

Geotecnologias em apoio a caracterização da cobertura da terra em três bacias hidrográficas no Mato Grosso do Sul, Brasil



Geotechnologies in support of land cover characterization in three water basins in Mato Grosso do Sul, Brazil

 **Adinan Marzulo Maia Martins**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
adinanmaia@gmail.com

 **Gustavo de Mattos Vasques**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
gustavo.vasques@embrapa.br

 **Ricardo de Oliveira Dart**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
ricardo.dart@embrapa.br

 **Waldir de Carvalho Junior**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
waldir.carvalho@embrapa.br

 **Silvio Barge Bhering**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
silvio.bhering@embrapa.br

 **Nilson Rendeiro Pereira**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
nilson.pereira@embrapa.br

 **César da Silva Chagas**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
cesar.chagas@embrapa.br

 **Braz Calderano Filho**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
braz.calderano@embrapa.br

Revista Presença Geográfica

vol. 11, núm. 2, 2024

Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil

ISSN-E: 2446-6646

Periodicidade: Frecuencia continua

rpgeo@unir.br

Recepção: 20 Junho 2024

Aprovação: 24 Julho 2024

Resumo: As geotecnologias têm possibilitado o mapeamento do uso da terra e a caracterização do relevo em larga escala. A relação entre as formas de relevo, as classes de solos e as classes de uso da terra pode contribuir para entendermos a dinâmica da paisagem e os processos antrópicos em uma região. Este trabalho tem por objetivo associar dados oriundos do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus da Agência Espacial Europeia com os dados de solos da EMBRAPA para as bacias hidrográficas dos rios Amambá, Iguatemi e Ivinhema, presentes nas porções sul e sudeste do estado do Mato Grosso do Sul. Na área de estudo dominam solos classificados como Latossolos Vermelhos Distróficos, Latossolos Vermelhos Distroférricos e Neossolos Quartzarênicos Órticos (LVd, LVdf e RQo) localizados em planícies. Em especial, os solos arenosos da região, como os LVd psamíticos e os RQo localizados principalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi, sejam eles associados a áreas planas ou declivosas, possuem alta susceptibilidade a processos de erosão. Dados históricos do mapeamento do MapBiomas (1990, 2000, 2010 e 2020) mostram mudanças de uso da terra, as quais podem contribuir para a erosão nas bacias hidrográficas mencionadas. Portanto, o viés quantitativo e qualitativo deste trabalho poderá contribuir para evitar perdas de solos e assoreamentos dos rios na região.

Palavras-chave: MapBiomas, solos, relevo, geotecnologias, Mato Grosso do Sul.

Abstract: Geotechnologies have made it possible to map land use and characterize relief at a large scale. The relationship between landforms, soil classes and land use classes can contribute to understanding landscape dynamics and human-induced processes in a region. This work aims to associate data from the Copernicus Digital Elevation Model (DEM) of the European Space Agency with soil data from EMBRAPA for the Amambá, Iguatemi and Ivinhema river basins, in the southern and southeast portions of the Mato Grosso do Sul state, Brazil. In the study area, soils classified as Latossolos Vermelhos Distróficos, Latossolos Vermelhos Distroférricos and Neossolos Quartzarênicos Órticos (LVd, LVdf and RQo)

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744935007/>

located in plains. In particular, the region's sandy soils, such as psamitic LVd and RQo located mainly in the Iguatemi River basin, whether associated with flat or sloping areas, are highly susceptible to erosion processes. Historical data from MapBiomias mapping (1990, 2000, 2010 and 2020) show changes in land use, which may contribute to erosion in the mentioned river basins. Therefore, the quantitative and qualitative bias of this work may contribute to preventing soil loss and silting of rivers in the region.

Keywords: MapBiomias, soils, relief, geotechnologies, Mato Grosso do Sul.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve um aumento substancial na disponibilidade de dados de sensores orbitais como forma de observação e monitoramento terrestre de recursos naturais importantes para o manejo sustentável. A utilização de geotecnologias, como os Modelos Digitais de Elevação (MDEs), para a análise e descrição do relevo (SKENTOS, 2018) ajuda a entender as dinâmicas de erosão e fluxos de sedimentos, que muitas vezes podem resultar em assoreamento de rios. Os MDEs apresentam vantagens como: a disponibilidade de dados gratuitos em nível mundial; grande cobertura de área por cena; resolução moderadamente elevada; processamento mais rápido através de softwares sofisticados e pouco esforço manual; baixo custo de processamento e capacidade de aquisição em qualquer condição ambiental, no caso de sensores ativos (SUBRAMANIAN et al., 2009).

Os processos físicos e biológicos que atuam na paisagem são correlacionados com a posição topográfica (WEISS, 2000). Entender a heterogeneidade da topografia em escala local desempenha um papel importante para direcionar o uso do solo e o manejo agrícola e florestal, assegurando produtividade e conservando a diversidade (KUBOTA et al., 2004). Nesse sentido, a junção da informação de solos, geologia e geomorfologia é importante na compreensão da topografia regional, servindo como base para o planejamento ambiental, indicando áreas para o uso antrópico ou áreas que são mais sensíveis e requerem uma maior restrição quanto ao uso. A investigação do tipo de solo e da sua relação com a topografia fornece elementos importantes para a caracterização de bacias hidrográficas com múltiplos usos (MARTINS et al., 2023).

