



Modelagem geoespacial das perdas de solo em pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da bacia do alto Taquari (MT/MS)

Sérgio Galdino ¹
Mara de Andrade Marinho ²
Sérgio Gomes Tôsto ¹

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite
Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão
13070-115 – Campinas – SP, Brasil
{sergio.galdino, sergio.tosto}@embrapa.br

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

Resumo. Um dos maiores problemas ambientais e socioeconômicos do Pantanal é o assoreamento do rio Taquari, decorrente principalmente da erosão acelerada de solos arenosos ocupados com pastagens degradadas na parte alta da bacia. A recuperação das pastagens degradadas constitui uma das prioridades do Governo Federal, inclusive no âmbito do Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC). Com a recuperação e o aumento da produtividade das áreas de pastagens implantadas espera-se diminuir a pressão para o desmatamento de novas áreas no Brasil, tornando-se particularmente importante para as terras localizadas no entorno do Pantanal e no bioma Amazônia. Dentre os modelos mais utilizados para estimar a taxa média anual de perda de solo destacam-se a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e sua sucessora a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE). Neste trabalho ajustaram-se os fatores da USLE/RUSLE às condições da bacia do alto Taquari (BAT) e estimaram-se as taxas anuais de perda de solo por erosão hídrica para diagnóstico da erosão acelerada. O estudo compreendeu as áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT. Todo trabalho foi realizado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). A taxa média de perda de solo nas pastagens da BAT foi estimada em 9,638 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, no limite inferior da tolerância de perda de solo para solos pouco desenvolvidos de textura arenosa, entretanto o avançado estágio de degradação por assoreamento da bacia indica necessidade de pronta intervenção para que o processo seja mitigado.

Palavras-chave: geotecnologia, planejamento conservacionista, modelagem da erosão, sistema de informações geográficas, Pantanal, USLE/RUSLE.

Abstract. One of the major environmental and socioeconomic problems of the Brazilian Pantanal biome is the silting up of the Taquari River basin, which is mainly due to the erosion of the sandy soils at higher areas of the river basin that are covered by degraded pastures. Recovering degraded pastures is a priority for the Brazilian Federal Government, which created the National Plan for Low Carbon Emissions in Agriculture (ABC Plan). It is expected that an increase in pasture productivity will lead to less pressure to deforest new areas in Brazil, and is especially important for areas around the Pantanal and Amazon biomes. Among the models mostly used to estimate the average annual soil loss rate are the Universal Soil Loss Equation (USLE) and its successor, the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). In this work we adjusted the USLE/RUSLE factors to the local conditions of the Alto Taquari River Basin (BAT), and estimated the annual rates of soil loss caused by water erosion in order to detect accelerated erosion. The study encompassed cultivated pasture areas at BAT's Typic Quartzipsamment soils. The whole work was performed within a geographic information system (GIS) environment. The average soil loss rate estimated for the BAT's pastures was of 9.638 Mg ha⁻¹ year⁻¹, which is at the lower limit of the tolerance for underdeveloped sandy soils. However, the advanced degradation caused by the basin's silting up indicates a need for prompt intervention in order to minimize the problem.

Key-words: geotechnology, conservation planning, modeling erosion, Geographical Information System, Pantanal biome, USLE/RUSLE.

1. Introdução

Um dos maiores impactos ambientais e socioeconômicos do Pantanal Brasileiro é a intensificação dos processos erosivos nas áreas de planalto, onde nascem os rios da bacia do alto Paraguai (BAP). O maior exemplo é o assoreamento do rio Taquari. A principal causa desse assoreamento foi a expansão desordenada da agropecuária na bacia do alto Taquari (BAT) a partir da década de 1970 (Galdino e Vieira, 2005).

O uso predominante das terras da BAT se dá com pecuária bovina em pastagens cultivadas do gênero *Brachiaria* (Silva e Santos, 2011). Muitas áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos apresentam-se degradadas, com exposição do solo e ocorrência de plantas invasoras. A erosão acelerada dessas áreas constitui a principal fonte de sedimentos que atingem os cursos d'água da bacia e assoreiam o rio Taquari no Pantanal (Galdino e Vieira, 2005). As pastagens na BAT são cultivadas em associações de solos com predomínio da classe NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQ) (Embrapa, 2006). Em 2010, 66,3% da área de RQ estavam ocupadas com pastagens, correspondendo a 30,1% da superfície da bacia (Galdino et al., 2013). Cerca de 2/3 dessas pastagens, apresentava então algum nível de degradação por erosão (Galdino et al., 2013).

