ANÁLISE DA CAPACIDADE DE USO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO, MATO GROSSO DO SUL

ANALYSIS OF LAND USE CAPACITY IN THE SANTO ANTÔNIO RIVER WATERSHED, MATO GROSSO DO SUL

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SANTO ANTÔNIO, MATO GROSSO DO SUL

Cleiton Messias Rodrigues Abrão
Universidade Federal da Grande Dourados
cleiton.geografo@yahoo.com.br

Adelsom Soares Filho
Universidade Federal da Grande Dourados
adelsomfilho@ufgd.edu.br

Destaques

- Entre os solos hidromórficos mapeados na BHSA, há outra classe com textura arenosa elevada: os Plintossolos e Gleissolos. Geralmente, esses são solos mal drenados, com a ocorrência de água nos períodos de chuva do ano;
- A pastagem é predominante na área de estudo, sendo encontrada em todos os lugares da bacia. Em segundo lugar vem a agricultura que se concentra no alto e médio curso, juntamente com os solos expostos, em pousio, ou preparados para o plantio;
- Conforme proposto no ZEE-MS (Mato Grosso do Sul, 2015), a BHSA encontra-se apta para uso agropecuário, contanto que suas características físicas sejam cuidadosamente observadas, sobretudo no que diz respeito aos solos, em especial às classes dos Neossolos Regolíticos, Litólicos e Cambisolos;
- A classe de uso especial compreende apenas os Neossolos Quartzarênicos. Esta classe está presente em uma pequena faixa da planície e do terraço fluvial no baixo curso, e sua maior parte é destinada para o cultivo de pastagem. A textura deste solo foi classificada como muito arenosa, com granulometria composta por até 80% de areia;

RESUMO

Este artigo tem por objetivo avaliar a capacidade de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio (BHSA), visando subsidiar medidas de planejamento para atividades agropecuárias. Para a elaboração do mapa de capacidade de uso da terra, realizou-se a reclassificação e sobreposição ponderada dos dados em formato *raster,* no

software ArcGIS, para os fatores declividade e solo. A aplicação da capacidade de uso da terra possibilitou a identificação de três grupos e oito classes, sendo que três classes possibilitam o uso agrícola intensivo, moderado e com restrição. Já para quatro classes, recomenda-se o uso do solo para a pastagem, reflorestamento ou manutenção da cobertura vegetal, havendo, ainda, uma classe especial para os Neossolos Quartzarênicos, por conta de sua alta fragilidade à erosão. A partir da sobreposição dessas informações em ambientes SIG, os resultados corroboram que a maior parte dessa bacia corresponde à classe IV, que compreende boa aptidão para o cultivo de pastagem. Esta área se encontra apta para o uso agropecuário, no entanto, os resultados demonstraram que as características físicas deverão ser observadas com mais cautela, principalmente no que diz respeito aos solos e ao relevo, pois apresentaram grande fragilidade, caso sejam ocupados de forma inadequada quanto a sua capacidade.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica. Capacidade de Uso. Uso da Terra. Sistemas de Informações Geográficas.

ABSTRACT

This article aims to evaluate the land capability in the Santo Antônio River Watershed - BHSA, aiming to subsidize planning measures for agricultural activities. To develop the land use capacity map, was performed reclassification and weighted overlay of data in raster format was carried out in the ArcGIS software, for the slope and soil factors. The application of land capability made it possible to identify three groups and eight classes, where three classes allow intensive, moderate, and restricted agricultural use. For the other four classes, it is recommended to use the soil for pasture, reforestation or maintenance of vegetation cover, and there is also a special group for Quartzarenic Neosols, due to its high fragility to erosion. By overlaying this information in GIS environments, the results corroborate that most of this Watershed corresponds to class IV, which comprises good suitability for pasture. This area is suitable for agricultural use, however, the results demonstrated that the physical characteristics should be observed with more caution, mainly about soils and relief, as they are very fragile if occupied inadequately in terms of its capacity.

Keywords: Watershed. Land Use Capacity. Land Use. Geographic Information System.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo evaluar la capacidad de uso de la tierra en la cuenca hidrográfica del río Santo Antônio-BHSA, con el fin de subsidiar medidas de planificación para actividades agropecuarias. Para la elaboración del mapa de capacidad de uso, se llevó a cabo la reclasificación y superposición ponderada de los datos en formato raster en el software ArcGIS, considerando los factores de pendiente y suelo. La aplicación de la capacidad de uso de la tierra permitió la identificación de tres grupos y ocho clases, de las cuales, tres clases permiten el uso agrícola intensivo, moderado y restringido. Para las otras cuatro clases, se recomienda el uso del suelo para pastizales, reforestación o mantenimiento de la cobertura vegetal, y También hay un grupo especial

para los Neosoles Cuarcarenosos debido a su alta vulnerabilidad a la erosión. La superposición de esta información en entornos SIG confirma que la mayoría de esta cuenca corresponde a la Clase IV, que es adecuada para pastizales. Esta área es adecuada para uso agropecuário, sin embargo, los resultados enfatizan la necesidad de considerar cuidadosamente las características físicas, especialmente en lo que respecta a los suelos y la topografía, ya que presentan una fragilidad significativa si se ocupan sin una planificación adecuada respecto a su capacidad.

Palabras clave: Cuenca Hidrográfica. Capacidad del Uso. Uso De La Tierra. Sistemas de Información Geográfica.

INTRODUÇÃO

As sociedades antrópicas vêm, ao logo dos tempos, intervindo nos ambientes naturais alterando os aspectos da paisagem, especialmente o solo e a cobertura vegetal, que, com a descoberta da agricultura, começaram a sofrer forte pressão antrópica (FAO, 2015). A capacidade agrícola visa indicar, segundo as propriedades físicas e químicas do solo e características do relevo, a melhor maneira de usar determinada área, considerando o tipo de cultura apropriada e técnicas de conservação do solo (Ramalho Filho; Beek, 1995; Silva Neto, 2012). Segundo Cunha *et al*. (2016), os modelos de quantificação de perda de solos podem ser conciliados com o sistema de capacidade de uso das terras e aptidão agrícola, considerando as características do meio físico e as limitações de uso.

Esse sistema de avaliação de aptidão agrícola das terras foi desenvolvido por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), para indicar os tipos de uso agrícola mais recomendados para determinadas áreas, levando em conta as suas características físicas naturais (solo, topografia, hidrografia, vegetação) e o nível de manejo ali permitido (Lepsch *et al.,* 1991; Ramalho Filho; Beek, 1995; Ramalho Filho; Pereira, 1999). As atividades agrícolas interferem de maneira significativa nos recursos naturais. Além disso, essa atividade em algumas áreas é praticada de maneira convencional, com ausência de práticas conservacionistas, como curvas de nível, plantio direto e terraceamento, que são imprescindíveis para minimizar as perdas de solos e instauração de processos erosivos mais fortes (Miqueloni; Bueno; Ferraudo, 2012).

