

Metodologia para mapeamento da vegetação e uso da terra da região do Mato Grosso do Sul para utilização em modelagem meteorológica

Rita Marcia da Silva Pinto Vieira¹,
Regina Célia dos Santos Alvalá¹,
Sebastião Ferraz Neto¹,
Eliana Maria Kalil Mello².

¹CPTEC-INPE. Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos, SP
(rmarcia, regina, ferraz)@cptec.inpe.br

²DSR-INPE. Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos, SP
kalil@tid.inpe.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia adotada para elaboração de um mapa atualizado de vegetação e uso da terra da região do Estado do Mato Grosso do Sul para utilização em modelos de previsão de tempo, de clima e para estimativa de água no solo desta região. Para isto, estão sendo utilizados mapas digitais de vegetação do projeto Radambrasil (escalas 1:1.000.000) e mosaicos de imagens ETM⁺ do Landsat 7 para a interpretação visual dos dados de vegetação e uso da terra. Numa etapa posterior será utilizado o mapa do projeto Probio Pantanal (escala 1:250.000) para validação dos resultados obtidos. O mapa deverá ser re-classificado conforme uma compatibilização previamente definida entre as classes de vegetação adotadas pelo projeto Probio Pantanal e as classes utilizadas pelo modelo de superfície "Simplified Simple Biosphere - SSiB, a partir dos tipos fitofisionômicos. Visando obter ajustes e atualizações do mapa estão sendo aplicados métodos de segmentação e classificação não supervisionada (ISOSEG) de imagens. O mapa temático resultante será utilizado para simulação climática regional, para verificação das melhorias na previsão sazonal do clima, resultante da introdução da representação mais realística de cobertura vegetal e dos usos da terra da área de estudo.

Palavras-chaves: uso e cobertura da terra, modelagem meteorológica, Pantanal.

Abstrat: The aim of this study is to present the methodology that was used to generate an updated vegetation cover and land use/cover maps of Mato Grosso do Sul State for meteorological modeling application and to estimate the soil moisture availability in the region. The Radambrasil vegetation map and digital mosaic of ETM+ Landsat 7 images have been visually interpreted to create a land use and land cover map. The Probio Pantanal vegetation map will be used for validation. The resultant map will be re-classified according to the new classification system determined by the Probio Pantanal vegetation classes and the vegetation types produced by the "Simplified Simple Biosphere – SSiB" surface model. In order to update the map, segmentation and non-supervised classification have been (ISOSEG) applied. This thematic map will be used in regional climate simulation, to verify seasonal climate forecast improvement, a result of a more realistic approach of the vegetation cover and land use of the region.

Keywords: land use and land cover, meteorological modeling, Pantanal.

1. Introdução

Os processos no contínuo solo-vegetação-atmosfera apresentam efeitos substanciais sobre as previsões de tempo e de clima, os quais são representados em diversos modelos de circulação geral da atmosfera (MCG's), acoplados a esquemas de superfície. O esquema de superfície *Simple Biosphere* - SiB foi concebido para simular as interações entre a superfície continental da Terra e a atmosfera (Sellers et al., 1986; Xue e Shukla, 1993).

A representação inadequada ou insuficiente da superfície continental nos modelos meteorológicos pode ter um impacto negativo sobre a previsão de tempo e estudos climáticos (Wilson e Henderson-Sellers, 1985; Hall et al., 1995; Sud et al. 1996; DeFries et al., 1999; Champeaux et al., 2000). Outrossim, esforços têm sido direcionados no intuito de aprimorar o conhecimento dos detalhes regionais dos diversos processos na atmosfera e suas interações com o ciclo hidrológico. Neste contexto, o modelo ETA/SSiB, implementado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), por exemplo, necessita de informações que indiquem as características atuais das diversas regiões do país, o que torna necessário melhorar a representação da variabilidade espacial da vegetação, a partir da adaptação de uma base de dados mais detalhada e acurada dos tipos de vegetação de todo o território brasileiro, o que constitui-se num projeto de pesquisa do CPTEC, denominado projeto Proveg. Inicialmente, elaborou-se um mapa atualizado da vegetação e usos da terra da região da Amazônia Legal, seguido do mapa para a região Nordeste do Brasil, mais as partes norte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, integrantes da região de abrangência da Antiga SUDENE. No presente estudo está sendo adaptada a metodologia para elaboração de um mapa atualizado da região do Mato Grosso do Sul. Ressalta-se que a atualização dos usos e cobertura da terra e dos parâmetros de superfície irá permitir o estudo de possíveis mudanças do balanço de energia à superfície e as circulações locais e regionais sobre as regiões decorrentes das mudanças dos usos da terra e, de modo mais geral, para verificação posterior do impacto da melhoria da representação da vegetação nos modelos de previsão de tempo, clima e água no solo para as regiões.