A recuperação das pastagens degradadas constitui uma das prioridades do Governo Federal. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura, conhecido por Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono), que prevê a destinação de investimentos a projetos de recuperação de pastagens degradadas (Brasil, 2012). Com o aumento da produtividade das pastagens (crescimento vertical), é esperada diminuição da pressão para a abertura de novas áreas naturais (crescimento horizontal), o que é particularmente importante para a conservação das terras localizadas nos planaltos da BAP e no bioma Amazônia.

Modelos matemáticos de predição de erosão são ferramentas usuais da pesquisa voltada à recomendação de práticas agrícolas conservacionistas. O diagnóstico da erosão em dado local auxilia a identificação das áreas mais críticas e traz subsídios aos programas voltados ao planejamento do uso das terras.

Um dos modelos mais utilizado em todo o mundo para estimar a perda média anual de solo é a Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation* - USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978). O modelo adaptado da USLE para uso no Brasil é conhecido como EUPS (Bertoni e Lombardi Neto, 1999). No intuito de melhorar as estimativas das perdas

de solo por meio da USLE, foi desenvolvida a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE*) (Renard et al., 1997).

2. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi proceder ao diagnóstico da erosão nas áreas de pastagens sobre NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS na BAT a partir da modelagem e interpretação da erosão do solo como subsídio ao manejo conservacionista e uso sustentável na bacia.

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

Este estudo compreendeu as áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS na bacia do alto Taquari (BAT) no ano de 2010. Essa classe de solo foi extraída do mapa de solos do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP (Santos et al., 1997).

A BAT apresenta área aproximada de 28.000 km². 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 BAP, 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**).

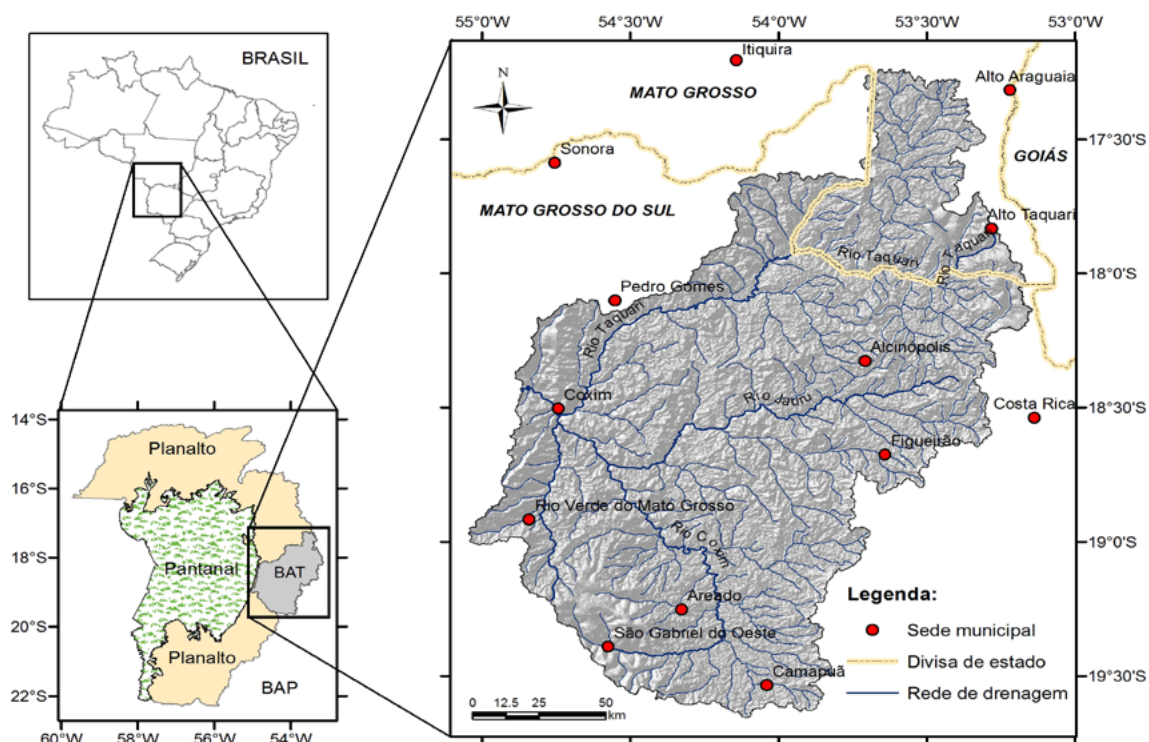


Figura 1. Mapa da bacia hidrográfica do alto Taquari (BAT) com sedes municipais, divisas estaduais e rede de drenagem, e sua localização na BAP e no Brasil.