O solo desempenha um papel fundamental nos ecossistemas, na produção de alimentos, na regulação do clima e nos ciclos da água e dos elementos (DIEK et al., 2017; DEMATTÊ et al., 2018). Problemas como erosão, contaminação do lençol freático, baixas produtividades em locais de alto potencial produtivo, entre outros fatores de caráter ambiental ou de produção, podem ser evitados ou reduzidos com o uso de informações obtidas de mapas de solos (ARRUDA et al., 2013). O manejo e a conservação do solo, quando adequados de acordo com suas características e sua posição na paisagem, possibilitam a prevenção e amenização de processos erosivos em áreas que possuem aptidão agrícola.

Contudo, trabalhos que envolvem a relação entre classes de solos e de relevo focam em escalas mais locais (por exemplo SIRTOLI et al., 2008; DINIZ et al., 2004; DOS SANTOS et al., 2009; ESQUERDO et al., 2014; PINHEIRO et al., 2020) e poucos integram classes de solos oriundas de mapas pedológicos com classes de relevo derivadas de MDEs. Explorar essa ferramenta em escalas mais abrangentes pode servir para caracterizar a paisagem em uma região, sendo importante entender em quais posições topográficas as diferentes classes de solo se encontram e vice-versa.

Outrossim, a utilização de dados de uso e cobertura da terra associados a outros planos de informação (por exemplo, geologia, pedologia e entre outros), pode servir como base para a interpretação de processos antrópicos e arcabouço para auxiliar os tomadores de decisão na identificação de áreas que requerem maior atenção devido aos processos erosivos, de ocupação indevida, sujeitas à degradação ambiental, entre outras.

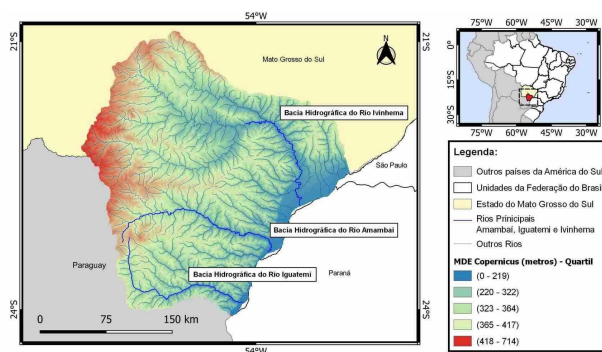
Este trabalho tem como objetivo relacionar os tipos de solos presentes nas bacias hidrográficas dos rios Amambá, Iguatemi e Ivinhema, localizadas no estado de Mato Grosso do Sul, com as formas de relevo a partir da classificação do Índice de Posição Topográfica (TPI), utilizando o MDE Copernicus (ESA, 2023). Como objetivo secundário, dados históricos de uso e cobertura do MapBiomas serviram para a interpretação da dinâmica antrópica nas áreas mais sensíveis à erosão na região estudada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo concentra-se nos limites territoriais das bacias hidrográficas dos rios Amambá, Iguatemi e Ivinhema, no extremo sul do estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1), ocupando uma área de 64 mil km². A região apresenta uma diversidade de tipos de solos incluindo Neossolos Quartzarênicos, Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos e Gleissolos Melânicos. Além disso, essas bacias hidrográficas são importantes para a geração de energia pela Usina Hidrelétrica de Itaipu, uma vez que os rios principais desaguam no rio Paraná e influenciam na qualidade e quantidade de água do reservatório de Itaipu.

FIGURA 1

Mapa da área de estudo, sendo o limite territorial das bacias hidrográficas dos rios Amambá, Iguatemi e Ivinhema, Mato Grosso do Sul



Fonte: Elaborados por autores com as bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019), Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural - AGRAER e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2017)

Neste trabalho foi utilizada uma abordagem metodológica para associar dados espaciais de MDE, de classes de solos e de cobertura da terra. Para isso, o MDE global Copernicus (Agência Espacial Europeia, 2021) foi captado pelo plugin OpenTopography DEM Downloader (OpenTopography, San Diego, EUA) no programa QGIS (QGIS Association, Zurique, Suíça), usando como recorte espacial um buffer de 1 km além dos limites das bacias hidrográficas dos rios Amambá, Iguatemi e Ivinhema. Tal implementação foi necessária para amenizar eventuais problemas de efeitos de borda presentes no MDE.

Dada a coleta dos dados de elevação, eles foram incorporados ao SIG ArcGIS Pro (ESRI, Redlands, EUA), onde foram aplicadas ferramentas para eliminação de depressões espúrias (Fill) suavização do terreno (Focal Statistics). Para este último caso, foram aplicados três filtros de médias consecutivos a partir de janelas móveis (3x3, 3x3 e 7x7), sendo uma estratégia eficiente para reduzir os efeitos das coberturas presentes no MDE utilizado.

Após os devidos tratamentos, o MDE suavizado foi incorporado e processado no software SAGA GIS (SAGA User Group Association, Hamburgo, Alemanha) para segmentar os tipos de relevo, utilizando, para isso, o algoritmo TPI Based Landform Classification. A partir do algoritmo TPI, o MDE é segmentado em 10 tipos de relevo, definidos como: fluxos, drenagens de meia encosta, drenagens de terras altas, vales, planícies, encostas abertas, encostas superiores, cumes locais, cumes de meia encosta e cumes altos.