Neste contexto, esse modelo aliado as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, usando os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), são importantes instrumentos para a elaboração de produtos cartográficos com mais rapidez, menores custos e uma confiabilidade aceitável para melhor indicação quanto a capacidade de uso da terra que uma determinada área possui. Segundo Demarchi (2012), as geotecnologias são importantes ferramentas para a elaboração do planejamento ambiental, avaliação do uso e degradação do solo, bem como para predizer as perdas de solo por erosão e indicar o melhor tipo de uso agrícola e simulação de cenários futuros, numa perspectiva otimista (aderindo às recomendações de uso) ou pessimista (não aderindo às recomendações de uso).

Portanto, avaliar e classificar a capacidade de uso das terras é muito contributivo para a gestão das bacias hidrográficas, torna-se uma ferramenta essencial para o desenvolvimento em bases sustentáveis. Segundo Botelho e Silva (2014), na bacia hidrográfica é possível observar, de maneira integrada, as inter-relações entre os recursos naturais e as ações do homem sobre a paisagem e suas implicações nos sistemas hidrológico e ecológico, nas quais os estudos de processos erosivos, manejo e conservação do solo, água e planejamento ambiental são os mais aplicados.

Para Ramalho Filho e Pereira (1999), os resultados obtidos pelo potencial à erosão e aptidão agrícola demonstram ser importantes artifícios cartográficos para a identificação e espacialização da aptidão agrícola mais recomendada para as terras, além de serem instrumentos imprescindíveis para a elaboração do zoneamento ambiental, buscando uma "coerência ecológica" dos recursos naturais disponíveis segundo a sua aptidão, evitando, assim, incongruências.

Neste contexto, este artigo tem por objetivo avaliar a capacidade de uso da terra na Bacia Hidrográfica do rio Santo Antônio (BHSA), situada ao sul da Bacia do Alto Paraguai (BAP), para subsidiar medidas de planejamento e racionalização de seus espaços, além de contribuir para o redirecionamento das atividades agropecuárias.

Estudos realizados em bacias hidrográficas próximas a BHSA (Cunha *et al*., 2022; Medeiros, 2020), indicam que há um avanço da fronteira agrícola vindo de regiões do planalto Maracaju-Campo Grande, em direção aos mananciais que estão localizados em sub bacias da BAP, especialmente nas do rio Miranda, como as dos rios da Prata e Formoso, que possuem grande relevância turística nacional. Por isso, este

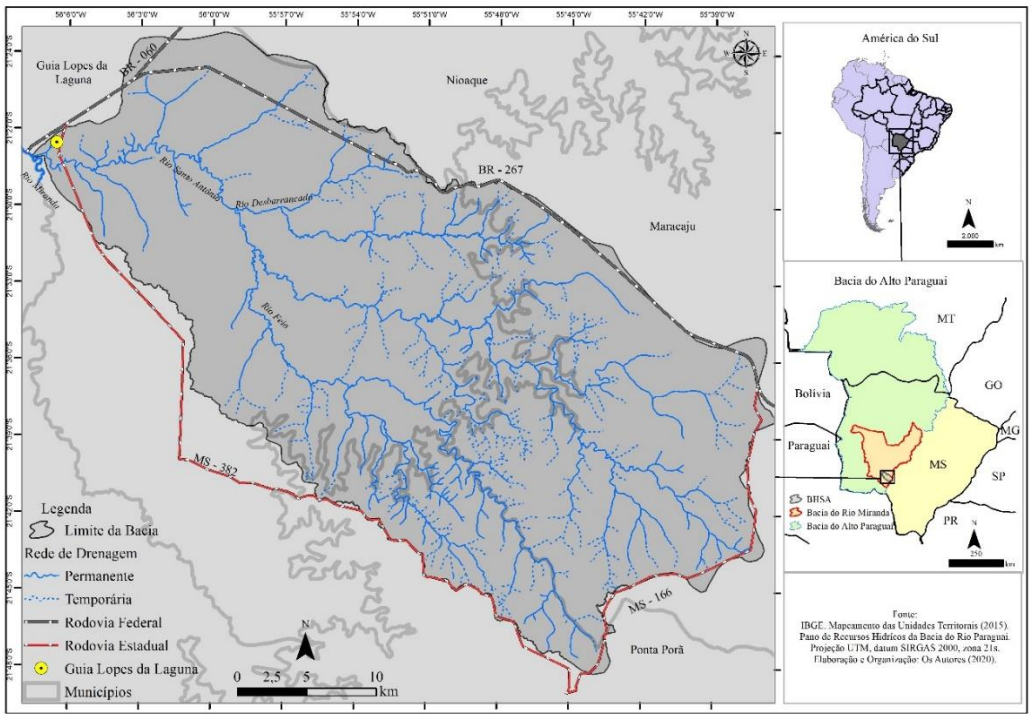
estudo pretende mensurar a capacidade de uso dessa bacia para a implantação de atividades agrícolas em larga escala, indicando melhores práticas de manejos para a minimização da degradação dos recursos naturais.

ÁREA DE ESTUDO

A BHSA está localizada entre as coordenadas 21º28’06”S; 21º35’45”S e 55º59’20”O; 55º44’18”O; e, pertencente à BAP (Figura 1). A BAP é formada pela interação ecossistêmica entre relevo e regime hídrico, sendo que, nas suas áreas de planalto, estão localizadas as nascentes de seus rios principais, como a do rio Miranda, que escoa suas águas com sedimentos em direção a Planície Pantaneira, constituindo um importante elo no ciclo hidrológico para a manutenção do bioma Pantanal (Brasil, 1997).

A BHSA é uma sub-bacia do rio Miranda, com aproximadamente 1.202km², cujo principal canal é o rio Santo Antônio, afluente pela margem direita, que deságua na divisa dos municípios de Guia Lopes da Laguna e Jardim (MS). Pela sua grande extensão, ela abrange quatro municípios, sendo eles: Guia Lopes da Laguna, Nioaque, Maracaju e Ponta Porã (MS).

Figura 1. Mapa de Localização da BHSA.



Fonte: Mapeamento das Unidades Territoriais (IBGE, 2015).

Apenas Guia Lopes da Laguna tem sua sede municipal inserida parcialmente nessa bacia. Os municípios inseridos na BHSA se destacam na produção agropecuária e boa parte apresenta altos índices de produtividade nas principais *commodities*, como soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Essa região é tida como a nova fronteira agrícola no estado de Mato Grosso do Sul (SEMADE, 2017; Medeiros, 2020; Cunha *et al*., 2022).