Galdino et al. (2004) dividiram a BAT em quatro sub-bacias. A sub-bacia do rio Taquari (12.055 km²) compreende a área de drenagem do rio Taquari a montante da confluência com o

seu principal afluente, o rio Coxim. A sub-bacia do rio Coxim (7.442 km²), com seção de controle a montante do seu mais importante tributário, o rio Jauru. Também foram consideradas as sub-bacias do rio Jauru (6.394 km²) e do Taquari-Mirim (1.476 km²).

O clima da BAT é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen (Silva e Santos, 2011), com chuva anual média de 1.440 mm e com mais de 80% da precipitação anual concentrando-se nos meses de outubro a março (Galdino e Marinho, 2011).

As terras na BAT, em 2000, eram usadas principalmente com pastagens plantadas, que recobriam cerca de 55% da bacia (Silva e Santos, 2011). Os cultivos anuais, principalmente soja e milho, ocupavam aproximadamente 336.000 ha ou cerca 12% das terras da BAT. Cerrado e mata eram, então, as principais classes de vegetação natural, recobrando, respectivamente, 17,41% (487.500 ha) e 11,68% (327.000 ha) da superfície da bacia (Silva e Santos, 2011).

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 m, variando entre 177 m e 920 m. A classe de declividade predominante, que ocorre em cerca de metade da área total da BAT, situa-se entre 3% e 8% (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 e com solos muito susceptíveis, cobrem cerca de 5% da superfície da bacia (Galdino, 2012).

3.2. Modelagem da erosão nas áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos da BAT

A USLE e a RUSLE são modelos de predição da erosão hídrica do solo mais conhecidos e utilizados mundialmente até os dias de hoje. A EUPS ainda é muito utilizada no Brasil. Embora a estrutura dessas equações seja a mesma, as formas de determinação dos fatores diferem expressivamente. A USLE, EUPS e RUSLE são modelos multiplicativos simples, conforme expresso pela **Equação 1**.

$$A = R K L S C P \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que:

A = Perda de solo calculada por unidade de área por tempo, em Mg ha⁻¹ ano⁻¹;

R = Fator “erosividade das chuvas”, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

K = Fator “erodibilidade do solo”, em Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹;

L = Fator “comprimento da vertente”, adimensional;

S = Fator “declividade da vertente”, adimensional;

C = Fator “uso e manejo do solo”, adimensional;

P = Fator “práticas conservacionistas do solo”, adimensional.

Para a estimativa do fator *R* pela USLE e RUSLE, são necessários registros de intensidade e duração das chuvas. Entretanto, existe grande carência de pluviógrafos no Brasil. Assim, para estimar a erosividade das chuvas na área de estudo, foi testada a aplicabilidade de uma metodologia alternativa para estimativa do fator *R* desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) para a região de Campinas, SP. Essa metodologia, recomendada pela EUPS (Bertoni e Lombardi Neto, 1999), tem sido muito difundida no Brasil (Galdino, 2015; Galdino et al., 2014; Oliveira et al., 2012; Silva, 2004), visto que utiliza apenas valores mensais e anuais de volume de chuva, que podem ser obtidos prontamente por meio do site Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA). Para a BAT e o entorno, foram selecionados 20 postos pluviométricos com dados do período entre 1969 e 2010, sendo que os postos selecionados apresentavam pelo menos 23 anos de registros anuais completos. Para avaliar a aplicabilidade dessa metod-