1.1 Esquema de superfície SSiB

O esquema SSiB foi concebido para simular as interações entre as superfícies continentais e a atmosfera. A cobertura do terreno sobre a qual este modelo opera é representada por tipos de cobertura da terra, os quais são associados aos parâmetros morfológicos e fisiológicos. Com relação à vegetação, o mapa utilizado pelo esquema SSiB acoplado aos modelos meteorológicos em uso no CPTEC é derivado do esquema de classificação fitofisionômica, em que alguns tipos de vegetação que são considerados como sendo homogêneos com relação aos valores de seus parâmetros são agregados (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974; Wilson e

Henderson-Sellers, 1985; Sellers et al., 1986; Kuchler, 1988; Dorman e Sellers, 1989). Portanto, o mapa utilizado pelo SSiB é uma forma generalista do esquema de Kuchler.

2. Objetivo

O objetivo do presente trabalho é apresentar a metodologia desenvolvida para a elaboração de um mapa digital de vegetação e uso da terra, mais atualizado do Estado do Mato Grosso do Sul. As classes consideradas devem ser compatíveis com as classes do modelo SSiB, tal que possibilite acoplamento posterior com os modelos meteorológicos em uso no CPTEC.

3. Área de Estudo

A área de trabalho considerada compreende o Estado de Mato Grosso do Sul (**Figura 1**). No entanto, para início do mapeamento do Estado, foi selecionada a área do Pantanal Mato-grossense (**Figura 2**), devido ao fato de esta área estar sendo mapeada pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Biodiversidade Brasileira – PROBIO (Pantanal), cuja classificação subsidiará a agregação das classes com aquelas do modelo SSiB.

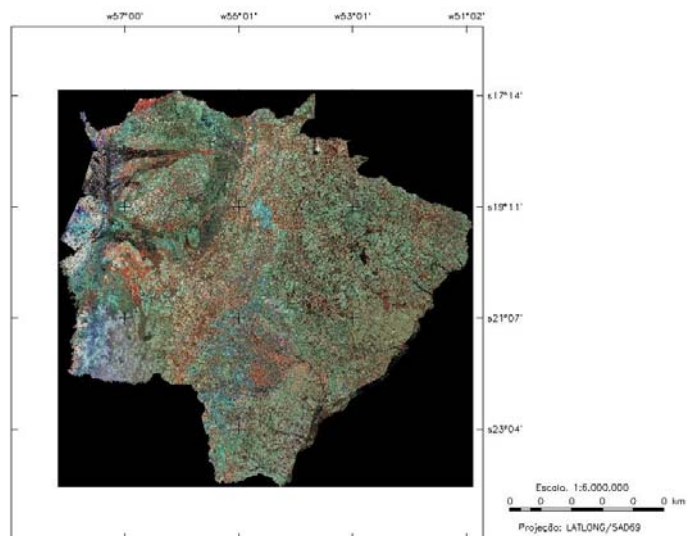


Figura 1: Mosaico de imagens ETM⁺ Landsat 7 referente à região do Mato Grosso do Sul.

