

SUSCEPTIBILIDADE E POTENCIAL ATUAL À EROÇÃO HÍDRICA DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL, MATO GROSSO, BRASIL

*Susceptibility and Potential To Current Water Erosion of Soils in the Watershed of
the River Cabaçal, Mato Grosso, Brazil*

**Jucélio Marcos de Carvalho¹, Ronaldo José Neves², Milson Evaldo Serafim³,
Sandra Mara Alves da Silva Neves², Jesã Pereira Kreitlow¹
& Larissa Espinosa de Freitas¹**

¹Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola – PPGASP
Rod. MT 358, Km 07, Jardim Aeroporto, CEP: 78.300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.
{juceliomarcos, jesapk1, larissa-efreitas}@hotmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Laboratório de Geotecnologias - Unemat
Av. Santos Dumont, s/n. Bairro: Santos Dumont. CEP: 78200-000, Cáceres, Mato Grosso, Brasil.
{rjneves, ssneves}@unemat.br

³ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT

Laboratório de solos e análise foliar
Av. dos Ramires, s/n - CEP: 78.200-000, Cáceres, Mato Grosso, Brasil.
milson.serafim@cas.ifmt.edu.br

Recebido em 3 de Maio, 2015/ Aceito em 11 de Outubro, 2015
Received on May 3, 2015/ Accepted on October 11, 2015

RESUMO

A expansão das atividades agropecuárias em desconformidade com as potencialidades e limitações das terras constitui uma das fontes potenciais de degradação dos solos, implicando em elevados custos para recuperação das áreas degradadas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é avaliar a susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal-MT. Foram gerados mapas de erodibilidade dos solos, por meio da inserção dos índices de erodibilidade de cada classe de solo; susceptibilidade à erosão por meio da sobreposição dos mapas de grau de erodibilidade e declividade; mapas de cobertura vegetal e uso dos solos; potencial à erosão, por meio da associação dos mapas de susceptibilidade e uso dos solos. Os solos predominantes na bacia são os Argissolos Vermelho Amarelo, que associados ao relevo plano resultou na predominância das classes de extremamente susceptíveis e muito susceptíveis à erosão, correspondendo a 72,07% da área de estudo. Em 59,06% na bacia ocorre cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada constituída por culturas perenes, como cana de açúcar e pastagens. Da área da bacia 56,69% apresenta médio potencial à erosão, evidenciando a necessidade de adequação do uso dos solos com as suas aptidões e potencialidades. Constatou-se como necessário a implementação de manejos conservacionistas nas áreas rurais da bacia com o intuito de reduzir a degradação dos solos e, por consequência, a dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Geotecnologias, Erodibilidade dos Solos, Uso da Terra, Cobertura Vegetal.

ABSTRACT

The expansion of agricultural activities in compliance with the potentialities and limitations of the land is one of the potential sources of soil degradation, resulting in high costs for recovery of degraded areas. In this sense, the objective of this study is to evaluate the susceptibility and current potential water erosion of soils of the catchment area of the river Cabaçal-MT. Erodibilidade maps were generated from soils, through the insertion of erodibilidade indexes of each class of soil; susceptibility to erosion through the overlap of maps erodibilidade grade and slope; maps of vegetation cover and land use; erosion potential, through the Association of susceptibility maps and land use. The predominant soils in the watershed are the Argissolos Red Yellow, that are associated with the relief plan resulted in the predominance of extremely capable and susceptible to erosion, corresponding to 72.07% of the study area. At 59.06% on the watershed occurs the presence of vegetation with low and medium-sized and, with moderate anthropogenic activity consisting of perennial crops, such as sugar cane and pasture. At 56.69% basin area presents medium potential erosion, demonstrating the need for land use suitability with their skills and potential. It was noted how necessary the implementation of conservation management in rural areas of the basin with the aim of reducing soil degradation and, consequently, the water resources.

Keywords: Geotechnology, Erodibility Soil, Land Use, Plant Cover.

1. INTRODUÇÃO

A expansão da atividade agropecuária sem o adequado uso e manejo do solo na região Sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso, ao longo das últimas décadas, tem provocado danos à sua qualidade física e química e biológica.

O predomínio de solos frágeis à erosão nessa região, tais como os Neossolos Quartzarênicos, em concomitância aos desmatamentos generalizados, principalmente em áreas das matas-galerias e cabeceiras de drenagens, e predomínio de pastoreios intensivos nas áreas de pastagem, contribuíram para a incidência de degradação por erosão de grande magnitude, como as voçorocas (RIBEIRO *et al.*, 2013), que causam a perda de solo, suscitando o seu empobrecimento e também os assoreamentos dos cursos hídricos, nesse caso, os rios da bacia do Cabaçal.

Conforme Nascimento e Vilaça (2008) as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, uma vez que é possível acompanhar as alterações introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Dessa maneira, conforme Boin (2000) é imprescindível identificar a geologia, geomorfologia e pedologia de uma bacia hidrográfica e para, dessa maneira, avaliar os processos morfogenéticos atuantes sobre o meio natural.

O processo de erosão hídrica do solo consiste na desagregação, arraste e transporte de suas partículas em superfície para os cursos

d'água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014; ALBUQUERQUE *et al.*, 2005), enquanto que a erodibilidade é um atributo próprio de cada classe de solo e depende de suas características físicas, químicas e mineralógicas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2000; NUNES & CASSOL, 2008; NUNES *et al.*, 2013).

As classes de erodibilidade dos solos permitem a identificação da resistência dos mesmos aos agentes erosivos, quando submetidos as mesmas condições de manejo, contribuindo para avaliar a susceptibilidade à erosão laminar dos solos (GUERRA & BOTELHO, 1996). Esse fator é primordial para o planejamento de uso das terras, resultando em ações voltadas ao disciplinamento e manejo do uso do solo.

A susceptibilidade e o processo de erosão hídrica do solo podem ser considerados os principais fatores de identificação de áreas degradadas (SALOMÃO, 2010), demandando o levantamento de medidas preventivas e corretivas a esses processos e a preservação dos recursos edáficos e hídricos.

Na determinação da susceptibilidade à erosão a declividade do terreno reflete na incidência de restrições de uso, bem como pode potencializar os processos erosivos. Em áreas de solos profundos e bem estruturados, como exemplo os Latossolos, o fator relevo pode culminar no transporte de partículas de solo e nutrientes de maneira expoente, aumentando a incidência de micro incisões erosivas, e esse processo ocorre de maneira mais intensa em solos arenosos (PEREIRA *et al.*, 2016).