Segundo dados compilados de Araújo *et al*. (1982) e Lacerda Filho *et al*. (2006), existem afloramentos de Formação Aquidauana, Botucatu, Serra Geral e Caiuá. A Formação Aquidauana está presente no baixo curso da bacia, com presença de arenitos médios ou finos, com estratificação, na maioria das vezes, grosseira e menos fina. Já a Formação Botucatu está localizada em áreas do baixo curso até o médio curso do rio Santo Antônio, caracterizada por arenitos de coloração vermelha e, muitas vezes, em formas de conglomerados, que apresentam estratificações cruzadas de médio a grande porte.

A Formação Serra Geral ocupa áreas do médio e alto curso da bacia, que apresenta grande quantidade de afloramentos de rochas basálticas. A Formação Caiuá ocupa uma pequena área ao sul da BHSA, sobrepondo a Formação Serra Geral, sendo composta por arenitos arcoseanos vermelhos e roxos, com granulometria variável, de material muito fino a grosso, com boa seleção (Lacerda Filho *et al*., 2006).

O relevo da BHSA está associado ao arcabouço geológico dessa região. As áreas de planícies estão localizadas em ambientes com declividade inferior a 2%, e com altitude entre 230m e 250m, situadas no baixo curso, próximas ao canal principal, compostas em grande parte de Formação Aquidauana e Botucatu. Sobre as Formações Botucatu e Serra Geral, foram esculpidas formas de relevos aplainados no baixo curso, que apresentam relevo suave ondulado, com declividade entre 3% e 12%, com presença de colinas, sendo o médio curso dissecado, formando um conjunto de morros e morrotes com vertentes íngremes e declividade média variando entre 12% e 20%, com relevo ondulado, e a presença de morros e morrotes com topo arredondado (Abrão *et al*., 2021).

Segundo dados compilados do projeto de levantamento de baixa intensidade de solos para os municípios de Guia Lopes da Laguna, Nioaque, Maracaju e Ponta Porã (Zaroni *et al*., 2009), foram identificadas sete classes de solos na BHSA, como:

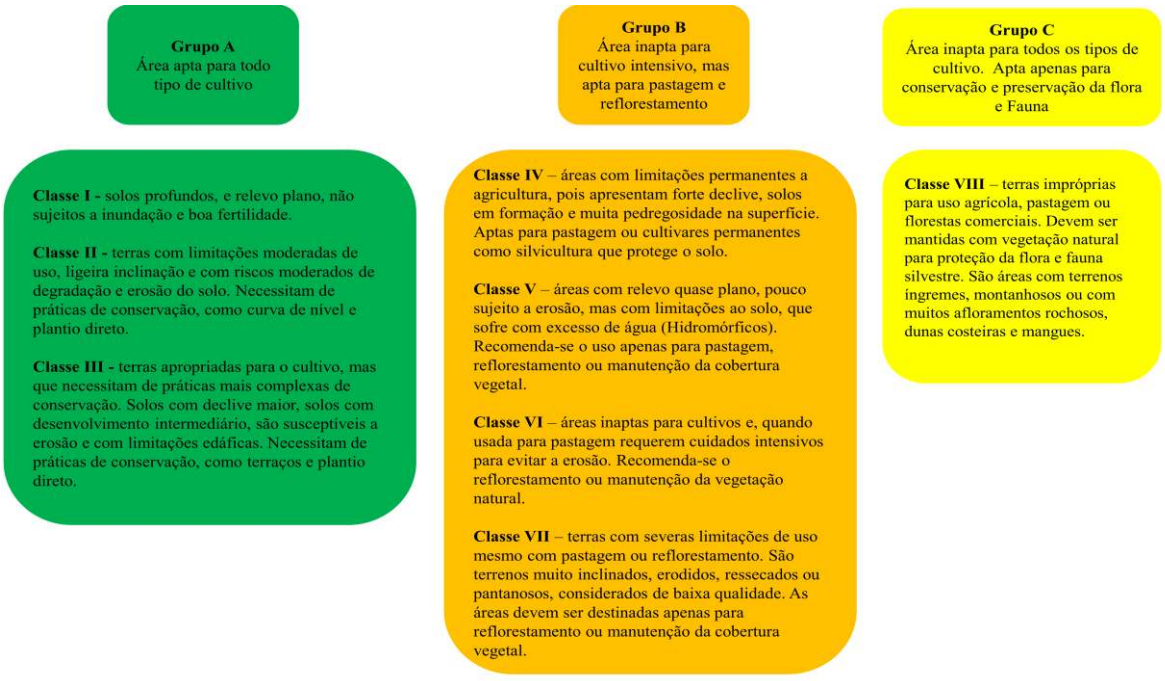
Latossolo Vermelho; Neossolo Regolítico; Neossolo Litólico; Neossolo Quartzarênico; Cambissolo Háplicos; Gleissolo Melânico; e, Plintossolo Háplico.

Na BHSA, há o predomínio de vegetação típica do cerrado, com espécies de troncos retorcidos e rústicos resistentes aos períodos de seca. Já em suas áreas mais elevadas, há matas com vegetação típica da mata atlântica, caracterizadas como enclaves cercados por vegetação do cerrado. Ao longo dos mananciais ocorrem as matas fluviais, compostas por vegetação mais densa, às vezes, formando galerias sobre os pequenos córregos (Silva *et al*., 2011). O clima é tropical (Aw) com duas estações bem definidas, sendo que o maior acúmulo de chuvas ocorre entre os meses de outubro e março, com redução da pluviosidade de abril até setembro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A capacidade de uso das terras e aptidão agrícola é uma metodologia desenvolvida pela EMBRAPA (Ramalho Filho; Pereira, 1999), para avaliar a melhor forma de aproveitamento do solo para uso agrícola ou conservação da flora e da fauna; possui três grupos (indicando o nível de intensidade) e oito classes, que caracterizam cada tipo de solo e manejo a ser adotado, conforme descrito na figura 2 abaixo:

Figura 2. Grupos e classes para capacidade de uso da terra.



Fonte: Adaptado de Ramalho Filho e Pereira (1999).

Para a construção da capacidade de uso da terra na BHSA, foram necessárias adaptações metodológicas nas variáreis de declividade e solo (análise textural) para a área de estudo, pois estas apresentam características diferentes em relação à proposta original apresentada por Lepsch *et al*. (1991) e Lepsch (2010), bem como a definição de uma classe específica para os Neossolos Quartzarênicos. Foram utilizados para a mensuração da capacidade de uso, os parâmetros físicos da declividade e solo para os agrupamentos das classes, bem como as recomendações de uso e conservação (Quadro 1). Com isso, foram definidos três grupos e sete classes, sendo que três classes permitem o uso agrícola intensivo, moderado, ou com restrição. Já as outras quatro classes recomendam o uso para pastagem, reflorestamento ou manutenção da cobertura vegetal.