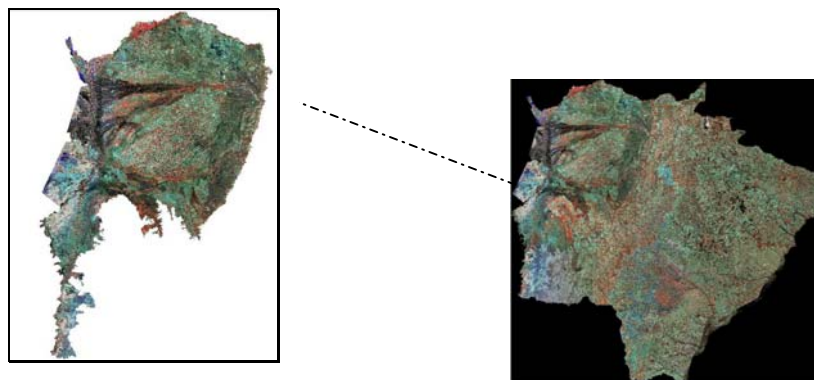


Figura 2: Área correspondente ao Pantanal, recortada do mosaico de imagens ETM⁺ Landsat 7 do estado do Mato Grosso do Sul.

A planície fisiográfica do Pantanal brasileiro localiza-se na região centro oeste do Brasil. A região está inserida na bacia do Alto Paraguai, entre as latitudes 15°30' e 22°30'S e longitudes 54°45' e 58°30'W. Segundo Silva e Abdon (1998) a área total do Pantanal brasileiro é de 138.183 Km², dos quais 48.865 km² (35,36%) estão no MT e 89,318 km² (64,64%) no MS.

O Pantanal é uma das maiores áreas inundáveis contínuas do planeta. A vegetação é heterogênea e influenciada por quatro biomas: Floresta Amazônica, Cerrado (predominante), Chaco e Floresta Atlântica (Adámoli, 1982). Silva et al. (2000), considerando um levantamento aéreo do Pantanal brasileiro, identificaram 16 classes de vegetação, com base nas fitofisionomias, sendo os campos a fisionomia mais representativa (31%), seguida do cerradão (22%), cerrado (14%), campos inundáveis (7%), floresta semidecídua (4%), mata de galeria (2,4%) e tapetes de vegetação flutuante ou “baceiros” (2,4%) .

O clima do Pantanal, é predominantemente tropical, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo Aw, isto é, com invernos secos e verões úmidos, os quais caracterizam as savanas do Hemisfério Sul (Cadavid-Garcia 1984). A pluviosidade oscila entre 800 e 1400 mm/ano, sendo que 80% ocorrem entre os meses de novembro e março. A temperatura média anual varia em torno de 25°C, com as temperaturas máximas atingindo 40°C no verão; entretanto, devido à penetração de massa de ar frio, oriundas das planícies dos Pampas e do Chaco, a temperatura diminui rapidamente, podendo haver ocorrência de geadas (Por, 1995).

Os solos são de origem sedimentar, ocorrendo em fases argilosa e arenosa de forma alternada e descontínua, com dominância de solos hidromórficos compondo 92,5% do total (Amaral Filho, 1984). Segundo Magalhães (1992), devido à sua composição predominantemente argilo-arenosa, os solos do Pantanal são caracterizados como pobres em sua parte mais profunda; entretanto, são bastante férteis na camada superficial, graças à deposição de matéria orgânica resultante da decomposição de restos animais e vegetais. Em algumas áreas encontram-se depósitos de sais minerais em quantidade suficiente para ser comercializado. Sua ocorrência está relacionada à presença das salinas, como são chamadas as lagoas, cuja água apresenta elevada concentração de sais que, principalmente nos períodos de estiagem e grande evaporação, se depositam nas margens, formando um halo característico.

