

## **Classificação de níveis de degradação de pastagens em solos arenosos na bacia do alto Taquari (MS/MT) utilizando Modelo Linear de Mistura Espectral - MLME em imagens Landsat 5 TM**

Sérgio Galdino <sup>1</sup>  
Mara de Andrade Marinho <sup>2</sup>  
João dos Santos Vila da Silva <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Pantanal  
Rua 21 de Setembro, 1880 - Caixa Postal 109  
79320-900 – Corumbá, MS, Brasil  
galdino@cpap.embrapa.br

<sup>2</sup> Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI/UNICAMP  
Av. Candido Rondon, 501 - Cidade Universitária Zeferino Vaz - Caixa Postal 6011  
13083-875 - Barão Geraldo - Campinas, SP, Brasil  
mara.marinho@feagri.unicamp.br

<sup>3</sup> Embrapa Informática Agropecuária  
Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo Caixa Postal 6041  
13083-886 - Campinas, SP, Brasil  
jvilla@cnptia.embrapa.br

**Resumo:** A degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária brasileira na atualidade. As áreas de solos arenosos na bacia do alto Taquari (BAT) recobertas por pastagens degradadas constituem importantes fontes de produção de sedimentos, que intensificam o assoreamento do rio Taquari no Pantanal. Assim, o presente trabalho teve por objetivo mapear e caracterizar diferentes níveis de degradação das pastagens cultivadas em solos arenosos na BAT empregando o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). A partir de imagens Landsat 5 do período de abril e maio de 2010 foram geradas imagens reflectância das bandas 1 a 5 e 7 do sensor TM. Utilizando o MLME foi gerado a imagem abundância de solo exposto, em relação à qual e apoiado por trabalho de campo, foram definidos três níveis de degradação das pastagens conforme a seguir: pastagens não degradadas (solo exposto  $\leq 20\%$ ), pastagens com nível de degradação baixo/médio ( $20 < \text{solo exposto} \leq 45\%$ ) e alto (solo exposto  $> 45\%$ ). As áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos na BAT em 2010 totalizavam 851.204 hectares, correspondendo a 66,3% dessa classe de solo e a 30,1% da superfície da bacia. A maioria da área avaliada, cerca de 57%, foi caracterizado como sendo de baixo/médio nível de degradação. Níveis de degradação alto corresponderam a aproximadamente a 9% da área. As pastagens não degradadas recobriam 286 mil hectares, cerca de 34% da área.

**Palavras-chaves:** sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, Pantanal.

**Abstract:** Pasture degradation is a major problem in cattle in Brazil today. The areas covered by pastures in areas of sandy *Soils* in the basin of the upper Taquari (BAT) are important sources of sediment yield, which enhance the silting of the river Taquari in the Pantanal. Thus, this study aimed to map and characterize different levels of degradation of cultivated pastures in sandy *Soils* in BAT using the Linear Spectral Mixture Modelling (LSMM). The Landsat images from five of the period of April and May 2010 were generated images of the reflectance bands 1-5 and 7 of the TM sensor. Was generated using the LSMM abundance of the image exposed *Soil*, for which and supported by field work were three levels were defined pasture degradation as follows: pasture undegraded (exposed *Soil*  $\leq 20\%$ ), pastures with low/medium level of degradation ( $20 < \text{exposed } \textit{Soil} \leq 45\%$ ) and high (exposed *Soil*  $> 45\%$ ). The areas of cultivated pastures in sandy *Soils* in BAT in 2010 totaled 851,204 hectares, accounting for 66.3% the of this class of *Soil* and 30.1% of the surface of the basin. Most of the studied area, about 57%, was characterized as being low/medium level of degradation. High levels of degradation corresponding to approximately 9% of the area. The pastures covered again undegraded 286 thousand hectares, about 34% of the area.

**Key Words:** remote sensing, digital image processing, Pantanal.

## 1. Introdução

Um dos maiores impactos ambientais e socioeconômicos no Pantanal Brasileiro é a intensificação dos processos erosivos nas áreas de planalto, onde nascem os rios pantaneiros. O maior exemplo é o assoreamento do rio Taquari no Pantanal. A principal causa desse assoreamento foi a expansão desordenada da agropecuária na bacia do alto Taquari (BAT) a partir da década de 70 (Galdino e Vieira, 2005).

