

**Validação do Mapeamento das Unidades de Paisagem da
Sub-Região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-
Grossense**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 138

Validação do Mapeamento das Unidades de Paisagem da Sub-Região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense

Balbina Maria Araújo Soriano
Omar Daniel
Éder Comunello
Sandra Aparecida Santos
Geula Graciela Gomes Gonçalves
João Batista Garcia

Exemplares dessa publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 3234-5800

Fax: (67) 3234-5815

Home page: www.embrapa.br/pantanal

Email: www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade Responsável pelo conteúdo

Embrapa Pantanal

Comitê Local de Publicações da Embrapa Pantanal

Presidente: *Ana Helena B.M. Fernandes*

Membros: *Fernando Rodrigues T. Dias*

Juliana Correa Borges Silva

Márcia Furlan N. T. de Lima

Suzana Maria de Salis

Sandra Mara Araújo Crispim

Viviane de Oliveira Solano

Secretária: *Marilisi Jorge da Cunha*

Supervisora editorial: *Ana Helena B.M. Fernandes*

Normalização: *Viviane de Oliveira Solano*

Tratamento de ilustrações: *Odilza Soares C. Velazquez*

Foto da capa: *Balbina Maria Araújo Soriano*

Editoração eletrônica: *Odilza Soares C. Velazquez*

1ª edição

Formato digital (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Validação do mapeamento das unidades de paisagem da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense [recurso eletrônico] / Balbina Maria Araújo Soriano... [et al.] - Corumbá, Embrapa Pantanal, 2017.

17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215; 138).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/pantanal/publicacoes>>

Título da página da Web: (acesso em 30 dez. 2017).

1. Vegetação. 2. Mapa. I. Soriano, Balbina Maria Araujo. II. Daniel, Omar. III. Comunello, Eder. IV. Santos, Sandra Aparecida. V. Gonçalves, Geula Graciela Gomes. VI. Garcia, João Batista. VII. Embrapa Pantanal. VIII. Título. VII. Série.

CDD 581.4

© Embrapa 2017

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	7
Caracterização da área de estudo	7
Classificação temática do mapeamento da sub-região da Nhecolândia	10
Trabalho de campo	112
Avaliação da acurácia do mapeamento	112
Resultados e Discussão	13
Erros de omissão e comissão.	14
Índices de exatidão global e Kappa	14
Conclusão	14
Agradecimentos	14
Referências	15

Validação do Mapeamento das Unidades de Paisagem da Sub-Região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense

*Balbina Maria Araújo Soriano*¹

*Omar Daniel*²

*Éder Comunello*³

*Sandra Aparecida Santos*⁴

*Geula Graciela Gomes Gonçalves*⁵

*João Batista Garcia*⁶

Resumo

Este trabalho teve como objetivo a validação do mapeamento das unidades de paisagem (UP) da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense realizado por meio do processamento digital das imagens de satélite TM/Landsat-5, referentes ao período de estiagem de 1999 (órbitas/pontos 226/73 e 225/73), bandas 3, 4 e 5. Após as etapas de pré-processamento, as imagens foram submetidas à técnica de classificação não supervisionada. O mapeamento das UP, resultante da classificação, foi organizado em 10 classes em função do grau de inundação e classe de vegetação (florestas, savanas e campos não inundáveis, florestas, savanas e campos sazonalmente inundáveis, florestas, savanas e campos úmidos e corpos d'água). O mapeamento foi validado por meio de unidades de amostra in loco. Devido à grande dimensão da sub-região e às dificuldades de acesso, foi estabelecido um buffer de 30 km (11% da área total) com centro na fazenda Nhumirim, onde foram coletados 99 pontos de referência, utilizados para calcular a acurácia da classificação por meio da matriz de confusão e índices gerados. Os valores da exatidão global e o Índice Kappa foram de 72,73% e 0,66, resultando num mapa temático classificado como sendo de muito boa qualidade.

Termos para indexação: índice Kappa; mapa temático; sensoriamento remoto; uso da terra.

¹Meteorologista, Dra., pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

²Engenheiro Florestal, Dr., professor titular da Faculdade de Ciências Agrárias UFGD, Dourados, MS

³Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa CPAO, Dourados, MS

⁴Zootecnista, Dra., pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

⁵Bióloga, Mestre em Agronomia, UFGD, Dourados, MS

⁶Matemático, analista da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

Validation of landscape units mapping of the Nhecolândia region, southern Pantanal, Brazil

Abstract

This work aimed to validate landscape units (LU) mapping of the Nhecolândia sub-region, Southern Pantanal, Brazil classified by satellite digital images TM/Landsat-5. The analyzed period was the drought of 1999 (orbit/points 226/73 and 225/73), bands 3, 4 and 5. After pre-processing, the images were treated by non-supervised technique. The mapping of LU from this classification was organized into 10 classes (non-flooded forest, savanna and fields, seasonal flooded forests, savanna and fields, humid flooded forest, savanna and water bodies). The mapping was validated by in loco samples, from 10th to 17th of January, 2011. A buffer of 30 km (11%) was established to collect a total of 99 reference points used to calculate the accuracy of classification by confusion matrices and generated indices. Values found for Global accuracy and Kappa Index were 72,73% and 0.66 respectively, showing a good quality of thematic mapping of the Nhecolândia sub-region.