O uso da terra e a cobertura vegetal associado à susceptibilidade à erosão dos solos possibilitam a determinação dos potenciais à erosão, pois o uso sem a adoção de práticas conservacionistas impacta negativamente os condicionantes ambientais (solo e relevo). Nunes e Cassol (2008) relataram que em áreas rurais os solos são mais vulneráveis a erosão hídrica quando a cobertura vegetal é retirada e a agricultura é praticada de maneira inadequada.

No contexto das práticas conservacionistas as geotecnologias permitem gerenciar informações espaciais, bem como associar informações que auxiliam na identificação de áreas com potencial à erosão e os conflitos derivados das inadequações de uso, fomentando ações para recuperação de áreas degradadas e conservação ambiental (FREITAS *et al.*, 2015; NEVES *et al.*, 2015; NUNES *et al.*, 2013; XAVIER *et al.*, 2010). A combinação de múltiplas variáveis temáticas, em especial as ligadas aos fatores que acarretam a degradação rápida dos solos, possibilitam a análise e

síntese para as avaliações diagnósticas como prognósticas, bem como auxilia na formulação e fortalecimento de políticas públicas voltadas para o ordenamento territorial.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é avaliar a susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal-MT, visando a geração de subsídios para o planejamento e a tomada de decisão relativa ao uso da terra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As etapas metodológicas desse estudo foram constituídas por duas fases. Na primeira tratou-se sobre características da área de estudo e na segunda foram apresentadas as etapas da elaboração dos produtos cartográficos.

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Cabaçal, composta por 5 sub-bacias, está localizada na região Sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso, contendo áreas de 10 municípios (Figura 1).

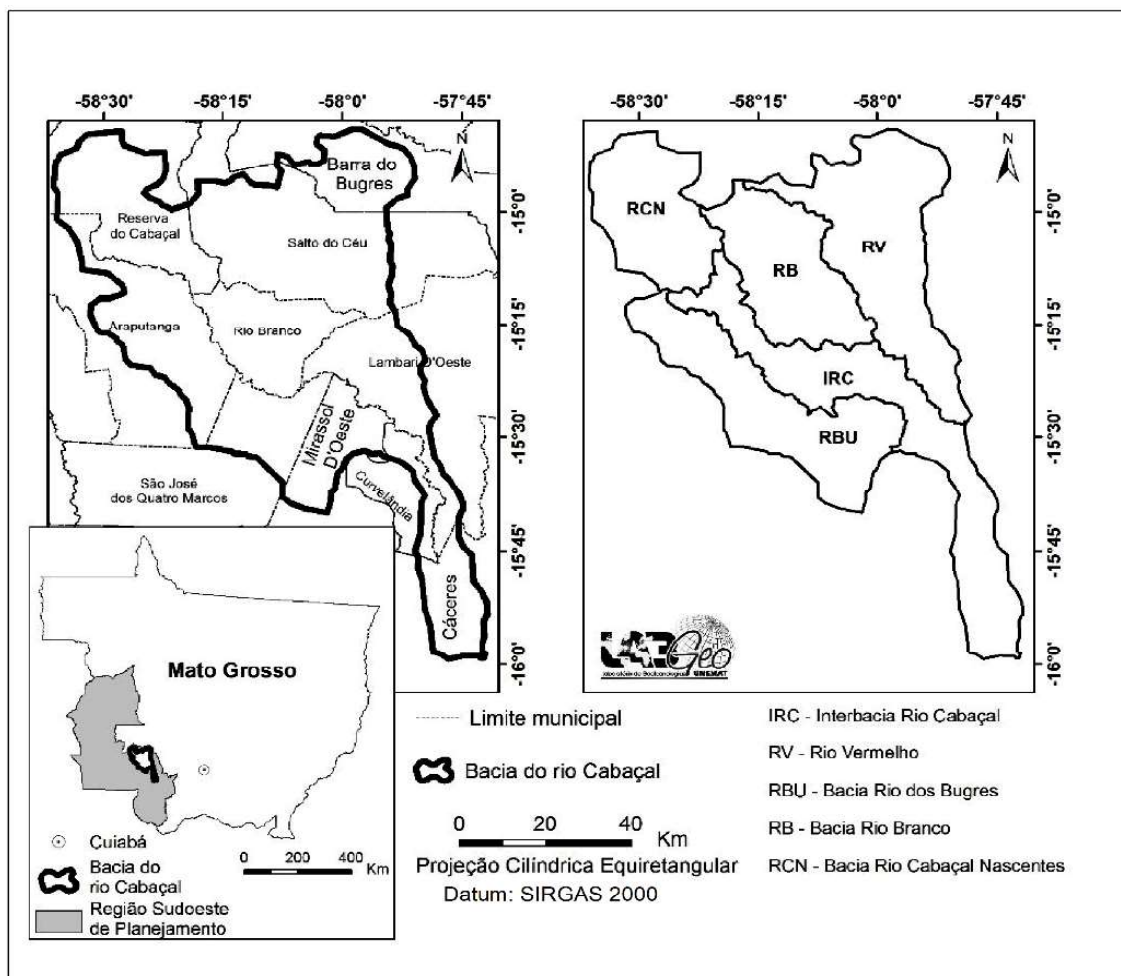


Fig. 1 - Bacia hidrográfica do rio Cabaçal nos contextos municipais e de suas sub-bacias.

A bacia hidrográfica do rio Cabaçal abrange uma área de aproximadamente 5.428,45 Km², distribuídos nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, no estado de Mato Grosso.

O rio Cabaçal, principal curso da bacia de pesquisa, possui a extensão de 303,43 Km, cujas nascentes estão localizadas na Chapada dos Parecis/MT. Tem como os principais afluentes os rios Branco, Vermelho e Bugres.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente para a realização deste trabalho foram levantados os mapeamentos produzidos por instituições públicas estaduais e federais, tais como Secretaria de Planejamento de Mato Grosso (SEPLAN/MT) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os mapeamentos de solo foram compilados, compatibilizados e organizados em Banco de Dados Geográficos (BDG) no Sistema de Informações Geográficas *ArcGis*, versão 9.2 (ESRI, 2007).