O uso das terras da BAT se dá predominantemente com pecuária de corte, cujas pastagens em 2000 recobriam cerca de 55% da superfície da bacia (Silva e Santos, 2011). Em sua grande maioria são cultivadas nessas áreas forrageiras do gênero *Brachiaria*. Nesse mesmo ano, 47,9% das pastagens da BAT eram plantadas sobre solos arenosos (SA), correspondendo a 26,3% da superfície da bacia (Silva e Santos, 2011). No Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Santos et al., 1997) esses solos arenosos eram denominados de Areia Quartzosa, conforme classificação de solos da Embrapa (1988), e ocupam quase a metade (46,1%) de toda a superfície da BAT.

As áreas de pastagem são as mais castigadas pela erosão, devido ao uso inadequado do solo de textura grosseira de baixa fertilidade e ao desmatamento indiscriminado das encostas e dos topos dos morros (Brasil, 1982). A consequência imediata é a intensificação da erosão hídrica, devido à maior exposição do solo à ação da chuva. Assim, as áreas recobertas por pastagens constituem importantes fontes de produção de sedimentos, que atingem os cursos d'água da BAT, e conseqüentemente intensificam o assoreamento do rio Taquari no Pantanal.

A degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária do Brasil na atualidade (Macedo et al., 2000; Vilela et al., 2001). Macedo et al. (2000) estimaram que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas do Brasil Central, as quais respondem por 55% da produção nacional de carne, encontram-se em algum estágio de degradação. Os motivos são diversos: lotação excessiva, falta de adubação de manutenção e aplicação incorreta de corretivos no solo por ocasião do plantio. A degradação das pastagens pode ser entendida como sendo um processo dinâmico de perda relativa da produtividade. As causas mais importantes desse processo estão relacionadas com a inadequação da escolha da espécie forrageira, com o preparo, correção e fertilização do solo inadequado ou insuficiente, e com o mau manejo das pastagens.

Na descrição das fases de degradação das pastagens propostas por Spain e Gualdrón

(1988) e Macedo (2000), a erosão do solo aparece como a fase mais crítica de degradação dos pastos. Na prática, a erosão acelerada está presente em todas as fases e tende a aumentar com a diminuição da cobertura do solo, tanto pela pastagem, quanto pelas invasoras e pelos resíduos sobre a superfície do solo (Galdino, 2012). Assim, para minimizar a erosão nas áreas de pastagens é fundamental o manejo correto das mesmas e a adoção de práticas conservacionistas. Entretanto, dados do Censo Agropecuário de 1995 (Ibge, 1998) mostram que são poucos os pecuaristas que investem no cultivo da pastagem. Nesse período, 30% das propriedades rurais utilizavam práticas de adubação, química ou orgânica e correção do solo. Os investimentos em práticas de conservação do solo eram realizados em apenas 14,5% dos estabelecimentos, sendo que 10,6% das fazendas utilizavam o cultivo em curva de nível e o terraceamento era adotado em apenas 3,4% dos estabelecimentos rurais (Ibge, 1998).

Galdino e Marinho (2012) avaliando o efeito do uso e manejo de pastagens cultivadas em solos arenosos da BAT, verificaram que a menor cobertura do solo pela vegetação (pastagens e invasoras) reduziu as porcentagens do dossel e de resíduos sobre a superfície do solo, diminuiu a densidade de raízes, e conseqüentemente favoreceu as taxas de erosão.

O Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) de acordo com Shimabukuro e Smith (1991) estima as proporções das reflectâncias dos diferentes componentes que contribuem na formação da reflectância total dentro do elemento de resolução do sensor “pixel”. No caso de uma área agrícola, por exemplo, o modelo normalmente decompõe a reflectância contida num determinado “pixel” em quatro componentes referentes à vegetação (GV), ao solo (*Soil*), à sombra/água (Shadow/water) e à vegetação fotossinteticamente inativa (NPV). Apesar do MLME não ser enquadrado como um método de classificação de imagens pois seu propósito principal não é a obtenção de classes temáticas, entretanto com o MLME obtém-se algo semelhante a uma “classificação suave”, ou seja, o pixel pode apresentar múltiplos identificadores. No MLME, para cada componente analisado, as áreas mais claras ou escuras na imagem, indicam, respectivamente, uma maior ou menor proporção do alvo. Na Imagem Fração, também denominada de Imagem Abundância, a variação na escala de cinza indica, de forma contínua, a proporção de um determinado alvo (Shimabukuro e Smith, 1991). Asis e Omasa (2007) a partir de Imagens Fração GV, NPV e *Soil*, estimaram o fator de uso e manejo do solo da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (Fator C da RUSLE). Galdino (2012) utilizou a Imagem Abundância de solo exposto (*Soil*) como indicador de níveis de degradação de pastagens quanto à erosão.