4. Materiais e Métodos

Parte da metodologia adotada para a elaboração do mapa de vegetação do Estado do Estado do Mato Grosso do Sul segue aquela elaborada para o mapeamento da região da Amazônia Legal (Sestini et al. 2002). Ressalta-se que, posteriormente, a metodologia de Sestini et al. (2002) foi aprimorada para a elaboração do mapa de vegetação e usos da terra da região do Nordeste do Brasil, recentemente concluído no escopo do projeto Proveg-NEB (Alvalá, comunicação pessoal). A seguir, os dados e as etapas adotadas para o desenvolvimento do presente trabalho são apresentados sucintamente:

- A. Dados e Sistema Básicos:** mosaico composto por cenas de imagens ETM⁺ do satélite Landsat 7, dos anos de 1999-2000, com 2% de cobertura de nuvens, resolução espacial de 30 m e projeção geográfica LAT/LON datum Sad/69. O mosaico, constituído por 24 cenas de imagens do satélite Landsat, foi inserido em um banco de dados criado no Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas – SPRING.
- B. Dados Auxiliares:** Para auxiliar na interpretação do mosaico Landsat está sendo utilizado o mapa de vegetação do Projeto Radambrasil, escala 1:1.000.000, o qual também será utilizado para resolver problemas de interpretação devido à sombreamento por nuvens e/ou nevoeiros. Outrossim, será utilizado como verdade terrestre a

classificação adotada no mapa de vegetação do Projeto Probio Pantanal, escala 1:250.000.

Imagens do mosaico GeoCover, disponíveis gratuitamente no site <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>, também serão utilizadas para dirimir dúvidas como material auxiliar, ou seja, para identificar áreas onde no mosaico Landsat houver problemas relacionados com sazonalidade, radiometria ou nuvens. Esses dados são mosaicos de imagens elaborados com dados do período de 1987 a 1993 do sensor TM GeoCover Landsat 5 com a banda 2 no azul, banda 4 no verde e banda 7 (ou 5) no vermelho, projeção UTM / WGS84 e tamanho de píxel em mistura de 28,5 e 30 metros. No mesmo endereço encontra-se disponível o mosaico de imagens ETM⁺ do Landsat 7, resultante do “sharpening” das bandas 7, 4, 2 e 8. As imagens deste último mosaico foram coletadas no período de 1999/2000 e apresentam resolução espacial de 14,25 m, resolução esta decorrente da transformação RGB-IHS utilizando as bandas 7, 4 e 2 com resolução espacial de 30 m, e posterior transformação IHS-RGB utilizando a banda 8 na Intensidade (I) para aproveitar a resolução de 15 m, o que resulta em uma imagem com a resolução espacial mais fina (Crepani e Simeão, 2005).

Finalmente, como informação adicional visando auxiliar no processo de interpretação, o mosaico disponibilizado no Google Earth está sendo utilizado, o qual é um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de imagens de satélites de média e alta resolução obtidas de fontes diversas. Ressalta-se que, a partir do mês de maio de 2006, a parte do mosaico do Google Earth (http://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Earth, 2006) sobre o Brasil incluiu imagens em alta resolução, o que está possibilitando mapear com maior acurácia áreas que no mosaico de imagens Landsat adquirido para o presente trabalho são de difíceis interpretações.

- C. Compatibilização da Legenda:** Nesta etapa foi realizada a compatibilização das classes de vegetação do projeto Probio Pantanal com aquelas consideradas pelo modelo SSiB (**Tabela 1**). Como as classes do modelo SSiB são restritas, sobretudo para a vegetações de cerrado e chaco, fez-se necessário agregar algumas das classes interpretadas, ou seja, diferentes alvos foram agrupados em uma única categoria, embora nem sempre seja a melhor solução para este tipo de vegetação. Além disso, o mapa elaborado deverá incluir também as áreas urbanas, que são consideradas como solo nu, correspondente ao Tipo 11 no modelo SSiB, em razão dos argumentos mencionados anteriormente. A classe agropecuária, bioma tipo 12, inclui culturas em diferentes fases de crescimento e hábitos de vida (culturas herbáceas, arbustivas e arbóreas), áreas de pastagens e alguns campos sujos.

Tabela 1: Classes de vegetação consideradas no presente projeto e suas correspondências com as classes do projeto Probio Pantanal e compatibilização com as do modelo SSiB.