O mapa de erodibilidade foi gerado pela associação do mapa de solos, cuja nomenclatura foi atualizada conforme Embrapa (2013) e as informações das classes de erodibilidade adaptadas de Salomão (2010), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Graus de erodibilidade para as unidades pedológicas da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT

Classes de solos	Erodibilidade
Argissolo Vermelho Amarelo	Alta
Cambissolo Háplico	Muito Alta
Latossolo Vermelho	Baixa
Neossolo Litólico	Muito Alta
Neossolo Quartzarênico	Muito Alta
Nitossolo Vermelho	Baixa

A associação do mapa de erodibilidade ao de declividade originou o mapa de susceptibilidade à erosão hídrica. A definição das classes de susceptibilidade à erosão, com base no percentual de declive, seguiu os critérios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo - IPT (SÃO PAULO, 1990).

O mapa de declividade, correspondente ao mapa de isodeclividades da metodologia proposta por Salomão (2010), foi gerado utilizando as cenas 14S60_ZN, 14S585_ZN, 15S60_ZN

e 15S585_ZN do radar interferométrico (SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission.*), disponibilizadas gratuitamente no sítio do INPE. As imagens foram mosaicadas e passaram pelo processo de filtragem célula central do Kernel 5×5 (*Spatial Analyst-fill*) no software *ArcGis* (ESRI, 2007). O mosaico foi recortado pela máscara da área de estudo (Polígono/*shapefile*). No módulo *Arcmap*, ferramenta *Spatial Analyst*, opção *Surface Analyst* foi selecionado o comando *Slope* para geração das classes de declividade em percentual. O arquivo matricial contendo valores de declividade passou pelo processo de reclassificação, através do comando *Reclassify*, visando agrupar os valores de declividades em seis classes, com as respectivas fases do relevo, conforme a proposta do Manual Técnico de Pedologia (BRASIL, 2007). Para quantificação, das áreas de cada classe, o arquivo matricial foi convertido para formato vetorial via ferramenta *raster to polygon*, disponível no módulo *Arctoolbox* no *ArcGis* 9.2.

Foi criado o Banco de Dados Geográficos (BDG) no programa *Spring*, versão 5.2.6, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (CÂMARA *et al.*, 1996), cujos parâmetros cartográficos foram: sistema de coordenadas métricas (UTM) e o Datum SIRGAS 2000. Inicialmente foi importado para o BDG o arquivo vetorial da área de estudo em formato *shapefile* (.shp).

Para geração do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foram utilizadas as imagens do satélite Landsat-8, sensor OLI, da órbita 227 e pontos 70 e 71, referente ao período seco de 2013, com resolução espacial de 30 m, disponibilizadas no sítio do Serviço Geológico Americano. Detalhes dessa metodologia pode ser encontrada no trabalho de Pessoa *et al.* (2013). Para segmentação adotou-se o método de crescimento de regiões, utilizando a similaridade 2400 e área 800, parâmetros estes definidos pelo método empírico.

Adotou-se o método supervisionado e o classificador *Bhattacharya* para execução da classificação, com limiar de aceitação de 99,9%. Para definição das classes de uso da terra e cobertura vegetal adotou-se as utilizadas pelo Projeto de Conservação e de Utilização Sustentável da Diversidade Biológica – Probio I (BRASIL, 2004)

Foram realizados o mapeamento para as classes temáticas e a conversão matriz-vetor, e por fim gerado o arquivo vetorial das classes, que foi exportado e editado no *ArcGis* (pós-classificação). Este mapa foi validado por meio de trabalhos de campo.

As classes de uso da terra e cobertura vegetal foram agrupadas conforme a metodologia sugerida por Salomão (2010), apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Classes de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Cabaçal

Cod	Classes
I	Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com intensa atividade antrópica (culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas)
II	Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada (culturas perenes, cana de açúcar e pastagens)
III	Cobertura vegetal de baixo a médio porte, com atividade antrópica muito reduzida (campo sujo e campo cerrado)
IV	Cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida (reflorestamento, capoeirão e florestas)
V	Espelhos d'água e várzeas, cujo potencial erosivo pode ser considerado nulo.

O mapa do potencial atual à erosão hídrica foi obtido por meio da combinação dos produtos cartográficos de susceptibilidade à erosão hídrica e de uso da terra e cobertura vegetal (SALOMÃO, 2010), conforme Tabela 3.

Tabela 3: Classes de potencial à erosão hídrica conforme a susceptibilidade do solo à erosão hídrica e uso da terra e cobertura vegetal

Suscep. à erosão hídrica	Classes de uso atual da terra				
	I	II	III	IV	V
I	I	I	I	II	-
II	I	II	II	III	-
III	II	II	II	III	-
IV	II	III	III	III	-
V	III	III	III	III	III

As classes de potencial à erosão foram definidas conforme Salomão (2010) e estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Classes de potenciais à erosão de solo

Clas-ses	Potencial à erosão
I	Alto: uso atual do solo incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar;
II	Médio: uso atual do solo incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas;
III	Baixo: uso atual do solo compatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar.

Na Figura 2 está representado os procedimentos metodológicos adotados na geração do mapa de potencial à erosão dos solos.

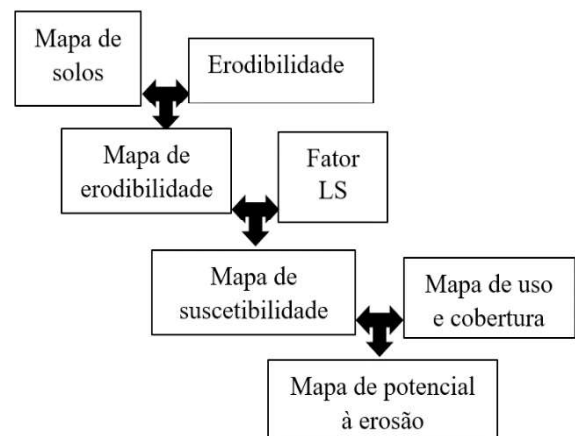


Fig. 2 - Fluxograma para elaboração do mapa de potencial à erosão dos solos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pedologia da bacia do Cabaçal contempla seis classes de solos distribuídos da seguinte forma: 45,73% de Argissolos Vermelho Amarelo, 22,60% de Latossolos vermelho, 20,63% de Neossolos Quartzarênicos, 4,94% de Nitossolos Vermelho, 3,43% de Neossolo Litólicos, e 2,67% de Cambissolos Háplicos (Figura 3).

Os Argissolos Vermelho Amarelo apresentam alta susceptibilidade à erosão devido a mudança abrupta de textura, uma vez que o horizonte subsuperficial, de menor permeabilidade, favorece o escoamento superficial da água e, conseqüentemente a erosão hídrica (CARVALHO *et al.*, 2005).