## 2. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo mapear e caracterizar diferentes níveis de degradação das pastagens cultivadas em solos arenosos na BAT, no ano de 2010, utilizando o MLME.

## 3. Material e Métodos

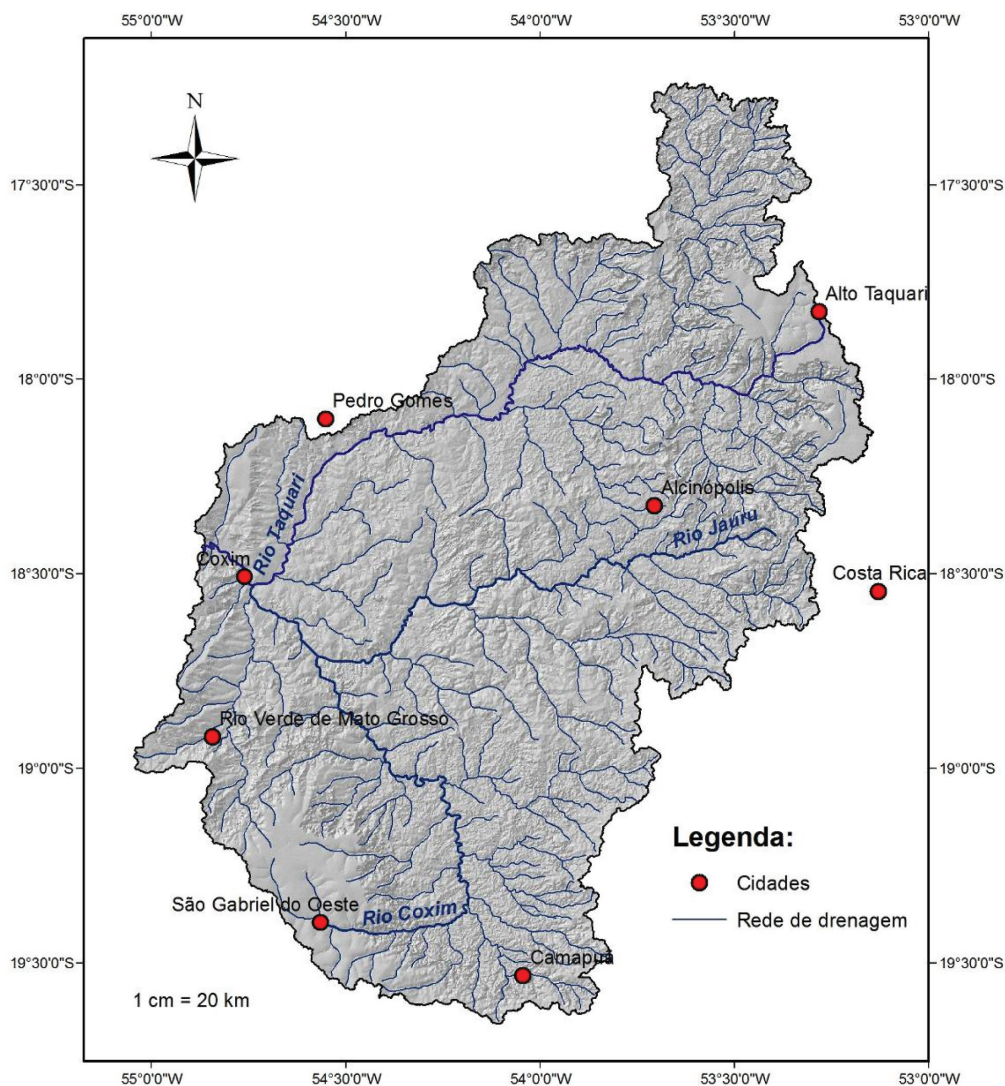
A bacia hidrográfica do alto Taquari (BAT) apresenta área aproximada de 28.000 km<sup>2</sup>, sendo que mais de 86% da superfície da bacia situa-se no Estado de Mato Grosso do Sul, e cerca de 14% no Estado de Mato Grosso (Galdino e Vieira, 2005). A BAT integra os planaltos da bacia do alto Paraguai (BAP) situando-se a oeste do Pantanal Brasileiro, entre as latitudes 19° 39' 20" e 17° 14' 20" sul e longitudes 55° 02' 47" e 53° 08' 35" oeste (**Figura 1**).

A BAT apresenta clima do tipo Aw da classificação de Köppen (Silva e Santos, 2011),

com chuva anual média entre 1.440 mm, com mais de 80% da precipitação anual se concentrando nos meses de outubro a março (Galdino e Marinho, 2011).