Além desses grupos presentes na metodologia, optou-se, nesta pesquisa, por criar um grupo de classe especial para os Neossolos Quartzarênicos, devido a sua alta suscetibilidade à erosão, e por estarem localizados em um relevo ligeiramente inclinado, onde poderiam ser agrupados em classes, que permitem uso intensivo pela agricultura ou pastagem.

Quadro 1. Critérios adotados na elaboração da capacidade de uso da BHSA.

Grupos	Classe de capacidade de uso	Critérios adotados	Declividade (%)	Solos
A	Classe I	Área apta ao cultivo intensivo	0-3	Latossolo Vermelho Eutrófico
	Classe II	Área apta ao cultivo intensivo, com limitações moderadas quanto à fertilidade do solo e com ligeira inclinação do relevo	3-8	Latossolo Vermelho Distrófico
	Classe III	Áreas que necessitam de práticas mais complexas de conservação, com declividade moderada e limitações físicas e químicas do solo	8-12	Cambissolo Háplicos
B	Classe IV	Áreas com limitações permanentes ao cultivo intensivo, mas aptas para pastagem e silvicultura	12-20	Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico

	Classe V	Áreas sujeitas ao encharcamento do solo pela água ou áreas de riscos a inundações, aptas para pastagem ou manutenção da vegetação nativa	0-3	Plintossolo Háplicos e Gleissolo Melânicos
	Classe VI	Áreas aptas à pastagem com restrição, devendo ser cultivada somente com adoção de práticas conservacionistas; aptas à silvicultura	20-45	Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico
	Classe VII	Áreas de manutenção da vegetação nativa	>45	Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico
*	Classe de uso especial	Neossolo Quartzarênico	0-3	Neossolo Quartzarênico

Fonte: Adaptado de Lepsch (1991). * classe de capacidade de uso adaptada para áreas com Neossolo Quartzarênico.

Os dados referentes à declividade foram elaborados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), da imagem do Radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Farr *et al*., 2007), extraído do banco de imagens do *United States Geological Survey* (USGS, 2018), com resolução espacial de 30m e dados das cartas topográficas que recobrem a área de estudo (Boqueirão SF 21-X-C-V; Jardim SF 21-X-C-II; Maracajú SF 21-X-D-IV e Nioaque SF 21-X-C-III) elaboradas pelo Serviço Geográfico do Exército (SGD, 1973a,b,c; 1979). Os intervalos entre as classes de declividade foram definidos de acordo com os valores propostos pela Embrapa (1997), que representam satisfatoriamente as feições de relevo na área de estudo.

As classes de solos foram extraídas do banco de dados do Geoportal da Embrapa (2007), na escala de 1:100.000. O mapa foi reinterpretado com base nas informações coletadas em campo, imagens do satélite Sentinel 2A, MDE e análise de textura aferida em laboratório através do método da pipeta (Teixeira *et al*., 2017). Com esses dados, houve ajustes nos polígonos originais e o acréscimo de mais uma classe de solos, os Neossolos Quartzarênicos, que originalmente estavam mapeados como Cambissolos Háplicos.

As classes de uso da terra e cobertura vegetal foram obtidas através da classificação supervisionada de imagens do Sentinel 2A (21KWS; 21KXR e 21KXS),

sensor MSI (*multi-spectral instrument*), que apresentou melhor resolução espacial e temporal para área de estudo. Foram utilizadas as bandas 2B, 3G e 4R para realizar a combinação de bandas para gerar imagem em coloração real, com data de 29/04/2018, extraídas do banco de dados da *United States Geological Survey* (USGS, 2018).

O processamento digital das imagens foi realizado no *software* ENVI 5.0 (Exelis, 2013). Primeiramente, as cenas foram mosaicadas e recortadas, de forma a cobrir toda a área da BHSA, depois as classes de usos foram definidas e, por fim, foram coletados os pixels em diferentes regiões das imagens, constituindo o arquivo de amostras dos diferentes usos da terra na BHSA. Para a classificação, utilizou-se o algoritmo *Maximum Likelihood Classification*, que apresentou melhores resultados. Para identificar as fitofisionomias de vegetação, usou-se as informações do projeto GeoMS (Silva *et al*., 2011), cuja base de dados cobre todo o estado de Mato Grosso do Sul, na escala de 1:100.000.

Em seguida, realizou-se a reclassificação e sobreposição ponderada dos dados em formato *raster* no *software* ArcGIS (Esri, 2013), para os fatores declividade e solo, onde as classes de capacidade de uso da terra foram espacializadas, conforme exposto anteriormente no quadro 1. A classe especial dos Neossolos Quartzarênicos foi definida posteriormente, de acordo com a abrangência, visto que, na classificação inicial, esse solo se enquadraria nas classes II e IV de uso.

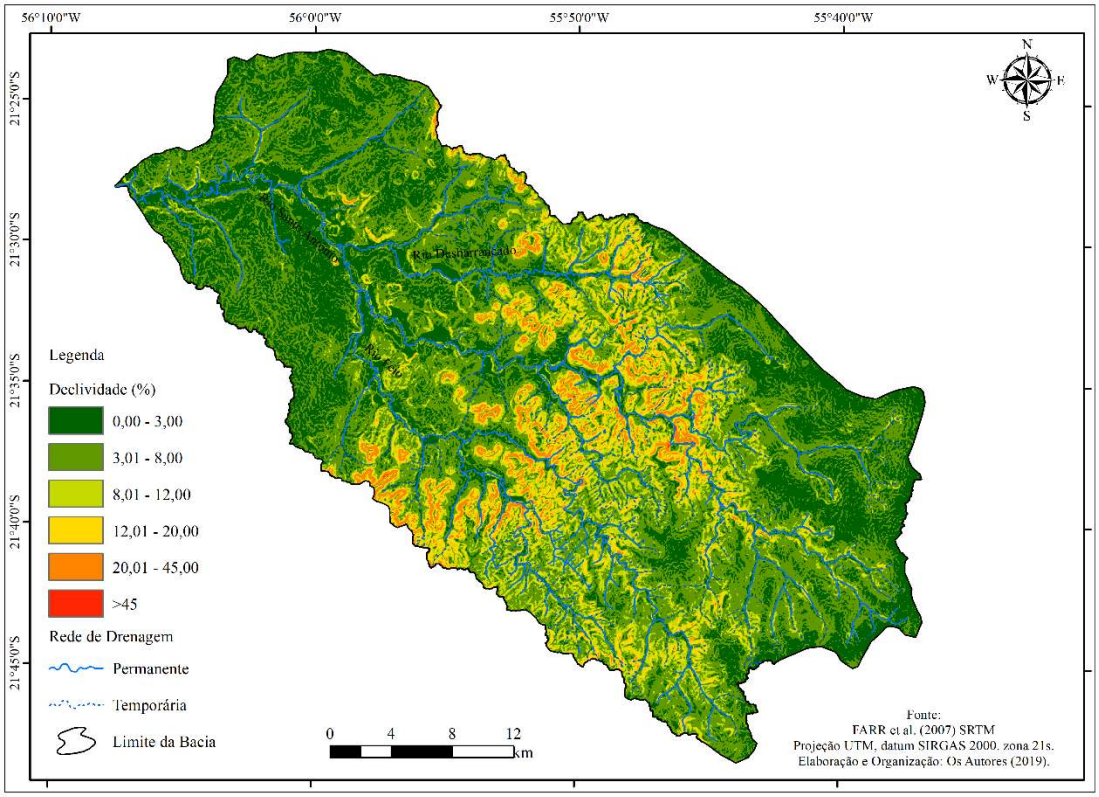
Isso foi definido em trabalho de campo, realizado antes da geração dos produtos cartográficos, para a coleta de dados e registros fotográficos de diferentes pontos espalhados pela bacia, e depois para a validação do modelo de capacidade de uso da terra. Ao observar as áreas com Neossolos Quartzarênicos, percebeu-se que essas áreas deveriam ser classificadas como uso especial, visto que já apresentam estágios avançados de degradação, tornando inviável seu uso para a criação de animais e cultivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHSA apresenta pontos de elevação superior a 670m de altitude, localizados nos topos de morros que apresentam rampas de declive íngremes, associadas ao relevo acidentado, localizado no médio curso. Já em direção à foz, a altitude varia de 260m a 240m com relevo mais suave ondulado e com rampas mais longas. Nesse