Os Latossolos Vermelhos apresentam baixa erodibilidade, sendo altamente permeáveis, caracterizando áreas com vulnerabilidade muito baixa à erosão hídrica (RESENDE *et al.*, 2002).

Os Neossolos Quartzarênicos apresentam baixa resistência à erosão hídrica devido aos altos teores de areia, baixos de argila e matéria orgânica, resultando em fraca agregação (BERTOL & ALMEIDA, 2000). Esses solos, de modo geral, apresentam baixo potencial agrícola aos cultivos anuais, mas por meio de implementação de técnicas de manejo conservacionistas (curva de nível, cobertura morta, plantio direto e plantas de cobertura, entre outras) tornam-se aptos para atividades como silvicultura, fruticultura, dentre outras culturas perenes (BRASIL *et al.*, 2014).

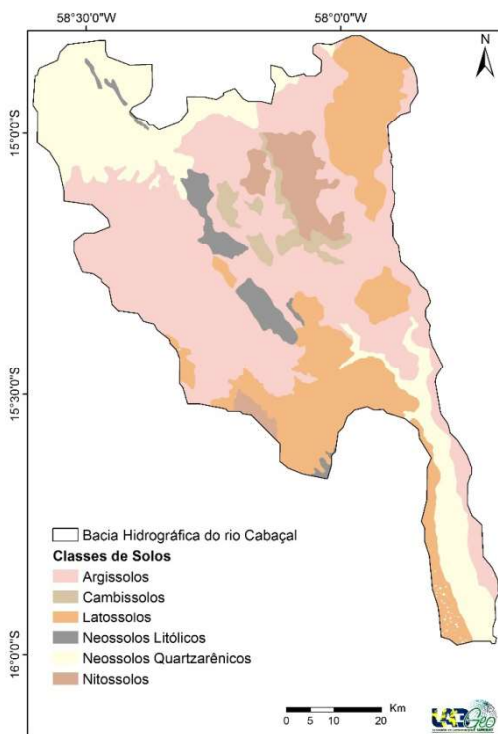


Fig. 3 - Solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

Os Cambissolos Háplicos são pouco desenvolvidos, definidos pela presença de horizonte diagnóstico B incipiente, saturação por bases variáveis de baixa (distróficos) à alta (eutróficos); em relevo plano não apresentam limitação de uso, enquanto em relevos mais declivosos, os Cambissolos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola, relacionadas à mecanização e a alta susceptibilidade aos processos erosivos (EMBRAPA, 2013).

Do total da área da bacia 31,67% apresenta grau de erodibilidade classificada como muito alta, 45,73% média e 22,60% de baixa (Figura 4).

Mesmo em condições semelhantes de precipitação, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo do solo alguns solos são mais erodíveis que outros devido as suas propriedades físicas. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2014, p. 55) “a erodibilidade do solo é sua vulnerabilidade ou susceptibilidade à erosão, que é a recíproca da sua resistência à erosão”.

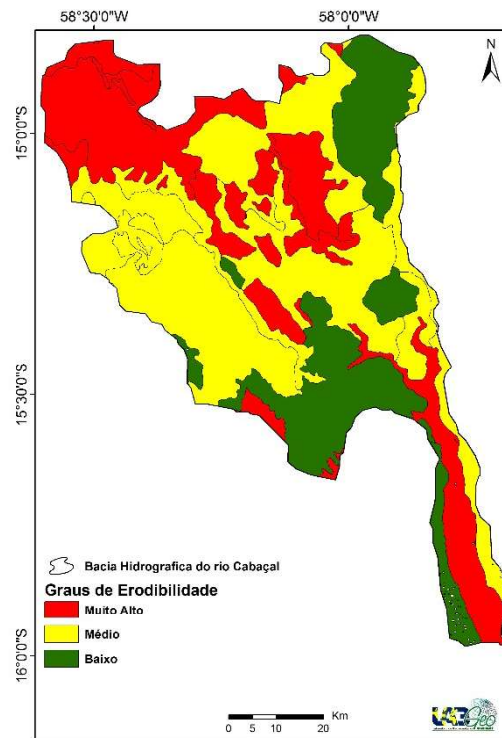


Fig. 4 - Grau de Erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

A análise das classes de declividade (Figura 5) evidenciou que 43,98% corresponde ao relevo plano; 37,32% suave ondulado; 11,69% ondulado; 4,46% forte ondulado; 1,97% montanhoso e 0,60% ao relevo escarpado. Dessa maneira em torno de 80% da área da bacia corresponde ao plano à suave ondulado.

Conforme Faria *et al.* (2003) a declividade do terreno, as formas do relevo, regularidade e extensão do declive têm influência direta na intensidade da erosão. Ressaltando a importância desse atributo físico na aceleração dos processos erosivos, visto a retirada da vegetação nativa e inserção de áreas voltadas para atividades agropecuárias.

As classes extremamente susceptíveis e muito susceptíveis à erosão representam 72,07% da extensão territorial da bacia; a classe moderadamente susceptível representa 26,91%; a pouco susceptível 0,99% e as demais áreas,

classificadas como pouco a não susceptíveis, correspondem aos espelhos d'água, perfazendo menos de 1% (Figura 6).

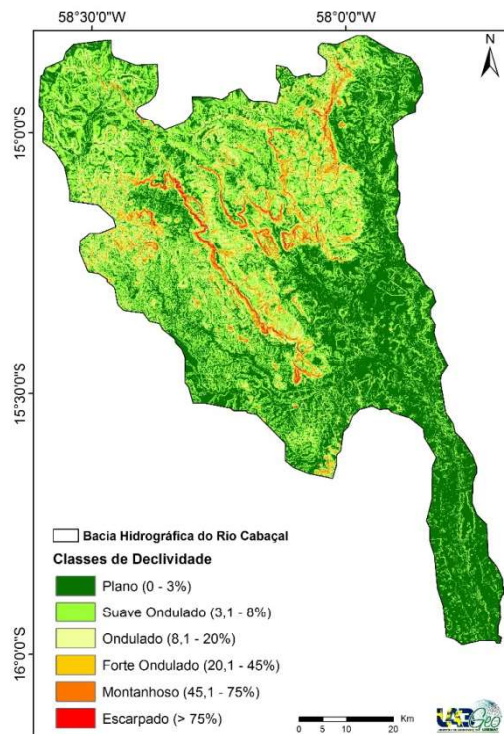


Fig. 5 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

As classes extremamente e muito susceptíveis à erosão estão localizadas em áreas com a presença de Neossolos Quartzarênicos e Argissolo Vermelho Amarelo apresentando alta erodibilidade e estando sob relevo suave ondulado. Resultados semelhantes foram verificados por Nunes *et al.* (2013) que avaliaram a susceptibilidade à erosão hídrica no município de Salto do Céu-MT, contido parcialmente na bacia do rio Cabaçal

De acordo com Salomão (2010), a análise de susceptibilidade à erosão laminar reflete as características naturais dos terrenos, em face do desenvolvimento dos processos erosivos, sendo considerado a ação antrópica na delimitação dos potenciais à erosão dos solos. Na Tabela 5 são apresentadas as áreas das classes de susceptibilidade à erosão hídrica por municípios e a porcentagem das sub-bacias em cada município.