O principal afluente do rio Taquari é o rio Coxim, sendo que o rio Jauru, afluente do rio Coxim também merece destaque na BAT (**Figura 1**).

O uso das terras na BAT se dá principalmente com pastagens plantadas, que em 2000, segundo trabalho de Silva e Santos (2011), recobriam cerca de 55% da superfície da bacia, ou seja aproximadamente 15.400 km<sup>2</sup>. Os cultivos anuais, principalmente de soja e milho, ocupavam aproximadamente outros 3.360 km<sup>2</sup> ou cerca 12% das terras da BAT. Cerrado e a Mata eram então as principais classes de vegetação natural, recobrendo respectivamente, 17,41% (4.875 km<sup>2</sup>) e 11,68% (3.270 km<sup>2</sup>) da superfície da bacia.



**Figura 1.** Bacia hidrográfica do alto Taquari (BAT): hidrografia e sedes municipais.

O relevo é composto por planaltos, planaltos residuais, sempre circundados por escarpas, às vezes configurando frentes de cuesta dissimuladas pelas atividades erosivas, e depressões (Silva e Santos, 2011). A altitude média é de 449 metros, variando entre 177 e 920 metros. A classe de declividade predominante, ocorrendo em cerca de metade da área total da BAT, situa-se entre 3 e 8%, configurando relevo suave ondulado. Relevo ondulado (com declividades entre 8 e 20%) ocorre em outros 22% da área da BAT, onde é mais acentuado o risco de erosão das terras. Declividades superiores a 20% condicionantes

de alto risco de processo erosivo onde os solos são muito susceptíveis cobrem cerca de 5% da superfície da bacia (Galdino e Weill, 2010).

Na identificação das áreas de solos arenosos presentes na BAT, foram utilizadas informações das classes de solo do PCBAP (Santos et al., 1997). Estas informações em escala 1:250.000, são as mais detalhadas para a BAT, estando disponíveis em formato vetorial (*shapefile*), referenciadas em UTM e datum SAD69.

Em abril de 2010 foi realizada viagem a campo na BAT para levantamento de informações junto aos proprietários rurais e observação do estado das pastagens (porcentagem de solo exposto e de invasoras, idade do pasto, etc.) em áreas de solos arenosos. Foram observados dezenas de locais, retiradas fotos e obtidas as coordenadas geográficas por intermédio de aparelho receptor de GPS. Essas informações constituíram a verdade de campo.

Para a geração das imagens reflectância necessárias para o mapeamento das áreas de pastagens em solos arenosos, inicialmente foram obtidas imagens Landsat 5 TM, disponibilizadas pelo INPE no endereço <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Na **Tabela 1** consta a relação das imagens do Landsat 5 TM, com resolução espacial de 30 por 30 metros. Para todas as imagens foram obtidas as bandas 1 (0,452 - 0,518  $\mu\text{m}$ ), 2 (0,528 - 0,609  $\mu\text{m}$ ), 3 (0,626 - 0,693  $\mu\text{m}$ ), 4 (0,776 - 0,904  $\mu\text{m}$ ), 5 (1,567 - 1,784  $\mu\text{m}$ ) e 7 (2,097 - 2,349  $\mu\text{m}$ ).

**Tabela 1.** Imagens Landsat 5 TM utilizadas para a obtenção da imagem reflectância.

| Órbita | Ponto | Data da passagem |
|--------|-------|------------------|
| 224    | 72    | 21/04/2010       |
| 224    | 73    | 21/04/2010       |
| 224    | 74    | 21/04/2010       |
| 225    | 72    | 14/05/2010       |
| 225    | 73    | 12/04/2010       |
| 225    | 73    | 28/04/2010       |
| 225    | 74    | 12/04/2010       |

No registros das seis bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7) de cada uma das cenas, inicialmente foram geradas imagens na composição colorida RGB 543. Em seguida essas imagens foram registradas com base no mosaico GeoCover 2000 por meio de transformações polinomiais de 1º grau e interpolação pelo método do vizinho mais próximo, utilizando a extensão *Georeferencing* do software ESRI ArcGIS 9.3. A partir dos pontos de controle obtidos no registro das imagens, procedeu-se o registro das bandas.