O mapa das classes de solos (escala 1:100.000), oriundo do projeto Zoneamento Agroecológico do Estado do Mato Grosso do Sul (ZAEMS), foi elaborado pela EMBRAPA Solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil), a partir da coleta e descrição de perfis de solos, interpretação dos resultados das amostras de solos e da correlação com as covariáveis ambientais, imagens orbitais e derivadas do terreno. Este

produto foi rasterizado utilizando a ferramenta Polygon to Raster no ArcGIS Pro com o tamanho de pixel de saída de 30 m e mesma projeção do MDE. Após esses procedimentos, foi realizada a associação dos tipos de relevo com as classes de solos na área de estudo utilizando álgebra de mapas por meio da ferramenta Raster Calculator no ArcGIS Pro. A seguinte fórmula foi aplicada (Equação 1):

$$\text{RELEVO E SOLO} = 1000 \times \text{Mapa de Solos} + \text{Mapa de Revelo} \quad (1)$$

Dessa maneira, o valor obtido em cada pixel carrega tanto a informação da classe de solo (valor do pixel do tipo de solo x 1000) quanto do tipo de relevo, por exemplo: Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) de valor 23000 + Planície de valor 4 resultando na informação conjunta entre solo e relevo de valor 23004. Após o cruzamento, foi calculada a área de cada combinação de tipos de solos com tipos de relevo, bem como sua porcentagem em relação à área total das três bacias estudadas. As combinações com maior área dentro das três bacias representam as associações mais importantes entre tipo de solo e tipo de relevo da região.

A partir das associações de relevo com as classes pedológicas e a sua interpretação, é possível detectar áreas mais suscetíveis à erosão na área estudada. Para isso, como forma de avaliação dessas áreas de acordo com a sua dinâmica do uso e cobertura terrestre foram utilizados dados históricos da coleção 7 do projeto MapBiomias (SOUZA et al., 2020) para os anos de 1990, 2000, 2020 e 2022. A construção dos mapas anuais classificados do MapBiomias só é permitido pois são utilizados os dados ópticos da série temporal da missão Landsat (United States Geological Survey, EUA; SOUZA et al., 2020) com resolução espacial de 30 metros. Como forma de avaliação das áreas susceptíveis à erosão, em um estudo de caso, foi utilizado o recorte espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi que serviram para a identificação de focos de erosão a partir da dinâmica temporal das classes antrópicas dos mapeamentos usados do MapBiomias.

Foi realizada a identificação das mudanças de uso e cobertura da terra, levando em consideração o mapa de referência mais antigo e o mais novo, usando novamente a ferramenta Raster Calculator do ArcGis Pro. Usando a mesma lógica da equação 1, foi elaborado um mapa único contendo em cada pixel informação da cobertura anterior e posterior, o que possibilitou identificar e avaliar as mudanças ocorridas entre as duas imagens (SINGH, 1989). A fórmula utilizada para determinar as mudanças de uso e cobertura da terra foi a seguinte (Equação 2):

$$\text{MUDANÇAS} = 1000 \times \text{MapBiomias (2020)} + \text{MapBiomias (1990)} \quad (2)$$

O fluxograma abaixo (Figura 2) é possível observar todos os processos descritos da metodologia utilizada neste trabalho:

FIGURA 2
Fluxograma Metodológico



Fonte: Elaborado por autores

A escolha do recorte espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi para este estudo de caso deve-se pelo elevado grau de antropização nesta bacia hidrográfica, que é superior à média estadual (ESQUERDO et al., 2014). Além disso, a relação entre o fator antrópico e a fragilidade pedológica existente na região contribui para a degradação ambiental (ESQUERDO et al., 2014; CATARINO TOLEDO, 2023; ITAIPU BINACIONAL, 2021). O monitoramento é uma ferramenta importante para o planejamento ambiental na região e detectar possíveis novos focos de degradação ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificadas e mapeadas 233 associações entre classes de solos e classes de relevo presentes nas bacias hidrográficas dos rios Amambaí, Iguatemi e Ivinhema. A classe “Planície” é o tipo de relevo predominante na área de estudo, ocupando 64,82% da área. Elas são majoritariamente planas ou apresentam ondulações leves e estão associadas aos Latossolos Vermelhos Distroférricos (LVdf), Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) e Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo), ocupando áreas correspondentes a 22,4%, 16,3% e 13,2% da área de estudo, respectivamente (Tabela 1, Figura 3).

A associação entre a classe de relevo correspondente a “Encostas Superiores” e as classes de solos LVd, LVdf e RQo podem indicar uma susceptibilidade a erosão hídrica, onde podem levar a escoamentos mais significativos podendo ser um revés para as práticas econômicas e agropecuárias nas bacias estudadas. Uma constatação importante, é que para esta classe de relevo não é comum para a classe RQo, uma vez que, normalmente são associados a localidades planas.

TABELA 1
Associações entre tipo de relevo e tipo de solos predominantes nas três bacias hidrográficas

Classes de Relevo	Classes de Solos	Área (km ²)	Área (%)
Planície	LVdf - Latossolos Vermelhos Distroférricos	14964,99	22,41
Planície	LVd - Latossolos Vermelhos Distróficos	10863,32	16,27
Planície	RQo - Neossolos Quartzarênicos Órticos	8783,07	13,15
Encostas Superiores	LVd - Latossolos Vermelhos Distróficos	2300,34	3,45
Encostas Superiores	RQo - Neossolos Quartzarênicos Órticos	2240,62	3,36
Planície	GMbd - Gleissolos Melânicos Tb Distróficos	2133,82	3,20
Planície	GMve - Gleissolos Melânicos Ta Eutróficos	2036,53	3,05
Vales	LVd - Latossolos Vermelhos Distróficos	1557,02	2,33