ologia para uso na região, foi realizada comparação dos totais anuais de precipitação média, da distribuição mensal das precipitações e dos índices mensais de erosão de Campinas, SP, e da região da BAT e entorno. Foram determinados coeficientes de correlação linear simples (r) entre as médias mensais de chuva dos postos da ANA com os registros de chuva de Campinas, no período de 1954 a 1975. Os valores de r obtidos foram elevados e variaram, de 0,9092 a 0,9828, com média de 0,9651. A precipitação média anual em Campinas foi de 1.359 mm e os postos da ANA apresentaram média de 1.444 mm. A grande semelhança no regime pluviométrico caracterizado para Campinas no período entre 1954 e 1975 em relação àquele caracterizado com base nos registros dos postos da ANA localizados na área de estudo repete-se na distribuição mensal da precipitação dessas duas regiões. Tais resultados foram considerados satisfatórios para o emprego da metodologia da EUPS nos dados da BAT e entorno. Para a espacialização do fator R , foram seguidos os procedimentos de Galdino et al. (2014), utilizados para o mapeamento da erosividade das chuvas na bacia do Alto Paraguai/Pantanal. A partir da estimativa da erosividade de cada posto pelo método de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), foi feita a interpolação dos valores do fator R no ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS (ESRI, 2005) usando o método do inverso do quadrado da distância (IQD), visando a espacialização dos valores de R . Ainda no ArcGIS, foram calculados polígonos de Thiessen a partir das coordenadas geográficas dos postos pluviométricos e foram delimitadas áreas de influência para cada posto. Finalmente foi calculado o valor médio de erosividade anual, ou o fator R , por polígono de Thiessen. O arquivo final em formato *raster*, apresentou resolução aproximada de 30 m por 30 m.

Para o fator erodibilidade do solo (fator K), foi considerado um único valor, obtido da análise de valores de K estimados por Galdino (2012) para nove áreas de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT, empregando a metodologia de Denardim (1990). O valor de K foi de $0,0292 \text{ Mg h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ é coerente com as informações de erodibilidade de solos arenosos disponíveis na literatura.

O produto dos fatores L e S é comumente denominado fator topográfico ou fator LS . Um dos algoritmos mais difundidos para estimar o fator LS a partir de SIG foi desenvolvido por Desmet e Govers (1996), a partir da metodologia de Foster e Wischmeier (1974). Esse algoritmo emprega o conceito de contribuição de área e requer a geração de um mapa de fluxo acumulado. Para cada pixel, calcula-se a declividade, a direção de fluxo e a quantidade de fluxo acumulada a montante daquele pixel. Dessa maneira, o fator topográfico para vertentes complexas, presentes em bacias hidrográficas pode ser facilmente calculado. Para estimar o fator LS foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM/TOPODATA (Valeriano, 2008), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no endereço eletrônico <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Os dados do TOPODATA foram obtidos por processamento computacional para refinamento no tamanho da célula (pixel) para aproximadamente 30 m. Para o mapeamento do fator LS usando o método de Desmet e Govers (1996), foi utilizado o MDE da BAT e o software USLE2D. No cálculo do fator S , foi empregado o algoritmo de McCool et al. (1987), que é o recomendado para a RUSLE.

Para o fator de uso e manejo do solo (fator C) nas áreas de pastagens em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT em 2010, foi considerada a distribuição espacial dos diferentes níveis de degradação das pastagens e seus correspondentes valores do fator C obtidos por Galdino et al. (2012) usando a RUSLE.

O fator práticas conservacionistas do solo (fator P) no presente estudo foi considerado unitário, ou seja, considerou-se que nessas áreas não é adotada nenhuma prática conservacionista de solo.

4. Resultados e Discussão

4.1. Mapeamentos da erosividade das chuvas (fator R) e do fator topográfico (fator LS)

A erosividade média anual ponderada pelas áreas dos polígonos de Thiessen definidos nas áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos da BAT em 2010 foi estimada como sendo de $7.409 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, variando entre o mínimo de $6.817 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e o máximo de $8.161 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Na **Figura 2A**, pode-se visualizar a distribuição dos valores médios do fator R , por polígono de Thiessen. Observando a figura fica evidente a tendência de aumento dos valores da erosividade das chuvas da região sudoeste para a região nordeste da bacia, tendência que também já havia sido observada anteriormente por Galdino et al. (2004).

O fator topográfico (LS) da RUSLE para as áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT (**Figura 2B**) oscilou de 0 a 1.253, com média de 2,75. A figura mostra que pouco mais da metade dos valores de LS está compreendido entre 0 e 2, e que 81,3% das estimativas do fator topográfico foram inferiores a 4. Apenas 4,6% das áreas apresentaram valores de LS superiores a 8.