Index terms: thematic maps, land use, remote sensing, Kappa index

Introdução

O bioma Pantanal é uma extensa planície de áreas úmidas contínuas da América do Sul com 138.183 km² de área. Está inserido na Bacia hidrográfica do Alto Paraguai (BAP), localizado na região Centro-Oeste do Brasil. O Pantanal é subdividido em onze sub-regiões (Cáceres, Poconé, Barão de Melgaço, Paraguai, Paiaguás, Nhecolândia, Abobral, Aquidauana, Miranda e Porto Murtinho), considerando-se aspectos relacionados à inundação, relevo, solo e vegetação. Estas sub-regiões possuem uma grande variabilidade de unidades de paisagem, diretamente associadas às diferentes condições ambientais a que estão sujeitas (SILVA; ABDON, 2000).

Diante dessa complexidade de ambientes, o uso de imagens orbitais tem possibilitado a realização de diversos mapeamentos regionais de vegetação, como é o caso dos mapeamentos para a sub-região de Poconé (ALMEIDA et al., 2000; NUNES DA CUNHA et al., 2007, SANTOS et al., 2009) e Nhecolândia (ABDON et al., 1998; BACANI et al., 2006; RODELA et al., 2007; RAVAGLIA et al., 2011), visando subsidiar pesquisas e estratégias de manejo, monitoramento e definição de políticas públicas.

Embora haja uma grande quantidade de mapas produzidos por meio do Processamento Digital de Imagens de Satélite (PDIS), são raros os trabalhos que avaliem a acurácia desses dados. A validação dos dados gerados por meio de PDIS é de fundamental importância para que se possa integrá-lo num Sistema de Informações Geográficas (SIG), evitando interpretações errôneas. A utilização de SIG, por si só, não garante tomadas de decisão e/ou soluções adequadas se não houver controle da qualidade dos dados obtidos (SILVA, 2003).

A estatística Kappa é um método muito utilizado para avaliar a concordância entre a verdade terrestre e os mapas temáticos gerados a partir da interpretação visual de dados de satélite ou processamento automático. A grande vantagem do uso desta estatística é que no cálculo do coeficiente são incluídos todos os elementos da matriz de erro e não somente os elementos da diagonal principal, como no caso da exatidão geral (CONGALTON, 1991).

O objetivo deste trabalho foi validar o mapeamento das unidades de paisagem da sub-região da Nhecolândia, Pantanal sul-mato-grossense (RAVAGLIA et al., 2011) por meio dos valores da exatidão global, erros de omissão e comissão e índice Kappa, avaliando a concordância entre o mapa gerado por classificação não supervisionada e a referência de campo.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A sub-região da Nhecolândia localiza-se no Pantanal Sul-mato-grossense (Figura 1), compreendendo 19,5% da planície pantaneira, agregando áreas dos municípios de Rio Verde de Mato Grosso, Aquidauana e Corumbá (SILVA; ABDON, 1998).

A região enquadra-se no tipo climático Aw (Köppen), definido como clima tropical, megatérmico (temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C) (SORIANO; ALVES, 2005). A precipitação total média anual, obtida a partir de dados mensais de 19 estações pluviométricas distribuídas no interior e entorno da sub-região da Nhecolândia, no período de 1969 a 2007 foi de 1.187,1 mm.

No decorrer do ano (Figura 2) as chuvas na região apresentam dois períodos bem definidos: um chuvoso, de outubro a março, quando ocorre cerca de 80 % do total médio anual das chuvas e um período de estiagem, de abril a setembro.