Vales	RQo - Neossolos Quartzarênicos Órticos	1509,34	2,26
Encostas Superiores	LVdf - Latossolos Vermelhos Distroférricos	1288,59	1,93
Planície	LVe - Latossolos Vermelhos Eutróficos	1138,29	1,70
Planície	LVef - Latossolos Vermelhos Eutroférricos	1005,57	1,51
Vales	LVdf - Latossolos Vermelhos Distroférricos	794,97	1,19
Fluxos	RQo - Neossolos Quartzarênicos Órticos	746,19	1,12
Drenagem de Meia Encosta	LVdf - Latossolos Vermelhos Distroférricos	669,68	1,00
Fluxos	LVd - Latossolos Vermelhos Distróficos	610,52	0,91
Cumes de Meia Encosta	RQo - Neossolos Quartzarênicos Órticos	541,18	0,81
Cumes de Meia Encosta	LVdf - Latossolos Vermelhos Distroférricos	510,58	0,76

Fonte: Elaborado por autores

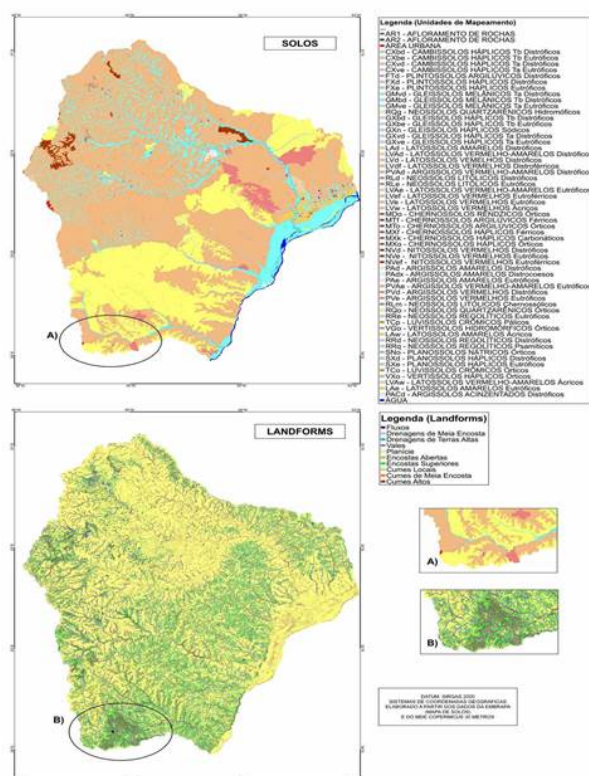
Uma associação que pode indicar processos intensos de erosão regional é a classe de relevo correspondente a “Fluxos” associados à classe de solos RQo, que abrange uma área que corresponde a 1,12% das bacias hidrográficas. Nessas áreas, o declive mais intenso favorece processos erosivos, enquanto que a classe de solo RQo possui alto risco de erosão, pois apresentam estrutura de grãos simples que são facilmente carregados por fluxos laminares e enxurradas. Como pontua Gallant e Wilson (2000), a declividade é considerada uma importante derivada de terreno pois controlam os processos pedogenéticos, além disso, afetam diretamente a velocidade do fluxo superficial e subsuperficial de água, e também, no teor de água no solo, potencial de erosão, deposição e outros processos importantes na formação de solos SIRTOLI et al., 2008). A partir disso, o escoamento por fluxos pode-se depositar nos vales. Neste último caso, as classes de solos associadas LVd, LVdf e RQo indicam áreas deposicionais que ocupam, respectivamente, 3,45%, 1,19% e 1,12%.

As classes referentes aos Gleissolos Melânicos (GMbd e GMve) ocupam 3,20% e 3,05% da área de estudo, respectivamente, sendo associadas a classe de relevo de planícies. Geralmente encontram-se localizadas em áreas de acúmulo de água principalmente próximos aos rios principais das bacias hidrográficas. A classe de solo GMve é mais propícia à produção agrícola do que a classe de solo GMbd devido às limitações impostas pelos baixos teores de argila e fertilidade, além disso, apresenta uma acidez considerável (SANTOS et al., 2018) requerendo tratamento de manejo intensivo para o uso do solo.

Levando em consideração todas as associações de classes de relevos às classes de solos LVdf, LVd e RQo nas bacias hidrográficas, estas ocupam 76,96% da área de estudo. Em uma análise qualitativa observa-se que a classe de solo LVdf é predominantemente associada às classes de relevo de Planície, Encostas Superiores, Vales e Drenagem de Meia Encosta. Por outro lado, as classes RQo e LVd são mais frequentemente associadas com as classes de relevo de “Planície”, “Encostas Superiores”, “Vales” e “Fluxos” como as mais predominantes. Os solos LVd psamíticos presentes na região, observados principalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi, possuem como característica textura arenosa (SANTOS et al., 2018) o que remete à fragilidade quanto ao uso do solo. Essa característica difere da textura argilosa do solo LVdf (CALDERANO FILHO et al., 2024), que acaba por beneficiar a geração de insumos agrícolas nas áreas correspondentes a esse tipo de solo.

A associação entre a classe de solo RQo e as classes de relevo “Encostas Superiores”, “Encostas Abertas” e “Fluxos” próximos ao Rio Iguatemi (Figura 3 - A e B) pode significar processos erosivos e intensos já em curso, que levam ao assoreamento de trechos do Rio Iguatemi.