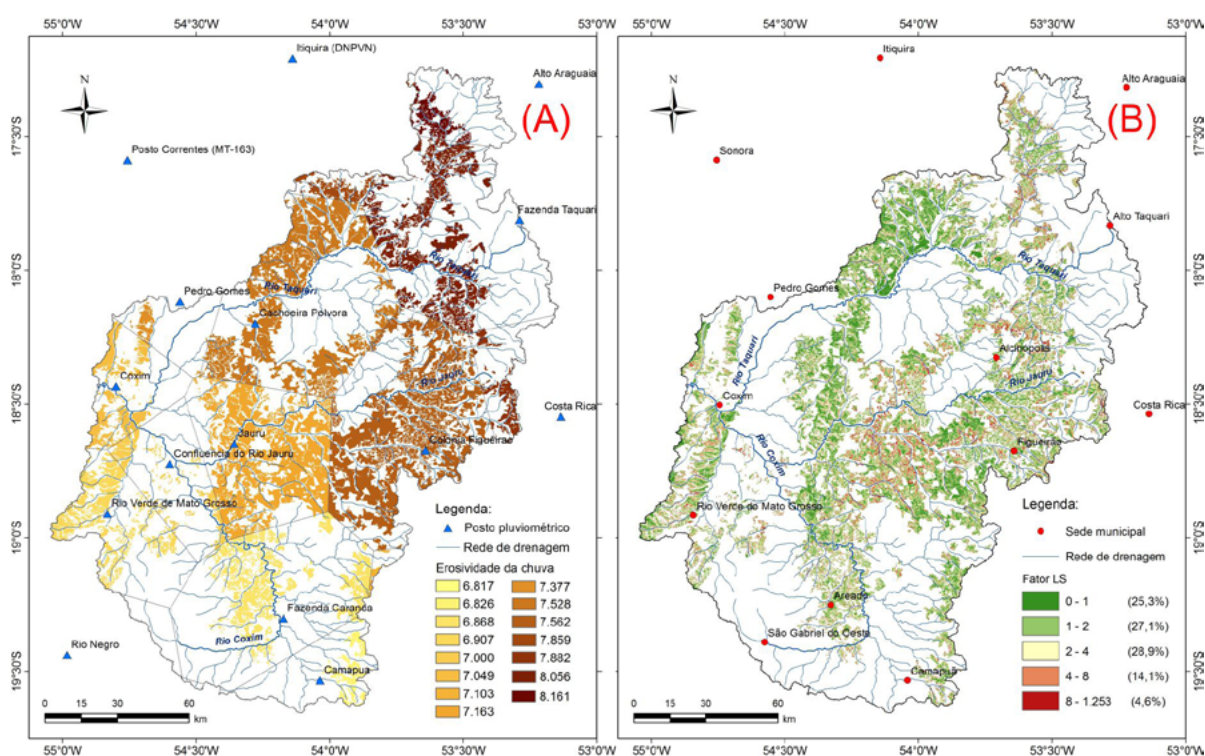


Figura 2. Distribuição do fator R (A), em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e do fator topográfico (fator LS) (B) para as áreas mapeadas em 2010 com pastagens cultivadas em solos arenosos da BAT.

4.2. Mapeamento do fator de uso e manejo do solo (Fator C) e das perdas de solo nas áreas de pastagens na BAT

Na espacialização do Fator C da RUSLE foi utilizado mapeamento (*shapefile*) de Galdino et al. (2013) das áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS no ano de 2010 na BAT para três níveis distintos de degradação das forrageiras: pastagens não ou pouco degradadas, pastagens moderadamente degradadas e pastagens muito degradadas (**Figura 3A**). Os valores do fator C utilizados na estimativa de perdas de solo foram de 0,0070 para pastagens não ou pouco degradadas, de 0,0143 para pastagens moderadamente degradadas e de 0,0610 para pastagens muito degradadas (Galdino et al., 2012). Pastagens com médio nível de

degradação predominaram nas áreas de pastagem em RQ na BAT em 2010 (57,6%). Cerca de 286 mil hectares (33,6%) das pastagens apresentavam baixo ou nenhum nível de degradação. Aproximadamente 75 mil hectares (8,8%) dos pastos em RQ apresentavam alto nível de degradação e merecem atenção especial quanto ao seu manejo e à adoção de práticas conservacionistas do solo.