Na correção atmosférica foi utilizado o método DOS (*Dark Object Subtraction*) proposto por Chavez (1988 e 1989). O método DOS é um método de correção do espalhamento atmosférico no qual a interferência atmosférica é estimada diretamente a partir dos números digitais (ND) da imagem de satélite, sendo ignorada a absorção atmosférica. Para a aplicação desta técnica não há a necessidade de se obter dados sobre as condições atmosféricas na data de obtenção das imagens. Para a correção atmosférica pelo método método DOS juntamente com a conversão de ND para reflectância, foi utilizada a planilha eletrônica de Gurtler et al. (2005). Na planilha eletrônica os dados referentes às radiancias mínima (Lmin) e máxima (Lmax) e à irradiância (E) do sensor TM foram atualizados de acordo com Chander et al. (2009). Para o cálculo do espalhamento atmosférico a banda TM1 foi utilizada como banda referência. Além do histograma da banda 1, os dados de entrada na planilha foram o tipo de sensor (TM), a data da imagem e o ângulo de elevação solar. Em sequência, para obtenção das imagens reflectância das bandas, utilizou-se a ferramenta *Raster Calculation* da extensão *Spatial Analyst* do

software ESRI ArcGIS 9.3.

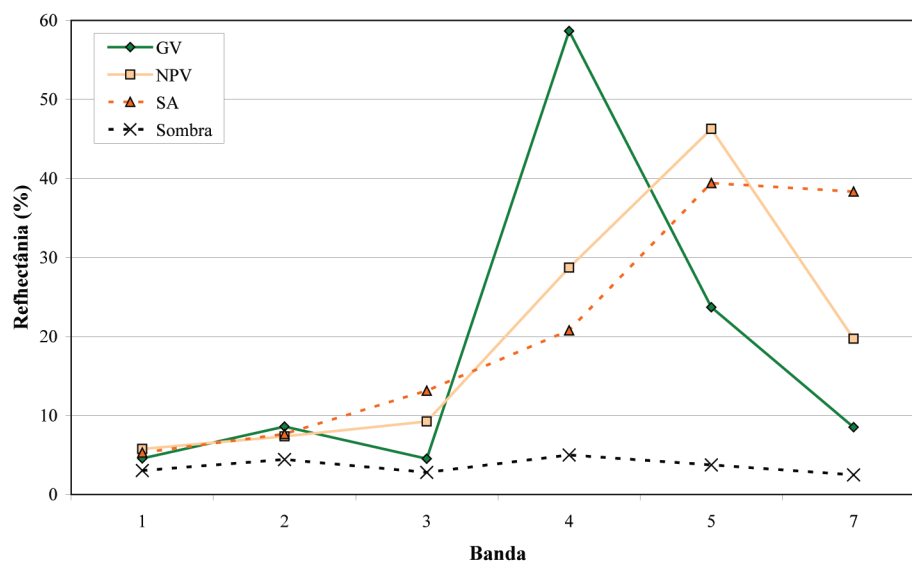
Para a obtenção do mosaico da imagem reflectância de cada uma das seis bandas Landsat 5 TM da área de estudo, procedeu-se inicialmente a conversão da projeção UTM dessas imagens reflectancia para coordenadas geográficas (*datum* WGS84).

No mapeamento das áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos na BAT relativo ao ano de 2010, foram utilizadas imagem reflectância na composição colorida R5-G4-B3 do Landsat 5 TM relativa ao ano de 2010 e o mapa de uso das terras em 2007 disponibilizado em formato vetorial (*shape*) pelo projeto GeoMS, no âmbito de um convênio entre a Embrapa Informática Agropecuária com o Governo do Estado do Mato Grosso do Sul (Silva et al. 2011). A partir da interpretação visual dessas informações foi gerado o mapa das áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos na BAT em 2010. Essa área totalizou 851.204 hectares, correspondendo a 66,3% das áreas de solos arenosos na BAT e a 30,1% da superfície da bacia.

Na classificação dos diferentes níveis de degradação das pastagens em solos arenosos na BAT em 2010 foram considerados valores da razão de perda de solo (SLR) e do fator de uso e manejo do solo (Fator C da RUSLE), obtidos a partir de levantamentos realizados no campo em nove pastagens (parcelas) por Galdino (2012). A partir da análise estatística desses valores, apoiada em dados disponíveis na literatura, foi realizado o reagrupamento de parcelas com nível de degradação de pastagens semelhantes (Fator C). O solo descoberto foi o parâmetro que apresentou maior correlação com o fator de uso e manejo do solo, ou seja, com o nível de degradação das pastagens quanto ao risco de erosão hídrica. Assim, o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) foi utilizado para gerar a imagem abundância de solo exposto nas áreas de pastagens cultivadas nos solos arenosos da BAT. No estabelecimento dos limiares de solo exposto foram consideradas as médias desse parâmetro nas parcelas reagrupadas. Para gerar o arquivo raster das classes de degradação das pastagens, foi utilizado a ferramenta *Raster Calculator* do software ArcGIS, a imagem abundância e os limiares de solo exposto. O desempenho do MLME foi avaliado pelos índices de exatidão global e Kappa, considerando como verdade absoluta informações sobre dezenas de pastagens observadas na viagem de abril de 2010. O parâmetro considerado para avaliar o nível de degradação dessas pastagens quanto ao risco de erosão foi a percentagem de solo exposto.