FIGURA 3
Classificação TPI de relevo e Mapa de solos da EMBRAPA



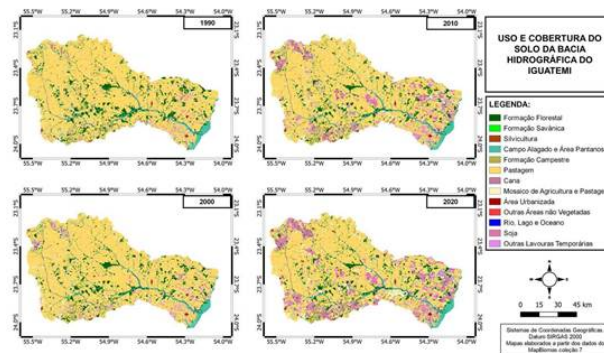
Fonte: Elaborados por autores com dados do MDE Copernicus e com os dados pedológicos da EMBRAPA Solos

Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi

Entre 1990 e 2020, a Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi tem sido ocupadas gradativamente por atividades agropecuárias nas últimas três décadas, sendo um fator de erosão (CATARINO TOLEDO, 2023) na região (Figura 4). Se não forem adotadas medidas eficazes que busquem o manejo sustentável, conservação do solo e da vegetação e a recuperação de áreas degradadas, especialmente próximas aos rios nessa região, essas contribuirão cada vez mais para o assoreamento dos rios. Tal problematização ambiental regional, prejudicaria a manutenção de parâmetros hidrológicos saudáveis para a geração de energia pela Usina Hidrelétrica de Itaipu (ITAIPU BINACIONAL, 2021). Além disso, é possível notar (Figura 4) que as mudanças expressivas ocorreram nas porções leste, sul e noroeste, sendo que na parte leste é onde os rios principais das três bacias hidrográficas desaguam no Rio Paraná.

FIGURA 4

Mapeamento do uso e cobertura da terra para a Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi



Fonte: Elaborado por autores com dados do MapBiomias

Apesar da perda de áreas de “Pastagem” em 15,43% entre 1990 e 2020, essa classe é ainda predominante no recorte espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi, ocupando 56,44% da área no ano de 2020 (Tabela 2). Por outro lado, a classe “Mosaico de Agricultura e Pastagem” apresentou uma tendência positiva variando +4,81%, sendo a segunda classe com a maior extensão de área na bacia em 2020. A classe de agricultura que mais cresceu nesse período foi a “Soja”, com um aumento de +9,37%. É possível observar o surgimento das classes “Cana-de-Açúcar” e “Silvicultura” que a partir de 2000 passaram a ser identificadas. Da mesma forma, a “Formação Savânica” só surge no mapa em 2000, sendo não identificada em períodos anteriores. De forma modesta, a classe referente a “Área Urbanizada” expandiu-se em +0,02% a cada 10 anos, em média, totalizando uma variação de +0,06 entre 1990 e 2020. As classes naturais como “Formação Florestal” e “Rio, Lago e Oceano” apresentaram uma tendência oposta, variando -2,01 e -0,03%, respectivamente.

TABELA 2

Classificação para uso e cobertura da terra do MapBiomias na Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi para os anos 1990, 2000, 2010 e 2020

Classes	1990(%)	2000(%)	2010(%)	2020(%)	Varição 1990 - 2020(%)
Formação Florestal	11,99	10,14	9,70	9,98	-2,01

Formação Savânica	0,00	0,00	0,00	0,01	+0,01
Silvicultura	0,00	0,00	0,08	0,42	+0,42
Campo Alagado e Área Pantanosa	2,92	3,20	3,41	3,49	+0,57
Formação Campestre	0,60	0,53	0,48	0,48	-0,13
Pastagem	71,88	71,83	64,86	56,44	-15,43
Cana-de-Açúcar	0,00	0,00	0,27	0,53	+0,53
Mosaico de Agricultura e Pastagem	9,43	9,89	10,74	14,23	+4,81
Área Urbanizada	0,21	0,23	0,25	0,27	+0,06
Outras Áreas Não Vegetadas	0,19	0,20	0,28	0,32	+0,14
Rio, Lago e Oceano	0,36	0,43	0,32	0,33	-0,03
Soja	1,35	0,80	5,46	10,71	+9,37
Outras Lavouras Temporárias	1,07	2,76	4,15	2,77	+1,70