As taxas estimadas de perdas de solo variaram entre 0 e 6.422 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, com média ponderada pela área de ocorrência de 9,638 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. O mapa das perdas de solo pode ser visualizado na **Figura 3B**, que mostra que pouco menos da metade (42,4%) dos valores de perda de solo estão compreendidos na faixa entre 0 e 4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e que 68,3% das estimativas de perda de solo foram inferiores a 8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Apenas 7,5% das áreas de pastagens apresentaram valores de perda de solo superiores a 25 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

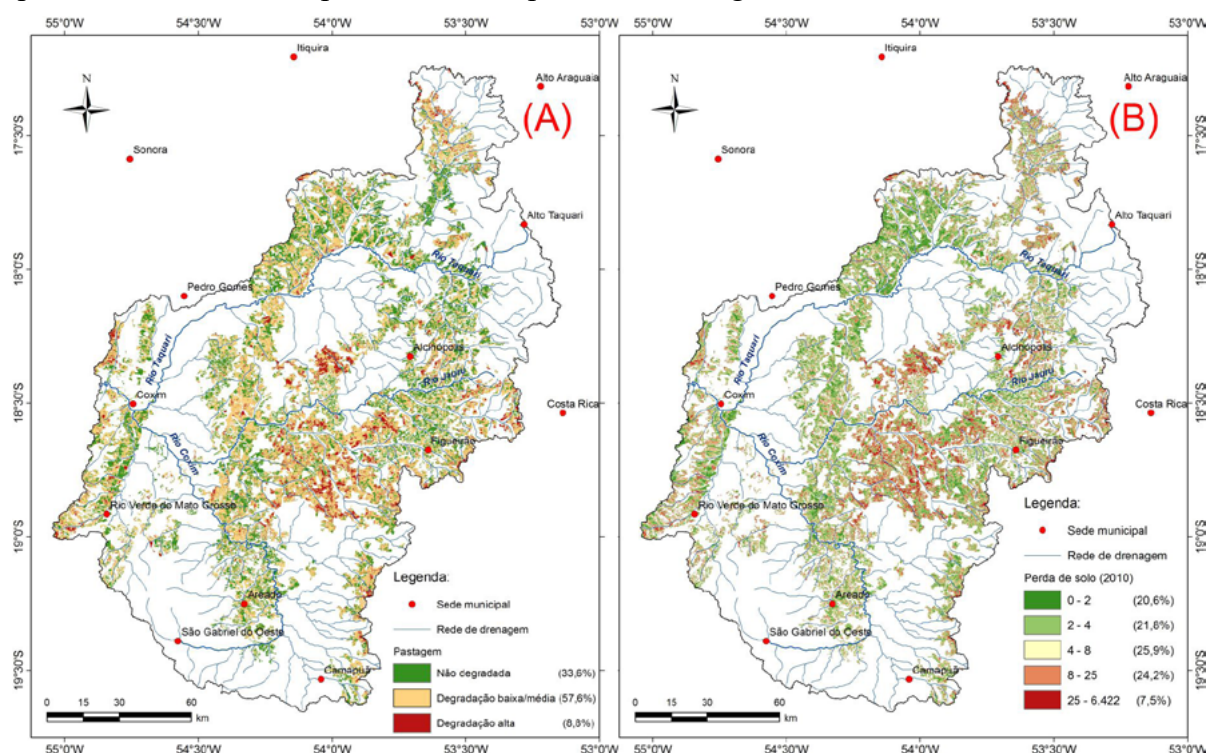


Figura 3. Mapas dos níveis de degradação das pastagens (A) e das perdas de solo (B), em Mg ha⁻¹ ano⁻¹, em pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT no ano de 2010.

A interpretação das taxas estimadas de perda de solo com base na tolerância de perda de solo por erosão (Valor-T) para solos arenosos do Estado de São Paulo, definidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999) como sendo de 13 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, evidenciou que 82,3% do montante das áreas de pastagens em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS apresentaram perdas de solo abaixo da tolerância. O critério de tolerância de perda de solo, no entanto, associa-se com manutenção da produtividade e não propriamente com a qualidade ambiental no entorno das áreas de produção. Isto explica porque mesmo com taxas estimadas inferiores à tolerância, a perda de solo nas áreas com pastagens tem sido suficientemente elevada para promover extensivo assoreamento e degradação das águas superficiais na bacia. Neste caso, o emprego de outro critério para interpretação das taxas de perda de solo, como no caso da metodologia do tempo de vida do solo (Weill e Sparovek, 2008), poderá fornecer um panorama mais ajustado da relevância do processo erosivo nas áreas com pastagens em solos arenosos da BAT.