contexto, a classe de declividade entre 0% e 8% predominam nessa bacia, o que pode ser visto na figura 3.

Figura 3. Mapa de declividade da BHSA.



Fonte: FARR et al. (2007).

O relevo é caracterizado por colinas com topo suave, localizadas no baixo e alto curso da bacia, ou em áreas planas próximas aos fundos de vale, compreendendo as planícies de inundações. Já as áreas mais inclinadas (com declividade acima de 8%) estão localizadas no médio curso, posicionadas em vertentes de morros e morrotes, formando um conjunto de relevo mais acidentado. Também foram identificadas áreas mais declivosas nas bordas de terraço no baixo curso.

A faixa de declividade entre 3% e 8% é a classe que predomina na bacia, ocupando mais de 45% da área, seguida da classe com os intervalos de 0% a 3%, abrangendo 31,48%, conforme observado na tabela 1, o que demonstra que essa bacia possui extensas áreas com relevo plano, sendo passível de ocupação, desde que os limites de uso sejam respeitados.

As áreas com declividade acima de 12% apresentam dificuldades para o uso agrícola, devido ao grande risco de erosão dos solos, bem como a inviabilidade econômica com gastos em maquinário e correção de solos, representando menos de 8% da BHSA. Resultados semelhantes foram constatados por Yuan *et al*. (2019), que apontam os fatores topografia, clima, uso e cobertura como os principais fatores naturais para a erosão do solo, com atividades antrópicas potencializando esse fenômeno.

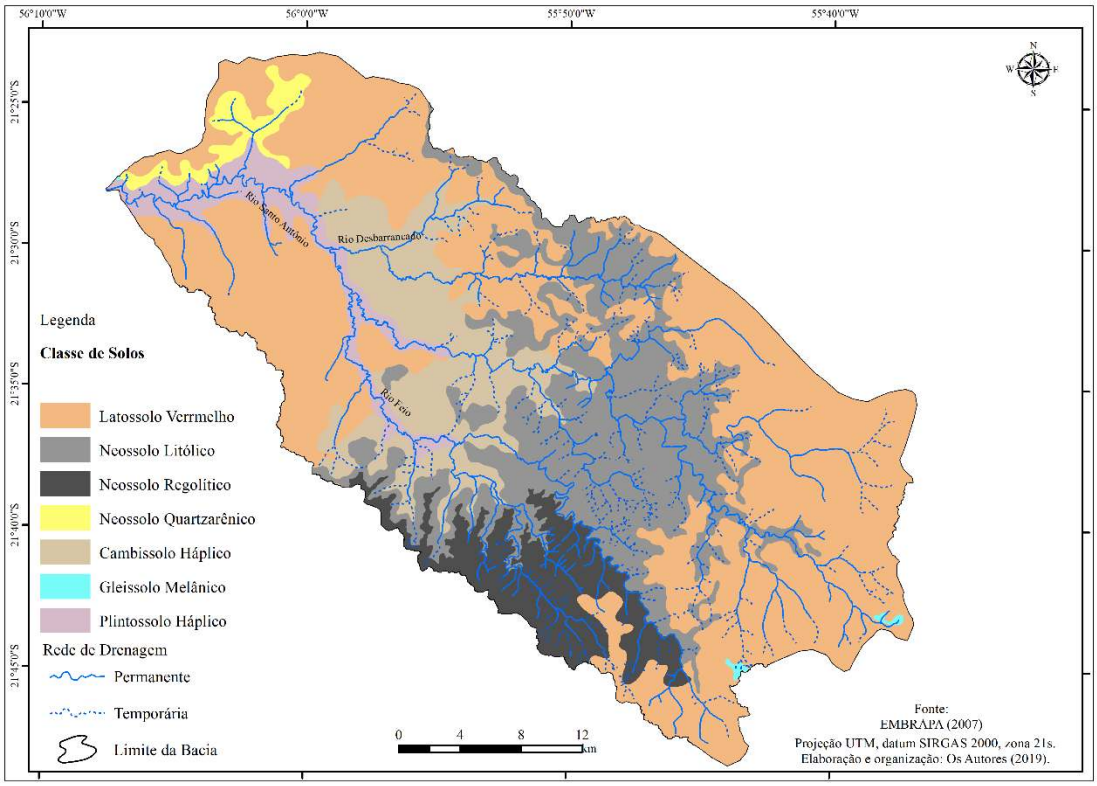
Tabela 1. Quantificação da declividade na BHSA.

Declividade (%)	Km²	Porcentagem (%)
0-3	378,38	31,48
3-8	551,60	45,89
8-12	148,74	12,37
12-20	90,97	7,56
20-45	32,05	2,66
>45	0,16	0,01
Total	1.202	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Sete classes de solos foram identificadas e mapeadas na BHSA (Figura 4). Observou-se que os solos apresentam características associadas ao tipo de relevo onde se localizam, com destaque para a predominância dos Latossolos, tanto no relevo mais plano, situado no alto curso da bacia, bem como em áreas de relevo mais acidentado, onde estão os Neossolos Regolíticos e Litólicos, estes predominam no médio curso da BHSA. Destaca-se, também, a presença de solos hidromórficos em boa parte das planícies de inundação do rio Santo Antônio e de seus afluentes, situados no baixo curso da BHSA.