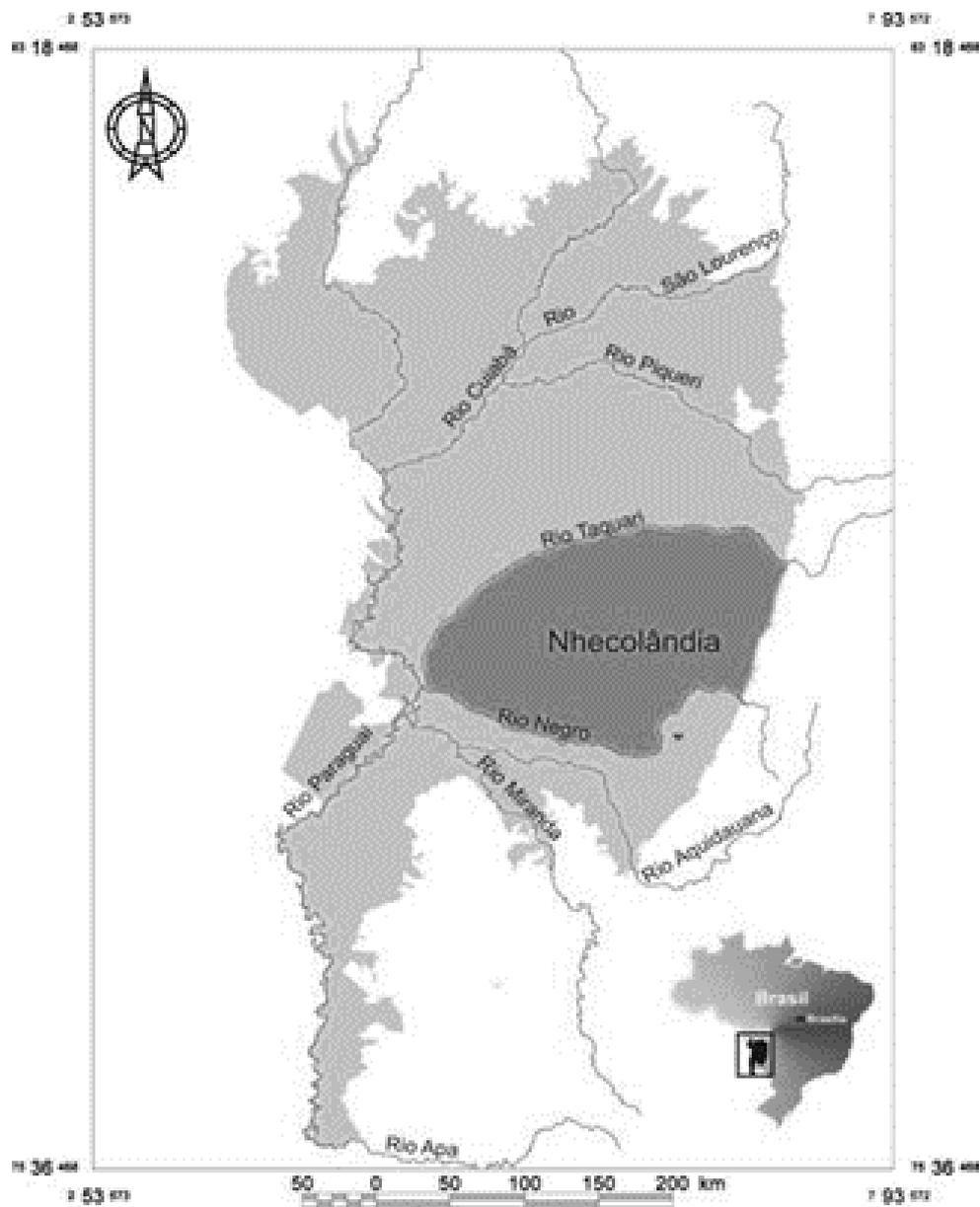


Figura 1. Localização da sub-região da Nhecolândia, no Pantanal sul-mato-grossense ().
Fonte: Adaptado de Silva e Abdon (1998).

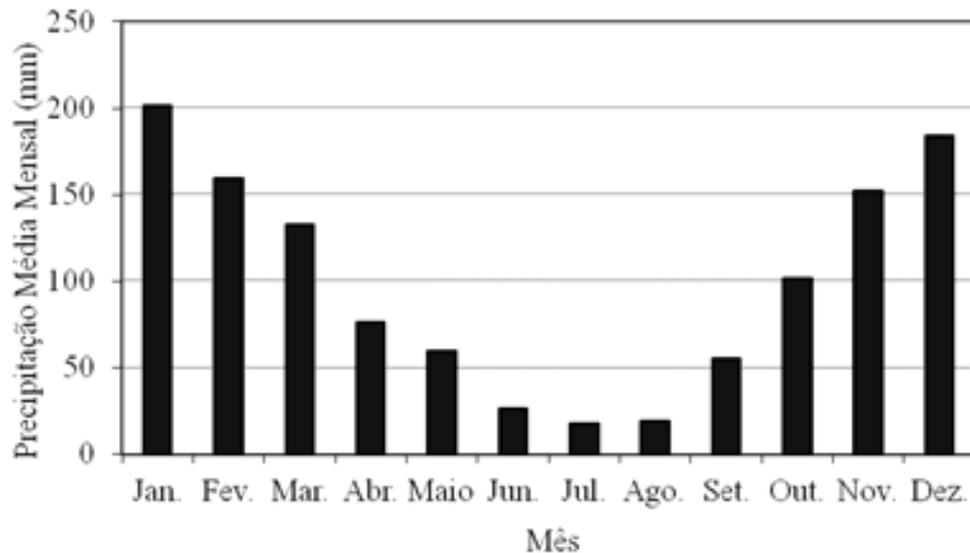


Figura 2. Distribuição média mensal da precipitação pluviométrica no interior e entorno da sub-região da Nhecolândia, no período de 1969 a 2007.

Fonte: ANA (2011).

Os meses de janeiro e dezembro são os mais chuvosos, com média histórica acima de 180 mm em cada um deles, contribuindo com mais de 32% da precipitação anual. A partir de abril ocorre uma redução sensível nos índices pluviométricos sendo que, no trimestre mais seco do ano (junho a agosto), as chuvas representam, em média, 5% do total anual (ANA, 2011).

Dados diários de temperatura e umidade relativa do ar coletados da estação climatológica convencional de Nhumirim (única estação que registra essas variáveis na área de estudo), localizada na sub-região da Nhecolândia, no período de 1977 a 2007, registraram temperatura média anual de 25°C, variando de 21°C (julho) a 28°C (janeiro). A média anual da temperatura máxima foi 32°C e, nos meses de outubro a janeiro elas foram próximas de 34°C. A média da temperatura mínima é 20,2°C, sendo julho o mês mais frio com média de 14,6°C.

A umidade relativa média anual foi 80%, oscilando entre 72,6% e 86%. As menores médias foram registradas entre os meses de julho e novembro, sendo setembro o mês mais seco da região.

A região possui densa rede hidrográfica, delimitada pelo rio Taquari ao Norte e Oeste-Sudoeste, e pelo rio Negro a Leste e Sul, alimentada no início da estação chuvosa pela cheia do Taquari. As águas escoam para Sudoeste, na direção do rio Negro que funciona como receptor (BRASIL, 1997).

O regime de inundação dessa sub-região é classificado como de baixa altura (30 a 40 cm) e de média duração (três a quatro meses), sendo a superfície inundada estimada em 30% (BRASIL, 1979). É caracterizada pela presença de lagoas, às vezes salinas, relacionadas a uma topografia extremamente suave (RATTER et al., 1988).