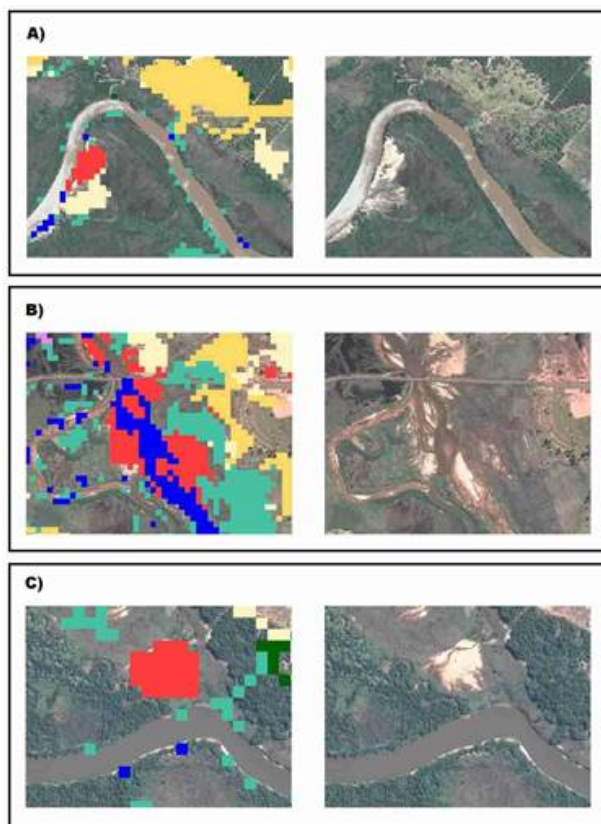
Fonte: Elaborado por autores

A análise no contexto do uso da terra em diferentes períodos temporais nesse recorte espacial oferece elementos que ajudam a compreender os padrões espaciais e dos fatores naturais e antrópicos que influenciam a cobertura da terra. Como exemplo podemos citar, a intensificação do uso agrícola e o consequente aumento dos processos erosivos são evidentes e seus impactos negativos são antecipados, como o assoreamento dos rios regionais.

Neste caso, com a expansão agropecuária e a fragilidade pedológica em função da predominância do solo do tipo RQo, que possui textura arenosa em todo o seu perfil, os processos de deterioração do solo tornaram-se evidentes em função do aumento da classe “Outras Áreas Não Vegetadas” e pelos depósitos arenosos, principalmente, próximos aos rios tributários e o principal de Iguatemi (Figura 5).

FIGURA 5

Focos de erosão e depósitos arenosos pertencentes à classe de uso e cobertura “Outras Áreas Não Vegetadas” na cor vermelha em áreas próximas ao Rio Iguatemi



Fonte: Elaborado por autores com dados do MapBiomas e o basemap do Google Earth Pro

As classes de uso e cobertura da terra do MapBiomas correspondentes à agricultura tiveram aumentos significativos em sua ocorrência. Esse crescimento pode ser explicado pelos processos de modernização agrícola apoiados por políticas econômicas como crédito subsidiado, principalmente para a compra de insumos e equipamentos, extensão rural e pesquisa agropecuária, liderada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (ALVES et al., 2008).

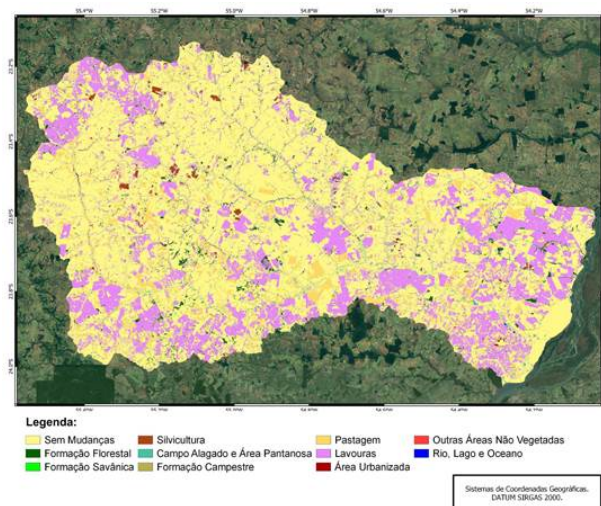
Apesar de ser importante sob o ponto de vista econômico e agrícola na região, a sua expansão sem o viés conservacionista e preservacionista no que refere-se ao meio ambiente poderão ter impactos negativos expressivos em relação a própria produtividade, a saúde do solo e os corpos hídricos na região. As práticas inadequadas de uso e manejo do solo e das culturas, como desmatamento, uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas, uso acima da capacidade de suporte do solo, entre outros, geram degradação ambiental, perda da biodiversidade, erosão, assoreamento dos rios e contaminação dos recursos naturais (ROSSET et al., 2014).

Além disso, a expansão agropecuária pode trazer consequências ao desgaste da vegetação ripária nos leitos dos rios, onde reflete diretamente na diminuição da filtração de componentes do solo favorecendo o transporte de sedimentos, fertilizantes e pesticidas aos cursos d'água (WANG et al., 2019; SRINIVAS et al., 2020 e RACHELS et al., 2020), prejudicando, assim, a qualidade da água (MELO et al., 2022) e, consequentemente, da biota aquática e a pesca.

As mudanças no uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi (Figura 6) mostram o surgimento de áreas de lavouras (Cana, Soja e outras) e pastagem em predominância na região. É possível observar a expansão agrícola nas porções leste, sul e uma pequena porção na parte oeste, além disso, há uma relação espacial de proximidade dessa expansão com os rios presentes na delimitação da bacia hidrográfica.

FIGURA 6

Mapa de Detecção de Mudanças do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi - MapBiomas (1990 - 2020)



Fonte: Elaborado por autores com dados do MapBiomas

Assim como foi apresentado na associação das classes de relevo com as classes de solos, esta área predominantemente arenosa, vem sendo ocupado por classes antrópicas de uso e cobertura da terra principalmente na porção sudoeste onde há uma concentração de classes de relevo de “Fluxos”, “Encostas Superiores” e “Encostas Abertas” (Figura 3), fator que pode favorecer a erosão regional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As associações solo e relevo nas Bacias Hidrográficas do Rio Amambá, Iguatemi e Ivinhema ajudam a compreender as relações entre as classes de solos predominantes na região com a paisagem fornecendo elementos descritivos importantes para a tomada de decisões por governos em diversas esferas. A utilização de dados geoespaciais de diversas naturezas disponibilizados de forma gratuita por instituições no âmbito nacional e internacional são de suma importância ao planejamento ambiental de baixo custo.