Figura 4. Mapa de solos da BHSA.



Fonte: EMBRAPA (2007).

Os Latossolos Vermelhos ocupam a maior parte da BHSA, cobrindo aproximadamente 50% da área. Os Neossolos Regolíticos e Litólicos aparecem em seguida, ocupando áreas de 24% e 13%, respectivamente. Os Neossolos Quartzarênicos estão localizados em terraços do rio Santo Antônio, compondo 1,99% da área. Em áreas de transição entre um relevo com topografia mais inclinada e outro plano (terço/médio), se formam os Cambissolos Háplicos, que ocupam 5,18% de área.

Nas áreas de planície de inundação, estão os solos hidromórficos, Plintossolos Háplicos e Gleissolos Melânicos, ocupando 5,15% e 0,14%, respectivamente, conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2. Quantificação das classes de solo.

Classe de Solos	Km²	Porcentagem (%)
Latossolos Vermelhos	599,07	49,83
Neossolos Litólitos	292,04	24,29
Neossolos Regolíticos	160,80	13,37
Neossolos Quartzarênicos	24	1,99
Cambissolos Háplicos	62,34	5,18
Plintossolos Háplicos	62,01	5,15
Gleissolos Melânicos	1,74	0,14
Total	1.202	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os resultados de análise textural indicaram que a maior parte dos solos da BHSA apresentam textura predominantemente arenosa (Tabela 3), entre os quais se destacam os Neossolos Quartzarênicos, que, com cerca de 82% da sua textura composta por areia indicam uma alta fragilidade à erosão. Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha *et al*. (2016), ao analisarem a classe textural para a aplicação do modelo revisado de perda de solos RUSLE. Diversos pesquisadores que estudam solos recomendam a cautela quanto às atividades antrópicas neste tipo de solo, sendo o mais recomendado a manutenção da vegetação nativa (Lepsch, 2010; Bertoni; Lombardi Neto, 2012; Guerra; Mendonça, 2014).

Entre os solos hidromórficos mapeados na BHSA, há outra classe com textura arenosa elevada: os Plintossolos e Gleissolos. Geralmente, esses são solos mal drenados, com a ocorrência de água nos períodos de chuva do ano. Quando drenados, no caso dos Plintossolos, podem formar torrões de solo compactados, devido à redução do nível de água e a oxidação do mineral ferro, que compõe o solo (Queiroz, 2019). Nesses casos, é possível que ocorra a compactação do solo, dificultando a infiltração da água e causando um aumento do escoamento superficial, dando, então, origem aos processos erosivos mais danosos (Ab'saber, 2009).

A classe dos Latossolos Vermelhos apresentou o maior valor para argila, compondo 68% de sua textura, sendo classificado como argiloso. Esse tipo de solo apresenta boa estabilidade de seus agregados devido aos altos teores de argila e silte, o que evita a perda de material pelo escoamento superficial. Já os Cambissolos Háplicos e os Neossolos Litólicos foram os únicos a apresentar uma textura areno-argilosa, demonstrando um equilíbrio entre os teores, ainda que seja de alta fragilidade.

Resultados similares foram obtidos por Nicolau (2018) ao comparar a vulnerabilidade de um Cambissolo Háplico em relação a um Latossolo Vermelho, que apresentou maior coesão e estabilidade dos agregados. Os Neossolos e os Cambissolos da BHSA são classes de solos que ainda apresentam estágios de desenvolvimento, ou seja, não possuem seus horizontes e agregados completamente formados, estando mais sujeitos à degradação.

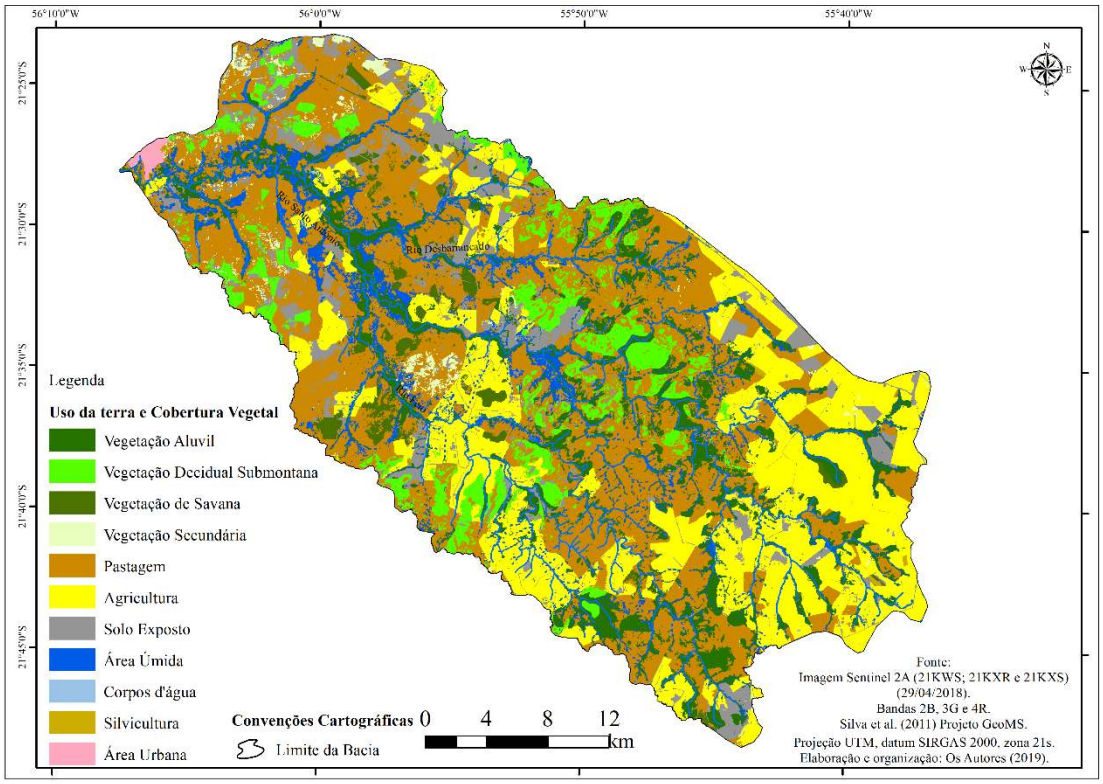
Tabela 3. Textura das classes de solo.