Para a obtenção da imagem abundância de solo exposto através do MLME foram utilizados os módulos *HIPERAUTOSIG* e *HYPERUNMIX* do software IDRISI. *HIPERAUTOSIG* cria assinaturas espectrais automaticamente e *HYPERUNMIX* gera as imagens abundâncias de alvos a partir de assinaturas espectrais selecionadas. As assinaturas espectrais geradas pelo módulo *HIPERAUTOSIG* foram comparadas com assinaturas espectrais disponíveis na literatura para o sensor TM do Landsat 5. Foram considerados quatro elementos distintos (alvos); vegetação (*green vegetation* - GV), vegetação fotossinteticamente inativa (*non-photosynthetic vegetation* - NPV), solo (*Soil*) e sombra/água (*shadow/water*). A curva espectral do solo arenoso (SA) foi selecionada a partir do estudo de Demattê et al. (2004). As respostas espectrais dos demais elementos foram selecionadas a partir dos trabalhos desenvolvidos na Amazônia por Adams et al. (1995) e Numata et al. (2007). As curvas espectrais desses alvos para o sensor TM Landsat 5 podem ser visualizadas na **Figura 2**.

A imagem erro ou imagem RMSE (*Root Mean Square Error*) apresentou média de 0,0763 (7,63%), indicando boa qualidade dos alvos (*endmembers*) utilizados no processamento do MLME.



**Figura 2.** Curva espectral da vegetação (GV), da vegetação fotossinteticamente inativa (NPV), do solo arenoso (SA) e da sombra.

Para eliminar o efeito da sombra, devido às diferenças de condições de iluminação no momento da aquisição das imagens, a imagem abundância de SA foi normalizada, através da Equação 1:

$$SA_{\text{Norm.}} = SA / (1 - \text{Sombra}) \quad (1)$$

onde:

SA = imagem abundância de solos arenosos;

Sombra = imagem abundância de sombra.

#### 4. Resultado e Discussão

O reagrupamento de parcelas com níveis semelhantes de uso e manejo do solo (Fator C da RUSLE) e conseqüentemente de solo exposto permitiu diferenciar três classes de degradação das pastagens. Pastagens não degradadas (solo exposto  $\leq 20\%$ ); pastagens com nível de degradação baixo/médio ( $20 < \text{solo exposto} \leq 45\%$ ) e alto (solo exposto  $> 45\%$ ).

As três classes do MLME foram reagrupadas em duas classes e confrontadas com 45 pontos observados no campo (verdade). O limiar das duas classes foi 20% de solo exposto. Pastagens que apresentavam até 20% de solo exposto foram consideradas como sendo não degradadas. Acima de 20% de solo exposto as pastagens foram classificadas como sendo degradadas.

A exatidão global foi de 0,82 e o índice Kappa de 0,634. O nível de concordância do índice Kappa foi substancial, sendo significativamente diferente de zero a 95% de probabilidade. As classes (níveis) de degradação das pastagens cultivadas em solos arenosos na BAT no ano de 2010 obtidas a partir pelo MLME podem ser visualizadas na **Figura 3**.