Projeto Proveg-MS	Legenda Preliminar da vegetação do Pantanal –Projeto Probio Pantanal	SSiB
1. Floresta Estacional Semi-decidual	Fa, Fb, Fs, Vs.Cb, Vs.Cs, Vs.Fs, Contatos Florísticos.	1. árvores latifoliadas perenes (florestas tropicais)
2. Floresta Decídua	Ca, Cb, Cs, Contatos Florísticos.	2. árvores latifoliadas/decíduas
3. Savana Estépica (chaco) / Savana (cerrado)	Ta, Td, Tas, Taf, Sd, Sas, Saf, Sd+Sa, Sd+Sg, Sa+Sd, Sg+Sd, Sa+Sg, Td+Ta, Ta+Td, Ta+Tg, Tg+Ta, Contatos Florísticos.	6. árvores latifoliadas com coberturas arbustiva/herbácea
4. Savana Estépica (Chaco) / Savana (cerrado)	Sps, Spf, Tp, Tps, Tpf, Sgs, Sgf, Tgs, Tgf, Sg+Sa Contatos Florísticos.	8. arbustos latifoliados com coberturas herbáceas
5. Agropecuária	Ac, Ac.Cb, Ac.S, Ap, Ap.Cb, Ap.Cs, Ap.Fs, Ap.S, Ap.T	12. cultivos
6. Solo Nu	Não mapeado	11. solo exposto
7. Área Urbana	IU	11. solo exposto
8. Corpos d'água	Água	13. água

D. Recorte dos Mosaicos: Com a finalidade de agilizar o processamento das imagens e garantir uma classificação mais acurada, o mosaico, além de estar recortado pelo limite do Estado, foi recortado por classes correspondentes ao mapa do Radambrasil (**Figura 3**).

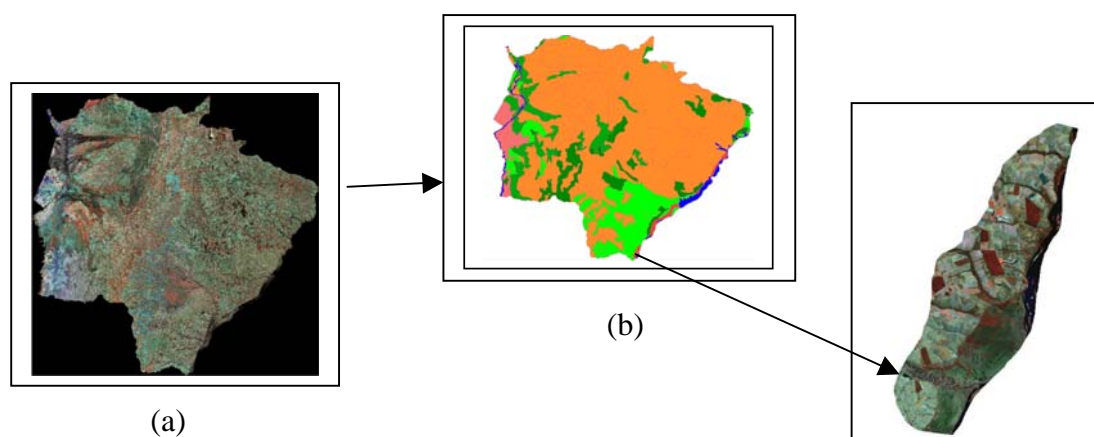


Figura 3: Exemplo de recorte do mosaico Landsat (a) utilizando, como limites, as classes do mapa digital do Projeto Radambrasil (b).