Classe de solo	Areia %	Silte %	Argila %	Textura
Latossolos Vermelhos	13	18	68	Argilosa
Neossolos Litólicos	32	24	43	Areno-Argilosa
Neossolos Regolíticos	61	26	11	Arenosa
Neossolos Quartzarênicos	82	9	7	Arenosa
Cambissolos Háplicos	35	21	41	Areno-Argilosa
Plintossolos Háplicos	64	18	17	Arenosa
Gleissolos Melânicos	75	10	14	Arenosa

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os tipos de uso da terra e cobertura vegetal da BHSA se dividem em 11 classes, sendo 4 para tipos de vegetação e 7 para tipos de uso da terra (Figura 5). Entre as classes de cobertura vegetal, a predominante é a de vegetação aluvial, que ocupa 13% da área. Esse tipo de vegetação abrange boa parte das reservas nas Áreas de Preservação Permanentes (APPs) próximas aos córregos e rios. Em segundo lugar, está a vegetação Decidual Submontana, que ocupa 6,82% da área. Este tipo de vegetação está situada em áreas do médio curso sobre os topos de morros. As áreas de vegetação de savana ocupam 1,94% da bacia, sendo encontradas de maneira fragmentada, e a vegetação secundária abrange 1,09% da bacia, composta por regeneração natural ou áreas de recuperação, que também se encontram dispersas pela bacia.

Figura 5. Mapa de Uso da terra e cobertura vegetal da BHSA.



Fonte: Imagem Sentinel 2A (2018); Silva *et al.* (2011).

Entre os tipos de uso, a pastagem é predominante em 37,70% da área total, sendo encontrada em todos os lugares da bacia (Tabela 4). A agricultura ocupa 24,70% do espaço e se concentra no alto e médio curso, juntamente com os solos expostos, em pousio, ou preparados para o plantio, que ocupam 8,48% da BHSA. As áreas úmidas e os corpos d'água estão localizados próximos aos mananciais, ocupando 8,48% e 0,04% de área, respectivamente. A silvicultura compreende apenas 0,08% da área, reflorestada por Eucalipto (*Eucalyptus)*. A classe de área urbana mapeada ocupa apenas 0,25% da extensão dessa bacia e é composta apenas pelo núcleo urbano de Guia Lopes da Laguna.

Tabela 4. Quantificação das Classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal.

Classe de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Km²	Porcentagem (%)
Vegetação Aluvial	168,13	13
Vegetação Decidual Submontana	82,08	6,82
Vegetação de Savana	23,36	1,94
Vegetação Secundária	13,17	1,09
Pastagem	453,16	37,70
Agricultura	297	24,70
Solo Exposto	102	8,48
Silvicultura	1,07	0,08
Área Úmida	58,5	4,86
Corpos D'água	0,52	0,04
Área Urbana	3,01	0,25
Total	1.202	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

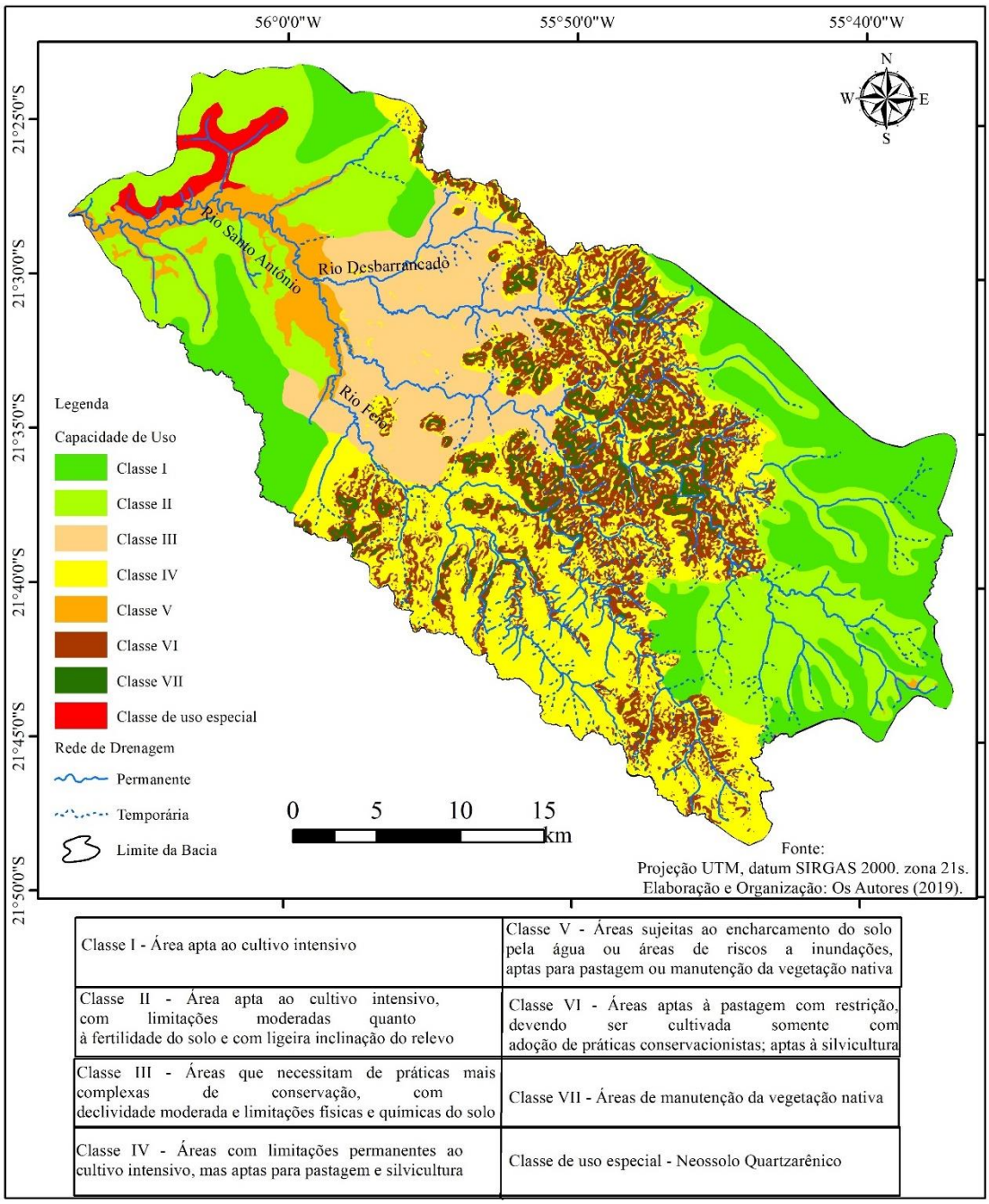
A partir da integração das variáveis de declividade e solos, a BHSA apresenta 8 classes de capacidade de uso da terra, conforme mostra a figura 6. A classe I, que ocupa 17,09% da área (Tabela 5), está localizada nas áreas mais planas da bacia, onde predominam os Latossolos Vermelhos Eutróficos, que permitem uso intensivo do solo, exceto na planície de inundação, que não deve ser ocupada por atividades intensivas nem pela criação de animais.