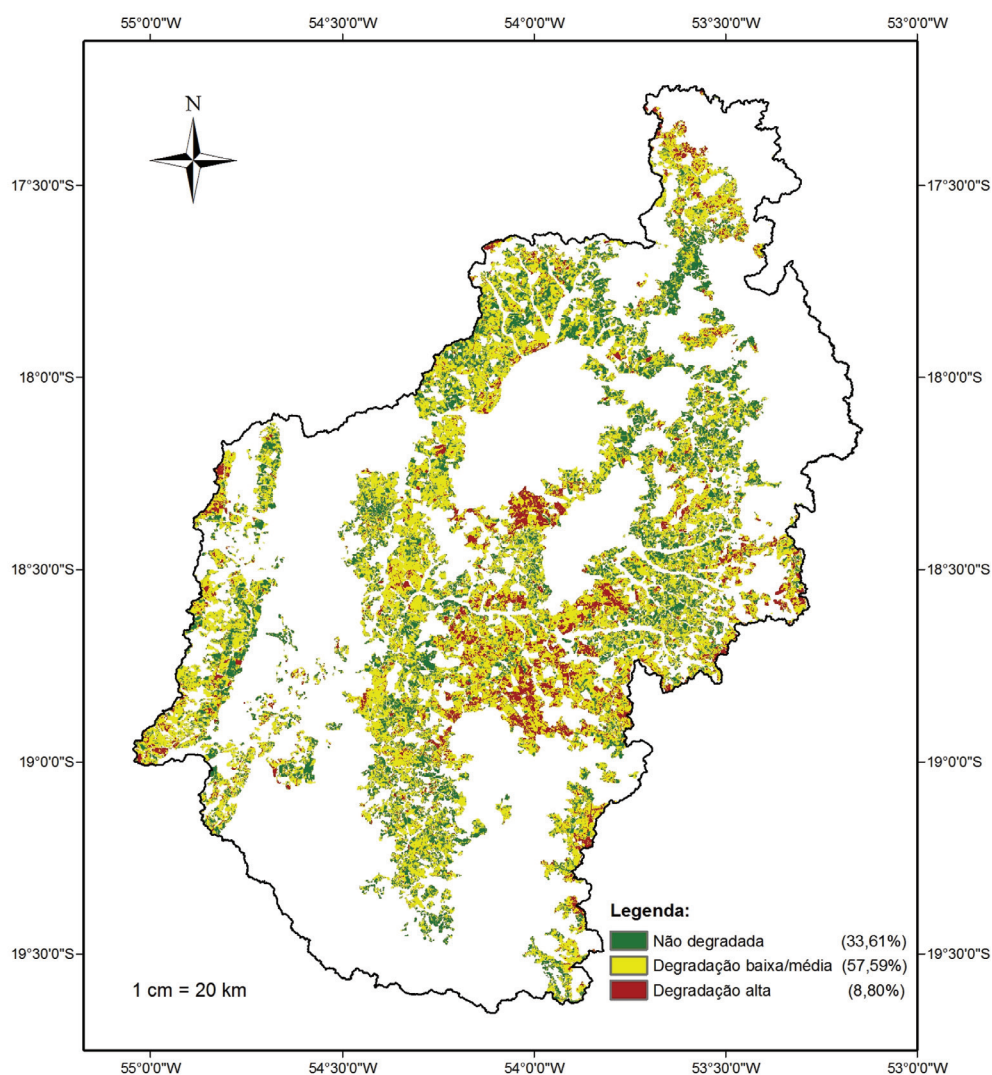
Na **Tabela 2** são apresentadas as principais características (parâmetros) das áreas de pastagens, com diferentes níveis de degradação, cultivadas em solos arenosos na BAT no ano de 2010.

**Tabela 2.** Principais parâmetros para diferentes níveis de degradação das pastagens cultivadas em solos arenosos na bacia do alto Taquari no ano de 2010.

| Principais parâmetros     | Pastagem não degradada | Pastagem com nível de degradação: |        |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|--------|
|                           |                        | Baixo/médio                       | Alto   |
| Área (ha)                 | 286.089                | 490.209                           | 74.906 |
| Média de solo exposto (%) | 13,05                  | 30,09                             | 55,88  |
| Declividade média (%)     | 6,92                   | 6,45                              | 6,77   |

Pastagens com baixo/médio nível de degradação predominaram nas áreas de pasto em solos arenosos na BAT em 2010 (57,6%). Cerca de 286 mil hectares (33,6%) das pastagens não apresentavam nenhum nível de degradação. Pastos com alto nível de degradação ocupavam cerca de 75 mil hectares (8,8%) das terras da BAT. Essas áreas apresentam elevadas taxas de perdas de solo, merecendo especial atenção quanto ao seu manejo e a adoção de práticas conservacionistas do solo.

A declividade média apresentou pouca variação entre os diferentes níveis de degradação das pastagens, sugerindo que o uso das terras nas áreas de solos arenosos na BAT pelas pastagens ocorre de forma indistinta quanto às condições do relevo.



**Figura 3.** Mapa dos diferentes níveis de degradação das pastagens cultivadas em solos arenosos na bacia do alto Taquari no ano de 2010.

## 5. Conclusões

A porcentagem de solo exposto em áreas de pastagens constitui um indicador potencial dos diferentes níveis de degradação desses pastos quanto à erosão.

A Imagem Abundância de solo obtida pelo MLME possibilita avaliar qualitativamente diferentes níveis de exposição do solo a ação erosiva das chuvas.