Os solos são de textura arenosa com teores de argila variando de 2 a 5% e 0,5% de matéria orgânica (CUNHA, 1985), pertencentes predominantemente aos grandes grupos Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos Hidromórficos. Os Espodossolos são solos minerais, de baixa fertilidade natural, baixa saturação em bases e de moderadamente a fortemente ácidos. Devido à pobreza de bases trocáveis e das condições de inundação são utilizados com pastagem natural, aproveitando os extensos campos nativos. Os Neossolos são solos pouco evoluídos, constituídos, na região, por material mineral com menos de 20 cm de espessura. Aparecem associados aos Espodossolos, ao sul e oeste da sub-região da Nhecolândia, onde a presença de lençol freático próximo à superfície lhes confere caráter hidromórfico. Sua textura muito arenosa e sua baixa fertilidade natural tornam inviável técnica e economicamente o seu uso além do aproveitamento das pastagens naturais (FERNANDES et al., 2007).

A sub-região da Nhecolândia é constituída por aproximadamente 60% de vegetação de savanas, as quais são formadas por estratos de vegetação arbustiva e herbácea. A maioria das savanas está localizada em áreas sazonalmente inundáveis, onde a dinâmica de inundação varia em função da intensidade e distribuição das chuvas (RAVAGLIA et al., 2011).

Classificação temática do mapeamento da sub-região da Nhecolândia

Procedeu-se a avaliação da acurácia do mapa gerado pela classificação temática não supervisionada das unidades de paisagem (UP) realizada para a sub-região da Nhecolândia por Ravaglia et al. (2011). Segundo os autores, para a classificação das UP foi utilizada a metodologia adotada por Rodela et al. (2007) adaptada por Santos et al. (2008, 2009). Esta metodologia baseia-se na classificação das UP conforme o regime de inundação a que são submetidas: UP habitualmente seca, UP habitualmente sazonal (até seis meses de inundação), UP habitualmente úmida (acima de oito meses de inundação) e UP corpos d'água, como também nas principais classes de vegetação que são: florestas, savanas e campos. Com base nessa classificação, conforme Tabela 1, constam as principais classes de UP para o mapeamento da sub-região da Nhecolândia.

Tabela 1. Classificação das unidades de paisagem da sub-região da Nhecolândia, Pantanal sul-mato-grossense

Classes	Unidades de paisagem	Siglas
Unidade habitualmente seca	Áreas florestais não inundáveis	AFNIA
	Áreas savânicas não inundáveis	ASNIA
	Áreas de campos não inundáveis	ACNIA
Unidade habitualmente sazonal (até seis meses de inundação)	Áreas florestais inundáveis sazonais	AFIS
	Áreas savânicas inundáveis sazonais	ASIS
	Áreas de campos inundáveis sazonais	ACIS
Unidade habitualmente úmida (acima de seis meses de inundação)	Áreas florestais inundáveis úmidas	AFIU
	Áreas savânicas inundáveis úmidas	ASIU
	Áreas de campos inundáveis úmidas	ACIU
Unidade com água permanente	Corpos d'água	Perene

Fonte: (RAVAGLIA et al., 2011).

Para a classificação foram utilizadas imagens de satélite TM/Landsat-5 de setembro de 1999 (cenas 226/73 e 225/73), baseadas na composição RGB das bandas 3 (0.63-0.69 μm , faixa espectral do vermelho), 4 (0.76-0.90 μm , infravermelho próximo) e 5 (1.55-1.75 μm , infravermelho médio), adquiridas do catálogo online gratuito do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens foram referentes ao período de estiagem por possibilitarem a identificação das marcas do alcance das inundações e melhor discriminação dos alvos em função da sua resposta espectral relacionada à ausência de nuvens (RODELA et al., 2007).

No processamento e interpretação das imagens foi utilizado o aplicativo SPRING 4.3.3 (CÂMARA et al., 1996). Após a aquisição das imagens, efetuou-se a sua correção geométrica, utilizando como referência as cenas Landsat-TM (Thematic Mapper) ortorretificadas, disponíveis gratuitamente no endereço eletrônico: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>. O erro de posicionamento expresso pelo RMS (Root Mean Square) foi menor do que 0,5 pixel para todas as cenas.

Após o georreferenciamento, as imagens foram importadas para um banco de dados no sistema, onde a projeção cartográfica adotada foi UTM, sistema de referência Datum WGS84, Zona 21, gerando-se imagens sintéticas para cada cena. Para o tratamento radiométrico das imagens sintéticas foi aplicada a operação contraste, fazendo manipulações no histograma até obter um contraste que favorecesse a visualização dos alvos na imagem. Por fim, as imagens passaram por um processo de filtragem mediante operação de realce de imagem TM, com aplicação de filtro linear, potencializando a qualidade visual, facilitando o processo de interpretação.

As imagens foram então submetidas à técnica de classificação não supervisionada, a qual consiste em um algoritmo que avalia em que classe alocar cada região em função de seus atributos estatísticos, ocorrendo a definição automática da classe e o enquadramento, a partir de agrupamentos espectrais naturais predominantes na imagem. O classificador k-médias foi o tipo de algoritmo de agrupamento utilizado para a classificação. As imagens TM/Landsat-5 foram classificadas em 25 temas (RAVAGLIA et al., 2011).

Concluída a etapa de classificação, criou-se um modelo de dados temáticos utilizando-se as 10 classes propostas (Tabela 1). Com o auxílio de pontos georreferenciados adquiridos no campo, realizou-se o mapeamento associando os temas que foram gerados automaticamente às respectivas classes do modelo de dados, para cada imagem. Após o processamento das imagens foi feito um mosaico das imagens classificadas, resultando no mapeamento das UP da sub-região da Nhecolândia (Figura 3 e Tabela 2) (RAVAGLIA et al., 2011).