Tanto a associação entre as classes de relevo e solo são eficientes para indicar áreas que são mais propícias a processos de erosão nas bacias hidrográficas estudadas. Com isso, as classes “Encostas Superiores”, “Encostas Abertas” e de “Fluxos”, principalmente associada à classe de solo mais frágil sob o ponto de vista pedológico - “RQo”, pode favorecer processos de erosionais, deslocando os sedimentos aos rios contribuindo para o assoreamento na região.

A expansão agropecuária entre 1990 a 2020 na Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi, sem a preocupação conservacionista ao uso do solo, pode ser um fator que contribuiu para o surgimento de focos de erosão e de depósitos arenosos nos rios na área de estudo ao longo do tempo.

O planejamento ambiental faz-se necessário, sendo uma ferramenta dentro do contexto da gestão ambiental que pode amenizar e controlar os processos erosivos nas Bacias Hidrográficas do Amambaí, Iguatemi e Ivinhema no estado do Mato Grosso do Sul, evitando assim, a perda de solo e recuperando os rios afetados pelo assoreamento na região.

Nesse sentido, a associação de classes de solos e de relevo permitiu identificar as áreas mais sensíveis à erosão nas três bacias estudadas. O estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Iguatemi, foi importante para apontar focos de erosão, sendo fundamental para orientar ações de recuperação ambiental nessas áreas.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Solos pela orientação e suporte técnico e à Embrapa e Itaipu Binacional pelo financiamento do presente trabalho e da bolsa estudantil do primeiro autor. O trabalho foi financiado com recursos do projeto “Mapeamento digital de solos e de atributos físico-hídricos dos solos, das bacias dos rios Sul-mato-grossenses Iguatemi, Amambai e Ivinhema, para fins de modelagem hidrológica, manejo e conservação de solo e água” (código 20.21.00.065.00.00)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.R.A.; CONTINI, E.; GASQUES, J.G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira, in Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. In: **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas**. Ed. Ana Christina Sagebin Albuquerque, Aliomar Gabriel da Silva. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, pp. 67–98, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. *Base Hidrográfica Ottocodificada 2017 50K - trecho de drenagem*, 2017. Disponível em: https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/dc696eb4e24b485a8fd9aea6c0f99eb4_0/about. Acesso em: 17 jun. 2024.
- ARRUDA, G.P.DE.; DEMATTÊ, J.A.M.; CHAGAS, C.DA.S. Mapeamento digital de solos por redes neurais artificiais com base na relação solo-paisagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 2, p. 327–338, mar. 2013.
- CALDERANO FILHO, B.; CHAGAS, C. DA S.; BHERING, S. B.; CARVALHO JUNIOR, W. de; PEREIRA, N. R.; MARTINS, A. M. M. Caracterização dos solos do município de Rio Brilhante, estado do Mato Grosso do Sul. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, [S. l.], v. 22, n. 6, p. e5219, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n6-112. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com>
- CANTARINO TOLEDO, J. A. Relações entre manejo do solo e erosão hídrica : uma revisão bibliográfica. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, [S. l.], v. 8, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/13255>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- DEMATTÊ, J.A.M.; FONGARO, C.T.; RIZZO, R.; SAFANELLI, J. L. Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerful data mining procedure to retrieve soil spectral reflectance from satellite images. *Remote Sensing of Environment*, 212, 161-175, 2018. DOI: doi:10.1016/j.rse.2018.04.047.
- DIEK, S.; FORNALLAZ, F.; SCHAEPMAN, M.E.; de JONG, R. Barest Pixel Composite for Agricultural Areas Using Landsat Time Series. *Remote Sensing*, 9(12), 1245, 2017. doi:10.3390/rs9121245.
- DINIZ, A.D.; DE OLIVEIRA, C.V.; AUGUSTIN, C.H.R. Relação entre relevo, classes de solos e erosão no espinhaço meridional. *V Simpósio Nacional de Geomorfologia*, [s. l.], 2004. Disponível em: <http://lsic.unb.br/ugb/app/webroot/>
- DOS SANTOS, A.C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. *Revista Brasileira de Cartografia*, [s. l.], v. 54, n. 1, 2009. DOI: 10.14393/rbcv54n1-43941. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revista>
- ESQUERDO, J.D.M.; NEVES, R.J.; ESQUERDO, V.F. DE S. Caracterização de aspectos físicos e socioeconômicos da Unidade de Planejamento e Gerenciamento do Rio Iguatemi, Mato Grosso do Sul. *Revista GeoPantanal*, [s. l.], v. 9, ed. 16, 17 set. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/revgeo/article/view/>
- EUROPEAN SPACE AGENCY - ESA. *Global and European Digital Elevation Model(COP-DEM)*. Paris, França: ESA, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5270/ESA-c5d3d65>
- EUROPEAN SPACE AGENCY, SINERGISE. *Copernicus Global Digital Elevation Model. Distributed by Open Topography*. Acesso em: 11 de Junho de 2024. DOI: <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>