E. Interpretação do mosaico de imagens Landsat e geração do mapa temático e numérico: A imagem recortada, ilustrada na **Figura 3** como exemplo, foi segmentada utilizando-se os limiares de similaridade 8 e área 20 (**Figura 4**). Foi aplicado o classificador não supervisionado ISOSEG, por regiões, com limiar de aceitação igual a

90%, por separarem mais adequadamente os alvos analisados. Em seguida, selecionaram-se, na imagem, padrões genéricos (arbóreos e arbustivos densos e abertos, áreas cultivadas, etc), sendo criada uma chave de interpretação contendo as classes Florestas Estacional Semi-decidual e Decíduas, Savana (Cerrado), Savana Estépica (Chaco), Agropecuária, etc e o correspondente dessas nos mapas do Radambrasil e, posteriormente, no do modelo SSiB. O mapa temático resultante será re-amostrado para a resolução de 1 km, re-projetado para Lat/Long datum Sad/69 e convertido para uma grade numérica, através de um programa escrito na Linguagem Espaço-Geográfica (LEGAL). Posteriormente, a grade será incorporada ao modelo de superfície SSiB, o qual, em seguida, poderá ser acoplado aos modelos meteorológicos global e regional do CPTEC.

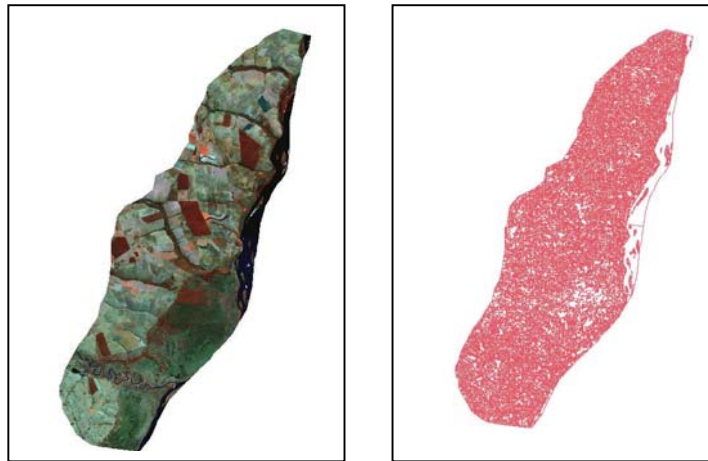


Figura 4: Segmentação sobre a imagem recortada do mosaico Landsat utilizando o limite da classe A_F_Pion_VglNFlvLm (área de formação Pioneira) do mapa do Radambrasil.

5. Resultados e Discussões

No que concerne ao mapa atualizado de uso e cobertura da terra da área de estudo, ressalta-se que o mesmo está em fase de elaboração; no entanto, pode-se destacar que a metodologia adotada atende aos objetivos propostos. O processo de segmentação está sendo ágil, devido ao recorte do mosaico do Estado ter sido feito considerando-se os limites das classes do mapa do Radambrasil. Esse procedimento, além de agilizar o processo de segmentação, facilita a interpretação das classes de uso e cobertura, uma vez que uma determinada classe recortada do mosaico fica separada das demais, tornando-se necessário então realizar apenas a classificação da área cuja cobertura não tenha sido adequadamente mapeada ou que seu uso tenha sido alterado.

Foram testados vários limiares de similaridade e área, chegando-se à conclusão que o melhor a ser aplicado é o de 8 e 20, por separarem de forma satisfatória os diferentes alvos contidos na imagem, facilitando o processo de interpretação (**Figura 5**).