Da porção territorial do município de Reserva do Cabaçal, contida na bacia, 83,44% está inserida na classe I (Extremamente Susceptível) e em torno de 80,29% dessa área municipal encontra-se na sub-bacia rio Cabaçal

Nascentes (RCN). Esses resultados demonstram a município vulnerável à degradação dos solos por erosão, visto a presença de solos arenosos e relevo ondulado, carecendo de planejamento para preservação das nascentes.

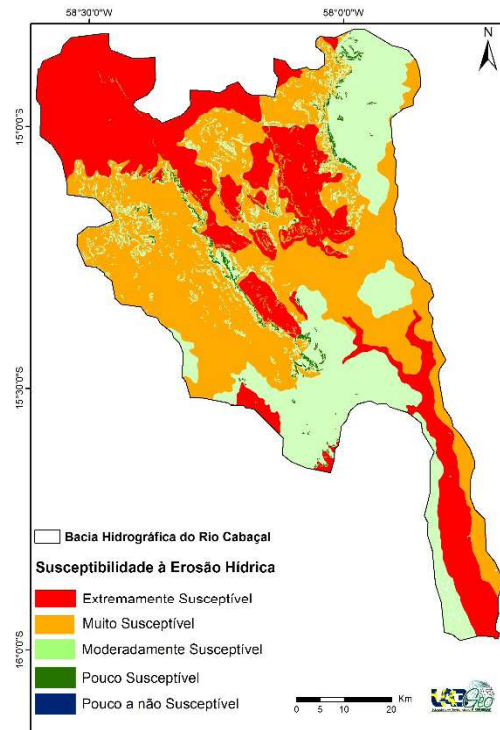


Fig. 6 - Susceptibilidade à erosão hídrica da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

As atividades antrópicas no município de Reserva do Cabaçal contribuem diretamente para o surgimento e agravamento dos processos erosivos desses solos, visto a incidência de desmatamentos generalizados, principalmente das matas galeria e das grotas (fundo de vales) e cabeceiras de drenagem, pastoreios intensivos, e a implantação de estradas e caminhos de acesso às propriedades (RIBEIRO *et al.*, 2013). Assim como os municípios de Rio Branco e Salto do Céu, situados a montante da bacia do rio Cabaçal, também apresentaram a predominância da classe I de susceptibilidade à erosão (Tabela 5).

Na classe II, muito susceptível, os municípios que apresentaram as maiores áreas foram Araputanga, Lambari do Oeste e Salto do Céu com 80,96%, 64,14% e 43,47% respectivamente. Para a classe III, moderadamente susceptível, os municípios de Mirassol do Oeste, Barra do Bugres, Curvelândia e São José dos Quatro Marcos apresentaram áreas que corresponderam a 89,32%, 73,27%, 52,74% e 38,75% respectivamente.

Tabela 5: Distribuição das classes de susceptibilidade por municípios e a porcentagem das sub-bacias em cada município

Municípios	Classes de susceptibilidade						Porcentagem das sub-bacias nos municípios
	I	II	III	IV	V	Total (Km ²)	
Araputanga	52,43 (6,81%)	623,20 (80,97%)	91,44 (11,88%)	2,60 (0,34%)	-	769,67	10,72% IRC; 19,71% RCN; 43,01% RBU
Barra do Bugres	14,28 (3,86%)	74,22 (20,07%)	270,96 (73,28%)	10,12 (2,74%)	0,19 (0,05%)	369,76	27,85% RV
Cáceres	174,43 (54,62%)	60,41 (18,92%)	84,52 (26,47%)	-	-	319,35	24,29 % IRC
Curvelândia	66,75 (47,25%)	-	74,51 (52,75%)	-	-	141,26	10,70% IRC; 0,02% RBU
Lambari D'Oeste	105,05 (17,49%)	385,25 (64,15%)	110,22 (18,35%)	0,07 (0,01%)	-	600,59	22,49% IRC; 0,97% RB 0,09% RBU; 21,78% RV
Mirassol D'Oeste	29,06 (7,56%)	7,70 (2%)	343,44 (89,33%)	4,28 (1,11%)	-	384,47	6,00% IRC; 27,68% RBU
Reserva do Cabaçal	628,14 (83,45%)	97,56 (12,96%)	21,83 (2,90%)	5,21 (0,69%)	-	752,73	3,16% IRC; 7,72% RB; 80,29% RCN
Rio Branco	169,79 (30,20%)	306,19 (54,46%)	72,86 (12,96%)	13,17 (2,34%)	0,17 (0,03%)	562,18	16,90% IRC; 36,12 % RB; 1,53% RV
São José dos Quatro Marcos	34,74 (8,76%)	198,66 (50,07%)	153,75 (38,75%)	9,36 (2,36%)	0,26 (0,07%)	396,77	5,70% IRC; 29,20% RBU
Salto do Céu	392,66 (34,70%)	492,03 (43,48%)	237,57 (20,99%)	9,14 (0,81%)	0,24 (0,02%)	1.131,65	55,52% RB; 48,84% RV
Total (Km²)	1.667,31	2.245,22	1.461,09	53,96	0,87	5.428,45	

Legenda: I= Extremamente susceptíveis, II= Muito susceptíveis, III= Moderadamente susceptível, IV Pouco susceptível, V= Pouco a não susceptível. IRC= Interbacia do rio Cabaçal, RB= rio Branco, RBU: rio dos Bugres, RCN: rio Cabaçal Nascentes, RV: rio Vermelho. - = Classe não existente na municipalidade.

