapa fitoecológico e indicadores da pressão antrópica**. Brasília: Gráfica da Secretária de Assuntos Estratégicos, 1994. 104 p.
- MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do Rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a foz do Rio Cristalino na Ilha do Bananal no período entre as décadas de 60 e 90**. 2002. 189 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Goiás – Goiânia
- MORAIS, R. P. OLIVEIRA, L. G.; LATRUBESSE, E.M.; PINHEIRO, R.C. Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio Rio Araguaia. **Acta Scientiarum**, v.27, p.203-213, 2005.
- MORISSETTE, J.T.; NICKESON, J.E.; DAVIS, P.; WANG, Y.; TIAN, Y.; WOODCOCK, C.E.; SHABANOV, N.; HANSEN, M.; COHEN, W.B.; OETTER, D.R.; KENNEDY, R.E. High spatial resolution satellite observations for validation of MODIS land products: IKONOS observations acquired under the NASA scientific data purchase. **Remote Sensing of Environment**, v. 88, p. 100-110, 2003.
- NEIFF, J.J., Ideas for an ecological interpretation of the Paraná. **Interciencia**, v.156, p. 424–441, 1990.
- PAL, M., MATHER, P.M. Some issues in the classification of DAIS hyperspectral data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, p.2895–2916, 2006.
- PAL, M.; MATHER, P. M. Assessment of the effectiveness of support vector machine for hyperspectral data. **Future Generation Computer Systems**, v. 20, n. 7, p. 1215–1225, 2004.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3, WASHINGTON, 1973 Washington. **Proceedings....** Washington: National Aeronautics and Space Administration, 1973, p.309-317.
- RUGGIERO, P. G. C.; PIVELLO, V. R.; SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.; PIRES NETO, A. G. Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos? **Acta Botânica Brasilica**, v.20, n.2, p.383-394, 2006.
- SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; SALLUN-FILHO, W. Geoprocessamento para cartografia do alogrupo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). **Revista Brasileira de Cartografia**, v.59, n. 3, p.289-299, 2007.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; FERREIRA JÚNIOR, W. G.; VALENTE, E.

- L.; CORRÊA, G. R. Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florística. In: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. Viçosa, Editora UFV, 2009, p. 143-182.
- SHIDA, C. N.; PIVELLO, V. R. Caracterização fisiográfica e de uso das terras da região de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro, SP, com o uso de sensoriamento remoto e SIG. **Investigaciones Geográficas**, v. 49, p.27-42, 2002.
- SIPPEL, S. J.; HAMILTON, S. K.; MELACK, J. M.; NOVO, E. M. M. Passive microwave observations of inundation area and the area/stage relation in the Amazon River foodplain. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 16, p. 3055-3074, 1998.
- SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUEIS, D. B. B. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, p. 46-57, 2010.
- TOCKNER, K.; PENNETZDORFER, D.; REINER, N.; SCHIEMER, F.; WARD, J. V. Hydrological connectivity and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river–floodplain system (Danube, Austria). **Freshwater Biology**, v.41, n. 23, p. 521–535, 1999.
- VAPNIK, V. N. **The Nature of Statistical Learning Theory**. New York, Springer-Verlag, 1995. 332 p.
- VELOSO H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991, 123p.
- XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.27, p.3025-3033, 2006.
- ZEILHOFER, P.; SCHESSL, M. Relationship between vegetation and environmental conditions in the Northern Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Journal of Biogeography**, v.27, n.1, p.59-168, 2000.