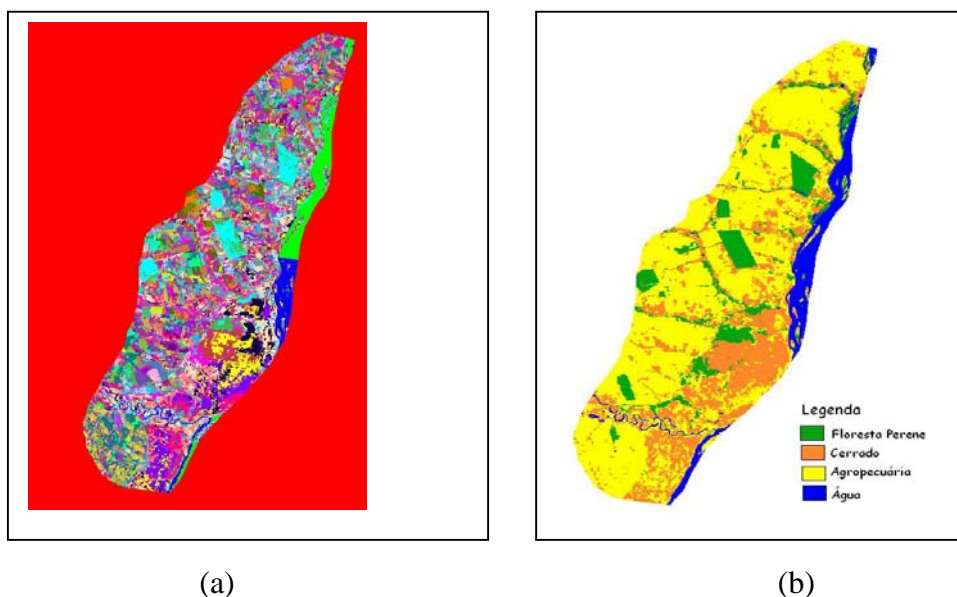


Figura 5: resultado da classificação automática (ISOSEG) com 90% de aceitação (a) e área resultante do mapeamento das classes (b).

O mapa de cobertura vegetal e usos da terra a ser gerado pelo presente trabalho deverá estar na resolução espacial de 30 m, escala 1:250.000, o que possibilita uma gama de aplicações em Meteorologia (modelagem climática regional e mudanças dos usos da terra), Sensoriamento Remoto, Agricultura e área afins. Para fins de modelagem meteorológica, o mapa final deverá ter sua resolução espacial reamostrada para a escala espacial de 1 km.

Devido ao fato de não estar disponível ainda o mapa final do projeto Probio Pantanal, o mapa digital do Radambrasil foi utilizado no presente trabalho somente para o recorte do mosaico do Estado, sendo que as suas classes serão compatibilizadas com as do Projeto Probio Pantanal durante o processo de interpretação.

É importante salientar que no processo de compatibilização do mapa de vegetação do Projeto Probio Pantanal com as classes do modelo SSiB, as classes de formações pioneiras ainda não foram inseridas na **Tabela 1**, uma vez que ainda se está discutindo em que categoria de vegetação ela melhor se adequará, o que demanda consulta a fontes adicionais de dados ou até mesmo a inclusão de uma nova classe de vegetação no modelo SSiB.

6 Considerações Finais

Os resultados do presente trabalho indicam que a metodologia adotada permite integrar dados de diferentes fontes para mapeamento da cobertura vegetal e usos da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. O mapa atualizado deste Estado será adicionado aqueles previamente elaborados para as regiões da Amazônia Legal, da região Nordeste do Brasil e das partes norte dos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais. Espera-se que o mapa atualizado de vegetação e uso da terra a ser obtido subsidie melhorias na previsão de tempo e de clima sazonal, e das estimativas de água no solo de uma importante região do país, uma vez que incluirá de forma mais realista os diversos tipos de vegetação presentes no Estado do Mato Grosso do Sul.

No que se refere às melhorias da representação da cobertura vegetal sob o aspecto de modelagem meteorológica, foram realizadas simulações meteorológicas utilizando-se os mapas obtidos para a região da Amazônia Legal juntamente com os mapas elaborados para os Estados do Alagoas, Ceará, Paraíba e Sergipe. Segundo Souza (2006), a inclusão de mapas

atualizados de cobertura vegetal dos demais Estados do Nordeste deverá apontar maiores implicações no clima do Nordeste. Além disso, ressaltou que a associação de atividades agropecuárias (agricultura mais pasto) à classe de cultivos agrícolas no modelo deve ser considerada com cautela. Isso decorre da dificuldade na separação das classes em imagens de satélite (Vieira et al., 2005), bem como da prática usual do abandono das áreas agrícolas após a exploração da terra. Além disso, a classe cultivos, considerada no modelo, é representativa de climas de inverno de latitudes altas em regiões da América do Norte, o que implica em necessidade de calibrar o modelo de superfície com dados obtidos no Brasil. Neste contexto, já está sendo considerado a calibração do modelo SSiB com dados meteorológicos obtidos em área de caatinga no Nordeste do Brasil.