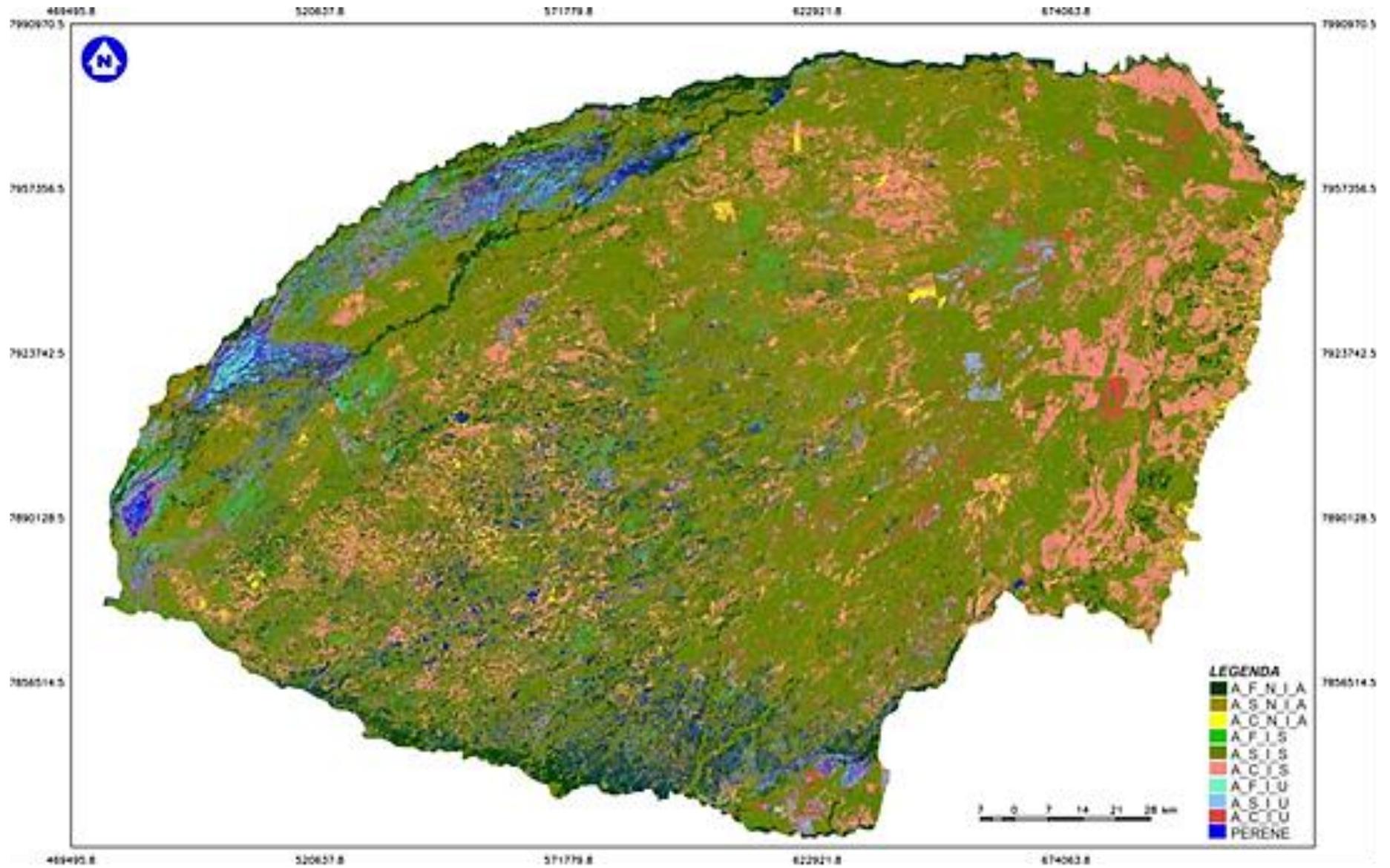


Figura 3. Mapa temático da sub-região da Nhecolândia, MS, base 1999, classificado em unidades de paisagem em função da classe da vegetação e grau de inundação. Fonte: Ravaglia et al. (2011).

Tabela 2. Superfície das unidades de paisagem da sub-região da Nhecolândia, no Pantanal Sul-Mato-Grossense (RAVAGLIA et al., 2011).

Classe	Legenda	Sub-região da Nhecolândia	
		Área (ha)	Área (%)
AFNIA	Áreas florestais não inundáveis	280.350,25	10
ASNIA	Áreas savânicas não inundáveis	428.481,25	16
ACNIA	Áreas de campo não inundáveis	32.923,00	1
AFIS	Áreas florestais sazonalmente inundáveis	76.195,75	3
ASIS	Áreas savânicas sazonalmente inundáveis	1.101.155,50	41
ACIS	Áreas de campo sazonalmente inundáveis	389.878,50	15
AFIU	Áreas florestais inundáveis/úmida	38.705,50	1
ASIU	Áreas savânicas inundáveis/úmida	99.765,00	4
ACIU	Áreas de campo inundáveis/úmida	148.871,50	6
Perene	Corpos d'água	75.723,00	3
Total		2.672.049,25	100

Trabalho de campo

Com o objetivo de validar os resultados da distribuição espacial das classes acima mencionadas, foi realizada uma expedição para coleta de dados de campo (pontos de referência ou verdade terrestre) no período de 10 a 17 de janeiro de 2011 na área de estudo, num total de 99 pontos. No entanto, em função da grande dimensão da sub-região e às dificuldades de acesso, foram estabelecidos alguns critérios para coleta dos pontos de referência:

- a) Um buffer de 30 km (11% da área de estudo) no entorno das coordenadas latitude 18°59'21"S, longitude 56°37'25"W que representa a localização da estação climatológica convencional da fazenda Nhumirim.
- b) Dentro deste buffer os pontos de referência foram obtidos através de incursões terrestres, realizadas para representar amostras das diversas unidades de paisagem (UP) da área. À medida que iam ocorrendo mudanças de UP, procurava-se tomar os pontos amostrais no centro da área que deveria ter no mínimo 50 x 50 m, evitando assim amostras pouco representativas, já que o mapeamento foi realizado com imagens de resolução 30 x 30 m (Landsat-5). Quando não foi possível chegar ao centro do ponto em questão, aproximou-se o máximo possível da sua borda, sendo registrada a coordenada nesta posição e estimando a distância em metros do centro da UP, para a posterior correção da coordenada (offset). Em todos os pontos foram registradas as coordenadas geográficas com receptores de navegação GPS (Global Positioning System).

Após os procedimentos acima, com o objetivo de integrar as informações coletadas em campo com as classes pré-estabelecidas para a classificação das imagens, foi construído um plano de informação (PI) do tipo "cadastral" no SPRING 4.3.3. Um PI do tipo cadastral conecta uma informação de uma tabela descritiva a dado objeto geográfico. As informações obtidas por GPS dos pontos referentes a cada UP foram espacializados sobre a área de estudo e inseridas as respectivas informações descritivas, como número do ponto, data, nome da propriedade/fazenda, coordenadas, altitude e unidades de paisagem verificada. Por meio do PI cadastral, foi possível observar o tipo de UP de forma mais interativa.

Avaliação da acurácia do mapeamento

Para avaliar-se a acurácia da classificação das UP, os dados de campo foram plotados no mapa temático, permitindo a geração de uma matriz de confusão. A matriz de confusão ou de erros é uma boa base para avaliar a qualidade da classificação, pois fornece dados para o cálculo da exatidão de cada classe com seus erros de comissão e omissão, isto é, representa a distribuição de percentagens de pixel classificados de forma correta ou erroneamente (ROSENFELD; FITZPATRICK-LINS, 1986; CONGALTON, 1991), além dos índices de exatidão global e Kappa (IK).

Erros de omissão podem ser descritos como a omissão no mapa de uma determinada feição constatada em campo, e, erros de comissão são descritos como atribuição no mapa de determinada feição a uma classe à qual a mesma não pertence, segundo levantamento de campo (SILVA, 2003).

Congalton (1991) relata que o uso do índice Kappa é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal, os quais representam as discordâncias na classificação, diferentemente da exatidão global, por exemplo, que utiliza somente os elementos diagonais (concordância real). Esse método de avaliação é amplamente utilizado em dados de sensoriamento remoto, como se pode observar em Antunes e Lingnau (1997), Mangabeira et al. (2003), Valente e Vettorazzi (2003), Espírito-Santo e Shimabukuro (2005), Sano et al. (2008), Mello et al. (2009), Santiago e Pereira Junior (2010), Renó et al. (2011) entre outros.

O índice Kappa foi calculado utilizando o aplicativo SPRING 5.1.8, que por meio do procedimento de validação de classificação de imagens automáticas realiza o cruzamento entre o plano de informação de validação (mosaico do mapeamento das UP) e o plano de informação de referência (dados de campo). A saída deste procedimento é uma matriz de confusão, a partir da qual são calculados os valores da exatidão média global, indicada pela soma dos valores da diagonal dessa matriz dividida pelo número de verificações de campo, o IK e os erros de omissão e comissão de mapeamento (SILVA, 2003).

A interpretação desse índice foi baseada em Landis e Koch (1977) para análise de imagens orbitais, quando definiram intervalos do IK e os relacionaram com a qualidade da classificação, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Classes de qualidade do índice Kappa (LANDIS e KOCH, 1977).

Valor do Kappa (IK)	Qualidade
<0,0	Péssima
0,0 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito boa
0,81 – 1,0	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Resultados e Discussão

A avaliação da acurácia do mapeamento das UP da sub-região da Nhecolândia foi discutida com base em três métodos, como apresentados a seguir.

Erros de omissão e comissão

A partir da matriz de confusão do mapeamento das UP (unidades de paisagem e classes temáticas) da sub-região da Nhecolândia foram gerados os erros de omissão e comissão.

Verificou-se que as UP ACNIA e ASNIA foram aquelas que apresentaram maiores erros de omissão (Tabela 4). Na primeira, ACNIA, o erro foi de 80%. Isso ocorreu em função da confusão gerada com as UP ASIS e ACIS, resultante da dinâmica da vegetação do Pantanal, pois estas duas unidades são campos não inundáveis que podem tornar-se sazonais em anos mais úmidos (ACIS), como também podem tornar-se dominadas por espécies arbustivas (ASIS) devido à sucessão vegetal causada por fatores climáticos ou antrópicos (SANTOS et al., 2009). Na segunda, ASNIA, o erro de omissão foi de 58,3%, promovido pela confusão com ASIS, AFNIA e ACIS.

Na sequência, a classe ACIS apresentou 39% de erro de omissão, sendo que as unidades responsáveis pela confusão gerada foram ASIS e ASNIA. Esta foi seguida pelas classes: PERENE com erro de 22% e confusão a partir de ACIS e ASIS; AFNIA com 14% e confusão na unidade ASIS e ASIS com 3,3% e confusão com ACIS. Para as UP ACIU, AFIS, AFIU e ASIU não houve erros de omissão.