O mapa de uso do solo (Figura 7) mostrou que a classe I (cobertura vegetal de baixo e médio porte com intensa atividade antrópica) compreendeu 0,75% da área da bacia. A classe II representou 59,06% da área, correspondendo as áreas de cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada (Tabela 6). As áreas que compreendem à essa classe são compostas de culturas perenes, com a predominância de pastagens e cultivos de cana de açúcar. O cultivo de cana de açúcar se concentrou nos municípios de Lambari D'Oeste, Mirassol D'Oeste, Araputanga e Barra do Bugres, sendo esses cultivos localizados em áreas planas ou levemente onduladas da depressão do Rio Paraguai e do Planalto do Guimarães (COSTA *et al.*, 2010).

Extensas áreas de cana-de-açúcar, foram encontradas na sub-bacia do rio dos Bugres, cujas áreas de cultivo são destinadas a produção de etanol numa destilaria situada no município de Mirassol D'Oeste e na sub-bacia do rio Vermelho, houve a expansão de áreas de canavicultura do município de Barra do Bugres e na sub-bacia do rio Branco, especificamente em Lambari D'Oeste, representando mais de 7.300 ha de área plantada (LORENZON, 2016).

Os manejos do solo empregado em áreas produtoras de cana de açúcar em Mato Grosso estão acarretando alterações nos atributos físicos dos solos, consequentemente reduzindo a infiltração da água do solo e maior resistência à penetração das raízes, favorecendo o carreamento das partículas do solo (SOARES *et al.*, 2010).

Nas áreas correspondentes à classe Muito Alta de susceptibilidade à erosão na bacia foram ocupadas por cultivos de cana de açúcar, tal uso contribuiu no aumento de áreas degradadas por erosão, visto a desagregação e carreamento de partículas do solo, quando este se encontra sem cobertura vegetal.

Conforme Lorenzon (2016) a pecuária foi encontrada nas cinco subunidades da bacia hidrográfica do rio Cabaçal no ano de 2013 e dentre as sub-bacias, a pecuária apresentou a maior representatividade na unidade Nascentes do rio Cabaçal. Tais resultados ressaltam a importância do ordenamento e planejamento territorial visto necessidade de preservação das áreas próximas a rios e nascentes.

Tabela 6: Classes de uso da terra identificadas conforme as classes de susceptibilidade à erosão Suscep. = Susceptibilidade à erosão.

Classe Suscep.	Área (Km ²)	Área (%)	Classe de Uso da Terra	Área (Km ² e %)
I	1.403,33	25,85	Classe I;	0,70 Km ² (0,05%);
			Classe II;	484,25 Km ² (34,51%);
II	2.180,22	40,16	Classe III;	503,64 Km ²
			Classe IV;	(35,89%); 409,35
III	1.708,46	31,47	Classe V.	Km ² (29,17%); 5,38
				Km ² (0,38 %).
IV	134,21	2,47		3,59 Km ² (0,16%);
			Classe I;	1.571,02 Km ²
V	2,23	0,04	Classe II;	(72,06%); 77,19 Km ²
			Classe III;	(3,54%); 527,88 Km ²
Total	5.428,45	100	Classe IV;	(24,21%); 0,54 Km ²
			Classe V.	(0,02%).
			Classe II;	1.110,29 Km ²
			Classe III;	(64,99%);
			Classe IV;	60,32 Km ² (3,53%);
			Classe V.	536,87 Km ² (31,42);
				0,98 Km ² (0,06 %).
			Classe II	68,36 Km ² (50,93%);
			Classe III	13,58 Km ² (10,12%);
			Classe IV	52,28 Km ² (10,12%).
			Classe II	1,28 Km ² (57,61 %);
			Classe IV	0,94 Km ² (94,46 %).

A classe III, pertinente a cobertura vegetal de baixo a médio porte, com atividade antrópica muito reduzida, representou 16,66% da área de estudo. Contudo nessas áreas ocorrem a presença de pastagens degradadas, especificamente no município de Rio Branco, tal degradação se dá devido ao uso inadequado implantado em áreas de solos susceptíveis à erosão, tais como os Neossolos. Conforme Sousa *et al.* (2015),

os Neossolos encontrados em Cáceres/MT apresentam um elevado teor de areia e baixo teor de matéria orgânica, conferindo baixa coesão das partículas do solo, acelerando os processos erosivos quando associado ao manejo inadequado.

A classe IV, relativa a cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida, perfaz 23,39% e a classe V, referente aos corpos hídricos, totalizou 0,14% da área da bacia.

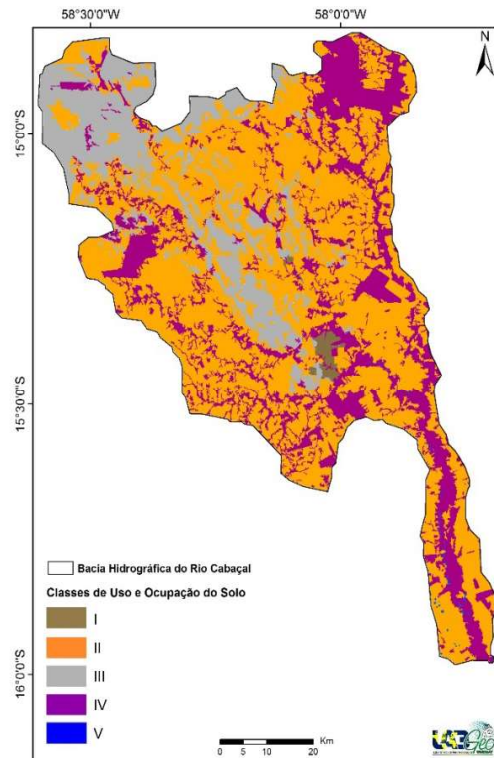


Fig. 7 - Classes de uso do solo na bacia Hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

O potencial atual à erosão hídrica na bacia (Figura 8), derivado da análise da susceptibilidade associada aos tipos de uso e ocupação do solo, demonstrou que 24,88% da área apresenta alto potencial à erosão, 56,69% médio, 18,26% baixo e 0,15% caracterizados pelos corpos d'água (Figura 7). A associação de uso inadequado dos solos às áreas de relevo acidentado e solos naturalmente frágeis favorecem o surgimento de áreas degradadas por erosão, necessitando de ações de planejamento para ocupação das terras, visto a necessidade da conservação dos solos e dos recursos hídricos.