6 . Referências

- Adámoli, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: discussão sobre o conceito “Complexo do Pantanal”. In: Congresso Nacional de Botânica, 32, 1981, Teresina. **Anais Teresina: Sociedade Botânica do Brasil**, 1982. p.109-119.
- Amaral Filho, Z.P. Solos do Pantanal Mato-Grossense. **Anais do X Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal**. EMBRAPA-CPAP-UFMS, 1984. 265p.
- Cadavid-Garcia, E.A. **O clima no Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: EMBRAPA/UEPAE de Corumbá. 1984. 42 p.
- Champeaux, J. L. et al.; AVHRR-derived vegetation mapping over Western Europe for use in numerical weather prediction models. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6/7, p. 1183-1199, 2000.
- Crepani, E.; Medeiros, J. S Imagens CBERS+Imagens SRTM+Mosaicos GeoCover Landsat em ambiente SPRING e TerraView: Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia.
- DeFries, R. S.; Towshend, J. R. G.; Hansen, M. C. Continuous fields of vegetation characteristics at the global scale at 1 km resolution. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, n.D14, 16,911-16,923, 1999.
- Dorman, J. L.; Sellers, P. J. A global climatology of albedo, roughness length and stomatal resistance for atmospheric general circulation, models as represented by the Simple Biosphere Model (SiB). **Journal of Applied Meteorology**, p. 833-855,1989.
- Hall, F. G.; Towshend, J. R.; Engman, E. T. Status of remote sensing algorithms for estimation of land surface state parameters. **Remote Sensing of Environment**, v.51, p.138-156, 1995.
- Kuchler, A W. **A physiognomic and structural analysis of vegetation** in: Kuchler, A W. and Zonneveld, I. S. Vegetation mapping Dordrecht, Kluwer, 1988, p. 37-50.
- Magalhães, N.W. **Conheça o Pantanal, Terragraph**, 400 p. São Paulo, 1992.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. **Tentative physiognomic – ecological classification of plant formations of the Earth** in: Aims and methods of vegetation Ecology, 466-485, John Wiley & Sons, New York, 1974.
- Por, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil)**. Dordrecht: K.A. Publishers, 1995. 122 p.
- Sellers, P. J. et al. A Simple Biosphere Model (SiB) for use within general circulation models. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 43, n. 06, p. 505-531, 1986.
- Sestini, M. F., Alvalá, R. C. S., Mello, E. M. K. et al. **Elaboração de mapas de vegetação para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos**. INPE, São José dos Campos, 2002. INPE-8972-RPQ/730.
- Silva, J. dos S. V. da; Abdon. M.M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 33, número especial, 1703-1711, 1998.
- Silva, M.P. da, R. Mauro, G. Mourão&M. Coutinho Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, 2000, v. 23, 143-152.
- Souza, S.S. **Impactos climáticos regionais da mudança de vegetação no semi-árido do nordeste brasileiro**. 2006. 205 p. Tese de Doutorado em Meteorologia. São José dos Campos: INPE.

Sud, Y. C.; Yang, R.; Walker, G. K. Impact of in situ deforestation in Amazon on the regional climate: general circulation model simulation study. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, n. D3, 7095-7109, 1996.

Vieira, R.M.S.P.; Carvalho, V.C.; Alvalá, R.C.S.; Salles, T.A.; Mello, E.M.K.; Souza, S.S. Integração e Atualização de Dados de Uso/Cobertura da Terra do Estado do Ceará para Utilização em Modelos Meteorológicos. CD-ROM do Simpósio Internacional de Climatologia, Fortaleza, 23 a 27 de outubro de 2005.

Wilson, M. F.; Henderson-Sellers, A. A global archive of land cover and soils data for use in general circulation climate models. **Journal of Climatology**, v. 5, p. 119-143, 1985.

Xue, Y. and Shukla, J. The influence of land surface properties on Sahel climate. I, desertification. **Journal of Climate**, v. 6, p. 2232-2245, 1993.