- GUISAN, A.; WEISS, S.B.; WEISS, A.D. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology*. 143, 107-122, 1999.
- ITAIPU BINACIONAL: Meio Ambiente. In: *Monitoramento de sedimentos ajuda a prever a longevidade do reservatório de Itaipu*. [S. l.], 19 jan. 2021. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/monitoramento-de-sedimentos-ajuda-prever-longo-vidade-do-reservatorio-de-ita>. Acesso em: 23 jul. 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Bases cartográficas contínuas - Brasil*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>
- KUBOTA, Y.; MURATA, H.; KIKUZAWA, K. Effects of topographic heterogeneity on tree species richness and stand dynamics in a subtropical forest in Okinawa Island, southern Japan. *Journal of Ecology*, 92, 230-240, 2004.
- MARTINS, A.M.M.; VASQUES, G.M.; DART, R.O.; CARVALHO JUNIOR, W.; BHERING, S. B.; CHAGAS, C. DA S.; RENDEIRO, N. P.; CALDERANO FILHO, B. Série Temporal do Mapbiomas evidencia expansão agrícola e focos de erosão na bacia hidrográfica do Rio Iguatemi, Mato Grosso do Sul. *XXV SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Aracaju, SE, p. 1-10, 2023. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=14894>. Acesso em: 28 maio 2024.
- MARTINS, A.M.M.; VASQUES, G.M.; DART, R.O.; CARVALHO JUNIOR, W.; BHERING, S. B.; RENDEIRO, N. P.; CHAGAS, C. DA S.; CALDERANO FILHO, B. Associação de classes de solos e de relevos para bacias hidrográficas do Amambá, Iguatemi e Ivinhema no Estado do Mato Grosso do Sul. *14º SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Corumbá, MS, 2023. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2023/trabalhos/14/379-348.html>. Acesso em: 28 maio 2024.
- MELO, M. P. DE.; CRISPIM, B. DO A.; VIANA, L. F.; LIMA, N. A. DE.; MELO, E. S. DE P.; NASCIMENTO, V. A. DO.; BARUFATTI, A. Effects of local land use on riparian vegetation, water quality, and in situ toxicity. *Revista Ambiente & Água*, v. 17, n. 6, p. e2856, 2022.
- PINHEIRO, M.R.; COSTA, J. R.; SCIGLIANO, B. F.; FERREIRA, R.P.D.; CIANFARRA, P.; MANFREDINI, S. Interações solo, relevo e material de origem na região do Alto Estrutural do Pau d'Alho – sudeste do Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, [S. l.], v. 41, n. 1, p. 49-67, 2020. DOI <https://doi.org/10.33958/revig.v41i1.686>. Disponível em:
- RACHELS, A. A.; BLADON, K. D.; BYWATER-REYES, S.; HATTEN, J. Quantifying effects of forest harvesting on sources of suspended sediment to an Oregon Coast Range headwater stream. *Forest Ecology and Management*, 466, 118123, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118123>.
- ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014.
- SANTOS, H. G. DOS.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS.; OLIVEIRA, V. A. DE.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE.; OLIVEIRA, J. B. DE.; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)*. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. ISBN 978-85-7035-800-4.
- SINGH, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 9(6), pp. 989-1003, 1988.
- SIRTOLI, A.E.; DA SILVEIRA, C.T.; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. DOS A.; OKA-FIORI, C. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. *Scientia agraria*, [s. l.], v. 9, ed. 3, p. 317-329, 2008. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2903226>. Acesso em: 28 maio 2024.
- SKENTOS, A. Topographic Position Index Based Landform Analysis of Messaria (Ikaria Island, Greece). *Acta Geographica Bulgarica*, (1), 2018, 53-64. DOI: <https://doi.org/10.18509/AGB.2018.01>

- SOUZA, C.M., Jr.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M.R.; PARENTE, L.L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B.F.T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; DE OLIVEIRA, S.W.; ROCHA, W.F.; FONSECA, A.V.; MARQUES, C.B.; DINIZ, C.G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E.R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E.J.; LENTI, F.E.B.; PATERNOST, F.F.; PAREYN, F.G.C.; SIQUEIRA, J.V.; VIERA, J.L.; NETO, L.C.F.; SARAIVA, M.M.; SALES, M.H.; SALGADO, M.P.G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V.V.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, p.2735, 2020.
- SRINIVAS, R.; SINGH, A.P.; DHADSE, K.; GARG, C. An evidence-based integrated watershed modeling system to assess the impact of nonpoint source pollution in the riverine ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, v.246, p.118963, 2020.
- SUBRAMANIAN, K. S. S.; SINGH, A.; SUDHAKAR, M. Evaluation of digital elevation models created from different satellite images. *Geospatial World*, 2009. Disponível em: <https://www.geospatialworld.net/article/evaluation-of-digital->
- WANG, R.; YUAN, Y.; YEN, H.; GRIENEISEN, M.; ARNOLD, J.; WANG, D. et al. A review of pesticide fate and transport simulation at watershed level using SWAT: Current status and research concerns. *Science of the Total Environment*, 669, pp.512-526, 2019.
- WILSON, J.P. e GALLANT, J.C. Terrain Analysis - Principles and Applications. *John Wiley & Sons*, New York, 2000.



Disponível em:

/articulo.oa?id=27449352744935007

Como citar este artigo

Número completo

Mais informações do artigo

Site da revista em redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe,
Espanha e Portugal
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no
âmbito da iniciativa acesso aberto

Adinan Marzulo Maia Martins, Gustavo de Mattos Vasques,
Ricardo de Oliveira Dart, Waldir de Carvalho Junior,
Silvio Barge Bhering, Nilson Rendeiro Pereira,
César da Silva Chagas, Braz Calderano Filho

**Geotecnologias em apoio a caracterização da cobertura
da terra em três bacias hidrográficas no Mato Grosso do
Sul, Brasil**

Geotechnologies in support of land cover characterization in
three water basins in Mato Grosso do Sul, Brazil

Revista Presença Geográfica

vol. 11, núm. 2, 2024

Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
rpgeo@unir.br

/ ISSN-E: 2446-6646