A maioria (57,6%) das pastagens cultivadas em solos arenosos na BAT em 2010 apresentava nível de degradação baixo/médio. As pastagens com nível de degradação alto recobriam cerca de 9% das áreas de solos arenosos, e aproximadamente 1/3 das pastagens não apresentavam nenhum nível de degradação.

## 6. Agradecimentos

A Embrapa Pantanal e a Embrapa Informática Agropecuária pelo apoio logístico e financeiro para a realização da viagem à bacia do alto Taquari.

## 7. Referências Bibliográficas

- Adams, J.B.; Sabol, D.; Kapos, V.; Almeida F.; Roberts, D.A.; Smith M.O.; Gillespie, A.R. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: application to land-use change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, 52, 137-154. 1995
- Asis, A.M.; Omasa, K. 2007. Estimation of vegetation parameter for modeling *Soil* erosion using linear spectral mixture analysis of Landsat ETM data. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 62:309–324, 2007.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SE.21 Corumba e parte da folha SE.20: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetacao e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1982. 418p.il., 5 mapas. (Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, 27).
- Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, p. 893-903, 2009.
- Chavez, Jr., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1988.
- Chavez Jr., P.S. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper multispectral images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, p. 1285-1294, 1989.
- Demattê, J.A.M.; Toledo, A.M.A.; Simões, M.S. Metodologia para reconhecimento de três solos sensores: Laboratorial e orbital. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 28, p. 877-889. 2004.
- Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1988. 122 p.
- Galdino, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do alto Taquari - MS/MT**. 2012. 105 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas: Feagri/Unicamp, Campinas.
- Galdino, S.; Marinho, M.A. Estimativa da razão de perda de solo e do fator C da RUSLE para pastagens em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da bacia do alto Taquari - MS/MT. In: XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Lages-SC. 4p., 2012.
- Galdino, S.; Vieira, L.M. A Bacia do Rio Taquari e seus problemas ambientais e socioeconômicos. In: Galdino, S.; Vieira, L. M.; Pellegrin, L. A. (Ed.) **Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal**. Campo Grande: Gráfica Mundial; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 29-43
- Galdino, S.; Weill, M.A.M. Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda

de Solo Revisada (RUSLE) para a bacia do Alto Taquari MS/MT. In: III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2010, Cáceres. **Anais III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Campinas : Embrapa Informática Agropecuária/Inpe, 2010. p. 260-269.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1998.

Gurtler, S.; Epiphânio, J.C.N.; Luiz, A.J.B.; Formaggio, A.R. Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, n.02, p. 162-167, 2005.

Macedo, M.C.M.; Kichel, A.N.; Zimmer, A.H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa-CNPAG, 2000, 4p. (Embrapa-CNPAG. Comunicado técnico, 62). Disponível em: <<http://www.cnpag.embrapa.br/publicacoes/cot/COT62.html>>. Acesso em: Acesso em 21 nov. 2011.

Macedo, M.C.M. Sistemas de produção em pasto nas savanas da América Tropical: limitações e sustentabilidade. In: REUNIÓN LATINO AMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 16. Congresso uruguayo de produccion animal, 2000. Montevideu, UR. **Anales...** Montevideu, UR, 2000 – CD ROM.

Numata, I.; Roberts, D.A.; Chadwick, O.A.; Schimel, J.P.; Sampaio, F.F.; Leonidas, F.C.; Soares, J.V. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**. 108. 314-327, 2007.

Santos, R.D.; Carvalho Filho, A.; Naime, U.J.; Oliveira, H.; Motta, P.E.F.; Barui, A.M.; Barreto, W.O.; Melo, M.E.C.C.M.; Paula, J.L.; Santos, E.M.R.; Duarte, M.N. Pedologia. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) – PCBAP**: diagnóstico dos Meios Físico e Biótico – Meio Físico. Brasília. MMA/PNMA, 1997. v.2, t.1, p 120-293.

Spain, J.M.; Gualdrón, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. In: VI Reunión Del Comité Asesor de la RIEPT. Memórias. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Veracruz, México 1988. CIAT. p. 269-283.

Silva, J. dos S. V. da; Pott, A.; Abdon, M. de M.; Pott, V. J.; Santos, K. R. dos. **Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64 p.

Silva, J. dos S. V. da; Santos, R. F. dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 329 p. il.

Vilela, L.; Barcellos, A.O.; Sousa, D.M.G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 21 p. (Documentos, 42). Disponível em < <http://www.cienalivre.pro.br/media/9111b248d81b3634fff8099fffd502.pdf> >. Acesso em: Fev. 2012.