Como a classificação das paisagens foi baseada em classes gerais de vegetação, esses erros já eram esperados devido a complexidades de tipos de vegetação (composição florística) associadas com as características ambientais e com dinâmica da inundação que é variável no tempo e no espaço no pantanal (SANTOS et al., 2009). Recentemente NOVACK et al. (2010) concluíram que a sazonalidade do regime de inundação foi responsável por erros de omissão e comissão também na classificação automática visando identificação de lagoas na região.

Tabela 4. Acurácia temática do mapa de unidades de paisagem da sub-região da Nhecolândia, baseada nos erros de omissão e comissão.

Erros	Porcentagem de erros por unidade de paisagem									
	ACIS	ACIU	ACNIA	AFIS	AFIU	AFNIA	PERENE	ASIS	ASIU	ASNIA
Omissão	39,0	0,0	80,0	0,0	0,0	14,0	22,0	3,3	0,0	58,3
Comissão	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	34,0	0,0	37,5

*Classes temáticas: ACIS (Áreas de campos inundáveis sazonais), ACIU (Áreas de campos inundáveis úmidas), ACNIA (Áreas de campos não inundáveis), AFIS (Áreas florestais inundáveis sazonais), AFIU (Áreas florestais inundáveis úmidas), AFNIA (Áreas florestais não inundáveis), PERENE (Corpos d'água), ASIS (Áreas savânicas inundáveis sazonais), ASIU (Áreas savânicas inundáveis úmidas), ASNIA (Áreas savânicas não inundáveis).

Fonte: Elaborado pelos autores

Obteve-se menor percentual de erro de comissão em relação aos erros de omissão. O maior erro de comissão referiu-se à classe ACIS com (42%), seguido pela classe ASNIA (37,5%), ASIS (34%) e AFNIA (7%). O erro registrado para a classe ASNIA teve como responsável a incorreção de interpretação feita como se elas fossem pertencentes à UP ACIS. As demais classes interpretadas na imagem não apresentaram erros de classificação por comissão.

Semelhante ao que foi discutido com os erros de omissão, os erros de comissão têm suas maiores causas baseada na dinâmica espacial, sazonal e cíclica da sucessão vegetal no Pantanal.

Esses erros de omissão e comissão de classes temáticas são inerentes a qualquer tipo de mapeamento (SILVA, 2003; MOREIRA, 2005), variando como consequência da qualidade do trabalho. É importante, no entanto, que outros indicadores sejam avaliados e que representem a acuracidade dos dados, tais como a exatidão média global e o índice Kappa.

Índices de exatidão global e Kappa

Apesar das confusões de classificação, os índices de exatidão média global e IK obtidos no mapeamento das UP da sub-região da Nhecolândia foram de 72,73% e 0,66, respectivamente.

O valor de 0,66 obtido para o IK pode ser considerado como muito bom na escala de valores indicada por Landis e Koch (1977) (Tabela 3), demonstrando que o mapeamento feito para as UP presentes na sub-região da Nhecolândia foi satisfatório, já que pelo menos 61% dos pontos de referência coletados concordaram com o mapeamento gerado, em um ambiente dinâmico como o do Pantanal.

A dificuldade em obter mapeamentos mais acurados também foi experimentada por Sano et al. (2008) que utilizando imagens TM/Landsat para executarem mapeamento da cobertura vegetal do Cerrado, obtiveram os índices de exatidão global média e IK de 74,19% e 68,31%.

Santiago e Pereira Junior (2010) utilizaram os mesmos índices para validar o mapeamento da cobertura da terra dos Parques Estaduais do Jalapão (PEJ), Cantão (PEC) e município de Itaguatins (Tocantins). Os valores obtidos para o índice de exatidão global média foram de 78,38%, 84,62% e 86,67%, respectivamente, enquanto que para o IK, foram de 0,72; 0,81 e 0,69.

Conclusão

O mapa de unidades de paisagem para a sub-região da Nhecolândia obtido por classificação automática não supervisionada foi validado e classificado como sendo de qualidade muito boa segundo a classificação de Landis e Koch (1977).

Agradecimentos

A João Batista Garcia, Oslain Domingos Branco, Sebastião Murilo Maciel, pela identificação das unidades de paisagem durante a expedição para coleta de dados de campo.