O diagnóstico da erosão permitiu identificar a região com as maiores taxas de perda de solo que na BAT ocorrem nas terras drenadas pelo rio Jauru. A taxa média de perda de solo na

sub-bacia do rio Jauru foi 12,027 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Tais terras exigem atenção imediata e pronta intervenção para que o processo de degradação seja rapidamente mitigado.

5. Conclusões e Sugestões

O ajuste dos fatores dos modelos USLE/EUPS/RUSLE às condições locais da bacia do alto Taquari permitiu estimar as taxas anuais de perda de solo por erosão hídrica, obtendo-se uma taxa anual média ponderada pela área de 9,638 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Conquanto as taxas de perda de solo estejam em boa parte da área dentro do limite de tolerância estabelecido para solos pouco desenvolvidos de textura arenosa, o avançado estágio de degradação por assoreamento da bacia indica a necessidade de pronta intervenção para que o processo seja mitigado.

Para melhor subsidiar o planejamento conservacionista dessas áreas, sugere-se novo(s) estudo(s) da modelagem das taxas de perdas de solo para cenários futuros. Tais cenários poderiam contemplar: recuperação das pastagens degradadas, através da adequação da forrageira e adoção de práticas de calagem e adubação do solo; recuperação das pastagens degradadas e implementação de um sistema de terraços; etc. Também o critério de interpretação das taxas de perda de solo poderia ser alterado, empregando-se a metodologia de tempo de vida no solo. Finalmente, outro aspecto importante será a valoração ambiental de serviço ecossistêmico das taxas de perda de solo.

6. Agradecimentos

À Embrapa Informática Agropecuária, em especial ao Dr. João dos Santos Vila da Silva, bem como à Embrapa Pantanal, pelo apoio logístico e financeiro para as campanhas de campo. À Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e, em especial ao Laboratório de Geoprocessamento, pela disponibilidade da infraestrutura em equipamentos e de Sistemas de Informação Geográfica.

7. Referências

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo, Ícone, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República**. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.

Chaves, H. M. L. Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro. In: Alvarez V., V. H.; Fontes, L. E.; Fontes, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS, UFV, DPS, 1996. p. 731-750.

Denardin, J. E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1990. Desmet, P. J. J.; Govers, G. A. GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 51, n. 5, p. 427-433, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

ESRI. **GIS and Mapping Software**. ArcMap 9.1. Seattle, WA: ESRI, 2005.

Foster, G. R.; Wischmeier, W. H. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. **Transactions of the ASAE**, v. 17, n. 2, p. 305-309, 1974.

Galdino, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica**

do alto Taquari-MS/MT. 2012. 115 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, Campinas. 2012.

Galdino, S.; Marinho, M. A. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do alto Taquari MS/MT para fins de modelagem da perda de solo. In: Congresso sobre uso y manejo del suelo - UMS 5., 2011, Campinas. **Libro de Resúmenes.** Campinas: Feagri/Unicamp, 2011.

Galdino, S.; Marinho, M. A.; Silva, J. S. V. Classification of pasture degradation levels in terms of hydric erosion risk in Quartzipsamments areas at alto Taquari watershed (MS/MT, Brazil). **Revista Geografia**, v. 38, n. esp. p. 95-107, 2013.

Galdino, S.; Risso, A.; Soriano, B. M. A.; Vieira, L. M.; Padovani, C. R.; Melo, E. C.; Almeida Júnior, N. Erosão potencial laminar hídrica na bacia do Alto Taquari. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 2, p. 125-133, 2004.

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.

Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

McCool, D. K.; Brown, L. C.; Foster, G. R. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. **Transactions of ASAE**, v. 30, n. 5, p. 1387-1396, 1987.

Oliveira, P. T. S.; Wendland, E.; Nearing, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Catena**, v. 100, p. 139-47, 2012.

Renard, K. G.; Foster, G. R.; Weesies, G. A.; McCool, D. K.; Yoder, D. C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).** Washington: U.S. Department of Agriculture, 1997. 404 p. (Agriculture Handbook, 703).

Santos, R. D.; Carvalho Filho, A.; Naime, U. J.; Oliveira, H.; Motta, P. E. F.; Baruqui, 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.

Silva, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004.

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

Valeriano, M. M. Dados topográficos. In: Florenzano, T. G. (Org). **Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais.** 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 72-104.

Weill, M. A. M.; Sparovek, M. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). II-Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando o método do índice de tempo de vida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 815-824, 2008.