As áreas de alto potencial à erosão da bacia são associadas a presença de pastagens, sendo incompatível a susceptibilidade à erosão

hídrica. Os solos que ocorrem nessas áreas são Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos, e Nitossolos Vermelho, que apresentam grau de erodibilidade muito alto e quando aliados ao uso inadequado conferem à área um alto potencial à erosão hídrica.

Decorrente da importância das ações de planejamento as atualizações das classes de uso da terra e cobertura vegetal são primordiais para monitoramento da expansão das atividades antrópicas e a supressão da vegetação nativa.

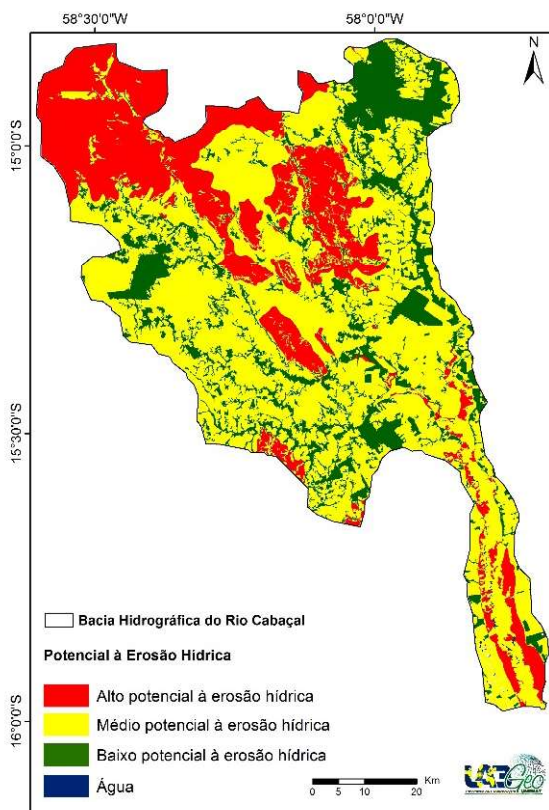


Fig. 8 - Potencial atual à erosão hídrica na bacia Hidrográfica do rio Cabaçal/MT.

O percentual de 56,69% representa as áreas classificadas de médio potencial à erosão hídrica, no qual o uso atual do solo é incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica laminar, mas possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas. Verifica-se nestas áreas a presença de Latossolos e Argissolos, considerados de baixa e média erodibilidade (Figura 3), com predomínio de relevo plano à suave ondulado (Figura 4), podendo ser adotadas a aplicação de adubação de manutenção das pastagens e implementação de áreas de integração lavoura, pastagem e floresta, auxiliando na melhoria da qualidade do solo.

Em menos de 20% da bacia o potencial é considerado baixo (Tabela 7), ou seja, o uso do solo é compatível com a susceptibilidade à erosão hídrica, com a predominância dos Latossolos Vermelho em relevo plano, com a presença de cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida, pode-se afirmar que nessas áreas os solos são manejados de forma adequada.

Conforme Crepani *et al.* (2001) a vegetação constitui uma variável indispensável na identificação de processos erosivos, uma vez que estes são potencializados nas áreas com reduzida cobertura vegetal, sendo a análise de potencial à erosão fundamental para o planejamento ambiental. Kreitlow *et al.* (2016) descrevem que a erosão laminar está fortemente ligada a atividade antrópica, por meio das formas de ocupação do solo, dessa maneira, diferentes áreas podem possuir a mesma susceptibilidade à erosão, contudo havendo diferentes usos, apresentaram classes de potenciais a erosões distintas entre si.

As áreas de influência urbana recorrentes na bacia apresentaram alto potencial à erosão devido a impermeabilização dos solos e associados à ocupação urbana desordenada resultando em desequilíbrio dos sistemas ambientais, causando pesado ônus ao Poder Público e riscos às populações.

Os municípios com as maiores áreas, classificadas com alto potencial à erosão em suas áreas rurais, são: Reserva do Cabaçal 78,06%, Salto do Céu 31,61% e Rio Branco 29,52%, evidenciando que o uso do solo, nessas áreas, está incompatível com a susceptibilidade à erosão hídrica. A expansão das atividades pecuárias nessas municipalidades, sem considerar as potencialidades e limitações quando ao uso das terras, constitui fonte potencial de degradação do meio ambiente.

A classe de médio potencial à erosão, nos municípios de Curvelândia, Lambari D'Oeste, Araputanga e Mirassol D'Oeste, corresponderam a 74,45, 72,72%, 71,30% e 67,09% respectivamente, indicando que nessas áreas devem ser adotadas práticas de manejo conservacionistas para evitar o aumento dos problemas com erosão.

Na classe de baixo potencial à erosão, os municípios com áreas maiores foram Barra do Bugres com 61,06% e Mirassol D'Oeste com 29,76%. Nessas unidades municipais o uso atual do solo está compatível com a susceptibilidade à erosão hídrica.

Tabela 7: Ocorrência das classes de potencial por municípios e a porcentagem de suas sub-bacias

Municípios	Potencial à erosão					Porcentagem das sub-bacias nos municípios
	Alto	Médio	Baixo	Água	Total	
Araputanga	49,17 (6,39%)	548,82 (71,31%)	171,19 (22,24%)	-	769,67	10,72% IRC; 19,71% RCN; 43,01 RBU
Barra do Bugres	9,77 (2,64%)	134,02 (36,25%)	225,78 (61,06%)	-	369,76	27,85% RV
Cáceres	89,90 (28,15%)	203,80 (63,82%)	21,53 (6,74%)	4,12 (1,29%)	319,35	24,29 % IRC
Curvelândia	24,13 (16,84%)	105,18 (73,42%)	11,56 (8,07%)	0,40 (0,28%)	143,26	10,70% IRC; 0,02% RBU
Lambari D'Oeste	27,82 (4,63%)	436,76 (72,72%)	134,10 (22,33%)	1,90 (0,32%)	600,59	22,49% IRC; 0,97% RB 0,09% RBU; 21,78% RV
Mirassol D'Oeste	11,97 (3,11%)	257,95 (67,09%)	114,43 (29,76%)	-	384,47	6,00% IRC; 27,68% RBU
Reserva do Cabaçal	587,60 (78,06%)	144,78 (19,23%)	20,35 (2,70%)	-	752,73	3,16% IRC; 7,72% RB; 80,29% RCN
Rio Branco	166,01 (29,53%)	341,63 (60,77%)	54,04 (9,61%)	-	562,18	16,90% IRC; 36,12 % RB; 1,53% RV
São José dos Quatro Marcos	26,50 (6,68%)	272,93 (68,79%)	97,08 (24,47%)	-	396,77	5,70% IRC; 29,20% RBU
Salto do Céu	357,75 (31,61%)	631,97 (55,85%)	141,69 (12,52%)	-		55,52% RB; 48,84% RV
Total	1.351,12	3.077,85	991,75	7,73		

Legenda: I= Extremamente susceptíveis, II= Muito susceptíveis, III= Moderadamente susceptível, IV Pouco susceptível, V= Pouco a não susceptível. IRC= Interbacia do rio Cabaçal, RB= rio Branco, RBU: rio dos Bugres, RCN: rio Cabaçal Nascentes, RV: rio Vermelho. - = Classe não existente na municipalidade.