Referências

- ABDON, M. M.; SILVA, J. dos S. V.; POTT, V. J.; POTT, A.; SILVA, M. P. Utilização de dados analógicos do LANDSAT-TM na discriminação da vegetação de parte da sub-região da Nhecolândia no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p.1799-1813, 1998.
- ALMEIDA, N. N.; SILVEIRA, E. A.; BARROS, L. T. L. P. de. Mapa de vegetação e uso do solo da região de Poconé, MT: I descrição das unidades de paisagem. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECOMÔMICOS DO PANTANAL. Os desafios do novo milênio, 3, 2000, Corumbá. **Anais...** Embrapa Pantanal, 2000. p. 1-18. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congresso/ABIOTICOS/ALMEIDA-055.pdf>>. Acesso em 10 nov 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas. HIDROWEB: Sistema de Informações Hidrológicas. **Séries históricas**: [Brasília, DF]: Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>>. Acesso em: 30 set. 2017.
- ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. Uso dos Índices de Acurácia para Avaliação de Mapas temáticos obtidos por meios de classificação digital. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIO DE GEOPROCESSAMENTO, 3, 1997, Curitiba. **GIS Brasil 97**: anais. Curitiba: SAGRES, 1997. p. 359-370.
- BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; QUENOL, H. Mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo no Pantanal da baixa Nhecolândia: um estudo comparativo entre anos de 1987 e 2004. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1, 2006, Campo Grande, MS. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos, 2006. p. 302-311. CD-ROM. GeoPantanal.
- BRASIL. Ministério do interior. Superintendência de Desenvolvimento da Região do centro Oeste-Sudeco. **Estudos de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai (EDIBAP)**: relatório de 1ª fase. Brasília, t. 2., 1979. 254p. Descrição física e recursos naturais.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional de Meio Ambiente. **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai-PCBAP**. Brasília, DF: PNMA, 1997. v.3. 369p.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO, F. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, n.1, p. 35-46, 1991.
- CUNHA, N. G. **Dinâmica de nutrientes em solos arenosos no Pantanal Matogrossense**. Corumbá, EMBRAPA, CPAP, 1985. 70p. (EMBRAPA, CPAP, Circular Técnica, 17).
- ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; SHIMABUKURO, Y. E. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso de imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p. 227-239, 2005.
- FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; SOARES, M. T. S.; PELLGRIN, L. A., LIMA, I. B. T. **Atualização do Mapa de Solos da Planície Pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 61).
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p.159-174, 1977.
- MANGABEIRA, J. A. de C.; AZEVEDO, E. C. de; LAMPARELLI, R. A. C. **Avaliação do levantamento do uso das terras por imagens de satélite de alta e média resolução espacial**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 16 p. (Comunicado Técnico, 11).
- MELLO, J. M. de; BRITO A. de; CARVALHO, L. M. T. de; ACERBI JUNIOR, F. W.; SILVEIRA, E. M. O. Validação do Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 15, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2831-2838.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa: ed. UFV, 2005. 320 p.
- NOVACK, T.; HAYAKAWA, E. H.; BERTANI, T. C.; ZANI, H. Classificação de lagoas no Pantanal da Nhecolândia utilizando um sistema livre de análise de imagens orientada a objeto. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 4, n. 1, p. 32-45, 2010.
- NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J.; LEITÃO FILHO, H. F. Woody vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil: a preliminar typology. **Amazoniana**, v. 3 - 4, p. 159-184, 2007.

- RATTER, J.A.; POTT, A.; POTT, V.J.; CUNHA, C.N.; HARIDASAN, M. Observations on woody vegetation types in the Pantanal and at Corumbá, Brazil. **Notes RBG Edingburgh**, v. 45, n. 3, p. 503-525, 1988.
- RAVAGLIA, A. G.; SANTOS, S. A.; SORIANO, B. M. A.; DANIEL, O.; FREITAS, L. C. de; PELLEGRIN, L. A.; TOMAS, W. M.; RODELA, L. G.; BUENO SOBRINHO, A. A.; ARAUJO, M. T. B. D. **Mapeamento das unidades de paisagem das sub-regiões da Nhecolândia e Poconé, Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011. 15 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 105).
- RENÓ, V. F.; NOVO, E. M. L. M.; ALMEIDA-FILHO, R.; SUEMITSU, C. Mapeamento da Antiga Cobertura Vegetal de Várzea do Baixo Amazonas a Partir de Imagens Históricas (1975-1981) do Sensor MSS-Landsat. **Amazônica**, v. 41, n.1, p. 47-56, 2011.
- RODELA, L. G.; QUEIROZ NETO, J. P.; SANTOS, S. A Classificação das pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, por meio de imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Florianópolis, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4187- 4184.
- ROSENFELD, G. H.; FITZPATRICK-LINS, K. A. A Coefficients of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 52, n. 2, p. 33-227, 1986.
- 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). Land cover mapping in state parks Jalapão, Cantão and municipality Itaguatins (Tocantins). **Ambiência**, Guarapuava, v.6, n.1, p. 109-124, 2010.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 60 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 205).
- SANTOS, S. A.; RODELA, L. G.; TOMAS W. M.; CUNHA, C. N. da; RAVAGLIA, A. G.; ARAUJO, M. T. B. D.; BUENO SOBRINHO, A. A. An method to define and classify native pastures of the Northern Pantanal wetlands using satellite images. In: INTERNATIONAL WETLANDS CONFERENCE, 8., Cuiabá, 2008. **Big wetlands, big concerns**: abstracts. [SI.: s.n.], 2008. p.196. INTECOL. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105419/1/56507.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.
- SANTOS, S. A.; RODELA, L. G.; TOMAS W. M.; CUNHA, C. N. DA.; RAVAGLIA, A.; PELLEGRIN, L. A. Mapeamento das unidades de paisagens, fitofisionomias e forrageiras chaves da sub-região de Poconé, Pantanal, MT. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009. CD ROM.
- SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 236p.
- SILVA, J. dos S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. esp., p.1703-1711, out.1998.
- SILVA, J. dos S. V.; ABDON, M. M. Vegetação do Pantanal em escala regional associada ao sistema fitogeográfico brasileiro. In: SIMPOSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIO-ECONOMICOS DO PANTANAL, 3., 2000, Corumbá, MS. **Os desafios do novo milênio: resumos**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000. p. 316-320. Disponível em:<<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/projeto/probiopantanal/downloads-1/Probio3-Vegetacao.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- SORIANO, B. M. A.; ALVES, M. J. M. **Boletim Agrometeorológico ano 2002 para a sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. 29 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 76).
- VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. **Mapeamento do uso e cobertura do solo na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Piracicaba: IPEF, 2003. 12 p. (Circular Técnica, 196). Disponível em:<<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr196.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