4. CONCLUSÕES

Constatou-se que os solos presentes na bacia do rio Cabaçal, classificados como extremamente a moderadamente susceptíveis à erosão hídrica, em decorrência das suas características físicas químicas e mineralógicas, contribuíram para os altos índices de susceptibilidade à erosão na bacia.

A análise de potencial à erosão hídrica indicou que áreas da bacia apresentam usos inadequados à capacidade de suporte dos solos, sendo necessário a implementação de práticas conservacionistas.

No planejamento do uso da terra nos municípios com extensão territorial na bacia de pesquisa sugere-se a adoção de técnicas de manejo conservacionista, primordialmente nas áreas situadas nos entornos das nascentes do rio Cabaçal.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -CAPES, pela concessão de bolsa de estudos. Informações derivadas do projeto “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT”, financiado no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE N° 031/2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A.; REINERT, D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 1, p. 141-151, 2000.

- BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos o estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 657-668, 2000.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5.ed. São Paulo: Ícone, 2014. 355p.
- BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto Geográfico de Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2000.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE/Diretoria de Geociências, 2007. p. 189-191.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO**: levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 14p.
- BRASIL, J.; SOUZA, S. B.; ALVES, R. R. Mapeamento de solos da folha de Cotegipe (BA) como subsídio ao uso das terras. **Ateliê Geográfico**, v. 8, n. 3, p. 50-69, 2014.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by objectoriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395 - 403, 1996.
- CARVALHO, W. A.; FREIRE, O.; RENNÓ, C. D. Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Santo Anastácio. **Boletim Científico**, v. 2, n. 2, p. 490-498, 2005.
- COSTA, R. M.; CHRYSOSTHEMOS, R. N.; ALVES, F. J. C. Aspectos históricos e políticos da expansão dos pólos agroindustriais da cana-de-açúcar no estado de Mato Grosso, Brasil. In: 48º Congresso Sober (Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural), Campo Grande, 2009. **Anais**. p. 1-21, 2009.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2017.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2013. 306p.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Professional GIS for the desktop**. Release 9.2. Redlands, CA., 2007.
- FARIA, A. L. L.; SILVA, J. X.; GOES, M. H. B. Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 4, n. 9, p. 50-65, 2003.
- FREITAS, L. E.; SILVA, C. C.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; NUNES, M. C. M. Analysis on the susceptibility to erosion and land use conflicts by geotechnologies in the micro-region Jauru – Mato Grosso state, Brazil. **Geografia**, v. 40, número especial, p. 99 -118, 2015.
- GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, n. 3, v.19, p. 99-114, 1996.
- KREITLOW, J. P.; SILVA, J. S. V.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; NEVES, L. F. S. Vulnerabilidade ambiental e conflito no uso da terra no município de Mirassol D'Oeste, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 10, p. 1917-1936, 2016.
- LORENZON, T. H. **Dinâmica do uso da terra e as implicações na cobertura vegetal, na qualidade da água e no solo da Bacia Hidrográfica do Cabaçal, Mato Grosso – Brasil**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) – Programa de Pós Graduação Strictu Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola. Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra/MT, 2016.

- NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas, Três Lagoas**, v. 5, n.7, p. 102-121, 2008.
- NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J.; KREITLOW, J. P.; GALVANIN, E. A. S. Susceptibility of soil to hydric erosion and use conflicts in the microregion of Tangara da Serra, Mato Grosso, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 1, p. 813–827, 2015.
- NUNES, M. C. M.; CASSOL, E. A. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, número especial, p. 2839-2845, 2008.
- NUNES, M. C. M.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; KREITLOW, J. P.; CHIMELLO, A. M. Susceptibility to water erosion of soils from the municipality Salto do Céu, SW Mato Grosso state, Brazil. **Geografia**, v. 38, p. 191-206, 2013.
- PESSOA, S. P. M.; GALVANIN, E. A. S.; KREITLOW, J. P.; NEVES, S. M. A. S.; NUNES, J. R. S.; ZAGO, B. W. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na interbacia do rio Paraguai Médio-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, p. 119-128, 2013.
- PEREIRA, L. S.; RODRIGUES, A. M.; JORGE, M.C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Processos hidro-erosivos em solos degradados em relevo de baixa declividade. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, p. 299-316, 2016.
- RESENDE, M., CURI, N., RESENDE, S.B., CÔRREA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**, 4 ed. Viçosa-MG: NEPUT, 2002. 35p.
- RIBEIRO, J. C., TOCANTINS, N., FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do córrego Guanabara, município de Reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. **Revista GeoPantanal**. v.8, n. 4, p. 152-169, 2013.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Orientação para combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande**. São Paulo: IPT, 1990.
- SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 229-267.
- SEPLAN. **Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Moreira, M. L. C.; VASCONCELOS, T. N. N. (Orgs). Mato Grosso: Solos e Paisagem. Cuiabá/MT: Entrelinhas, 2007. 272p.**
- SOARES, J. C. O.; SOUZA, C. A.; PIERANGELI, M. A. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do córrego Caeté/MT: estudo do uso, topografia e solo como subsídio para gestão. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, p. 22-51, 2010.
- SOUZA, J. B., PIERANGELI, M. A. P., SERAFIM, M. E., SOUZA, C. A. Atributos morfológicos, físicos e químicos de solos e processos erosivos nas margens do rio Paraguai, Pantanal superior, Mato Grosso, Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 33, n. 4, p. 109-122. 2015.
- XAVIER, F. V.; CUNHA, K. L.; SILVEIRA, A.; SALOMÃO, F. X. T. Análise da suscetibilidade à erosão laminar na bacia do rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 2, p. 51-60, 2010.