Tabela 5. Quantificação das classes de capacidade de uso da terra.

Classes de capacidade de uso	**Km²**	**Porcentagem (%)**
Classe I	205,38	17,09
Classe II	266,34	22,16
Classe III	154,52	12,86
Classe IV	308,22	25,64
Classe V	53,48	4,45
Classe VI	168,06	13,98
Classe VII	28,54	2,37
Classe de uso especial	17,46	1,45
Total	1.202	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 6. Mapa de Capacidade de Uso da Terra na BHSA.



Classe I - Área apta ao cultivo intensivo	Classe V - Áreas sujeitas ao encharcamento do solo pela água ou áreas de riscos a inundações, aptas para pastagem ou manutenção da vegetação nativa
Classe II - Área apta ao cultivo intensivo, com limitações moderadas quanto à fertilidade do solo e com ligeira inclinação do relevo	Classe VI - Áreas aptas à pastagem com restrição, devendo ser cultivada somente com adoção de práticas conservacionistas; aptas à silvicultura
Classe III - Áreas que necessitam de práticas mais complexas de conservação, com declividade moderada e limitações físicas e químicas do solo	Classe VII - Áreas de manutenção da vegetação nativa
Classe IV - Áreas com limitações permanentes ao cultivo intensivo, mas aptas para pastagem e silvicultura	Classe de uso especial - Neossolo Quartzarênico

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

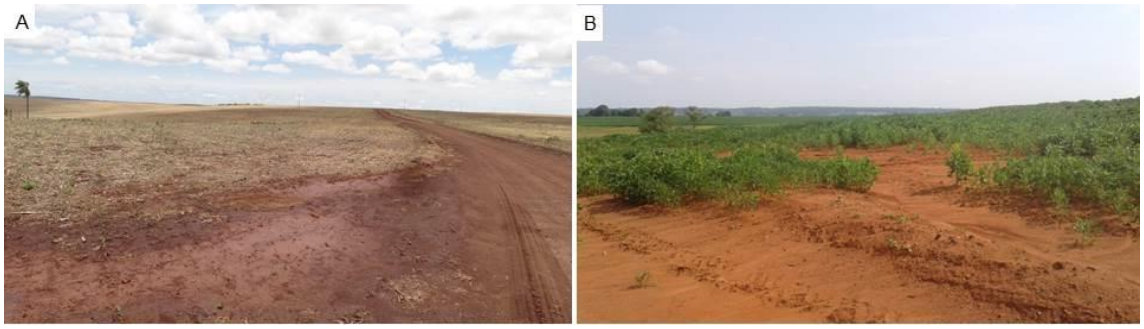
Já a classe II ocupa 22,16% da área, em locais com relevo plano e suave, onde se encontra os Latossolos Vermelhos Distróficos, utilizados, sobretudo, para pastagem intensiva, destinada para a criação de bovinos. No trabalho de campo, foi possível observar que as características físicas relacionadas ao relevo e solo influenciam diretamente o uso da terra na BHSA. A figura 7A mostra uma área localizada no alto

curso usada para a agricultura, cuja declividade baixa e solo fértil e bem desenvolvido favorecem o uso intensivo do espaço.

No entanto, existem áreas que devem ser usadas com cautela, como mostra a figura 7B, cuja área representa a classe II. Nesta classe, devem ser tomadas medidas para prevenção da erosão, pois o seu relevo já apresenta uma ligeira inclinação, o que torna o solo mais suscetível a isso. Ressalta-se, por exemplo, o atual uso das técnicas de plantio direto, que ocorrem nas áreas agrícolas do alto curso da BHSA, pouco presentes no médio e baixo curso desta (Silva; De Maria, 2011).

Em estudo publicado por Abrão e Bacani (2018), entende-se que atividades agrícolas mal planejadas podem deixar o solo empobrecido, devido à perda de nutrientes e partículas pela erosão e compactação, o que, concomitantemente, modifica a estrutura do solo, obrigando os produtores a fazerem uso de ação mecânica e adubos químicos, e aumentando seus gastos para o plantio. Há, também, casos de áreas assim que são abandonadas e não recuperadas, aumentando, ainda mais, os danos aos solos (Jazouli *et al*., 2019).

Figura 7. Classes de capacidade de uso da terra. A) área utilizada para agricultura enquadrada na classe I de capacidade de uso da terra. B) área utilizada para agricultura enquadrada na classe II de capacidade de uso da terra. Nota-se o uso da técnica de plantio direto na figura A, e sua ausência na figura B.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A classe III, localizada no médio curso, ocupa 12,86% da área e seu relevo apresenta maior declividade, necessitando o uso de técnicas mais complexas de conservação do solo. Atualmente, a região vem sendo usada para a agricultura, como cultivo de soja e milho, bem como para a criação de bovinos em grandes quantidades.

Nessa classe, há a presença de relevo ondulado (declividade de 8% a 12%), onde ocorrem os Cambissolos Háplicos na BHSA (Figura 8A). São áreas que

necessitam de atenção ao serem usadas para a agricultura, com o uso de técnicas mais contundentes contra a erosão do solo. No entanto, conforme proposto por Asmamaw e Mohammed (2019), em áreas com essas características, deve-se haver o cuidado de menor utilização dos recursos naturais, sempre com cultivos mais longos, que ofereçam maior proteção ao solo, pois são áreas da BHSA que apresentam média fragilidade de perda de solo; considera-se o mais recomendado intercalar as lavouras com pastagens integradas aos sistemas agroflorestais.

A classe IV ocupa maior área, mais de 25%, demostrando que, de acordo com as características físicas dessa região, há maior aptidão para o uso de pastagens e criação de animais em larga escala. Essa é uma área com relevo forte ondulado (declividade acima de 12%), considerada inapta para uso agrícola intensivo. É possível que, em áreas assim, ocorram solos em desenvolvimento e dotados de alta pedregosidade (Figura 8B).

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva Neto (2012) na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, em Bodoquena (MS), onde a recomendação para a área foi de uso apenas para pastagem ou silvicultura. Já os resultados publicados por Jazouli *et al*. (2019) apontam uma série de benefícios ao recuperar ou manter essas áreas com cobertura vegetal nativa nos topos de morros, considerando a prevenção nos processos erosivos, perda de solos, abastecimento dos aquíferos, proteção dos mananciais e manutenção da biodiversidade.

Figura 8. Locais de forte declividade e pouca capacidade para uso agropecuário. A) área de classe III na capacidade de uso, sendo utilizada para agricultura. Nota-se a ausência de curva de nível em relevo ondulado. B) área de classe IV, utilizada para pastagem.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

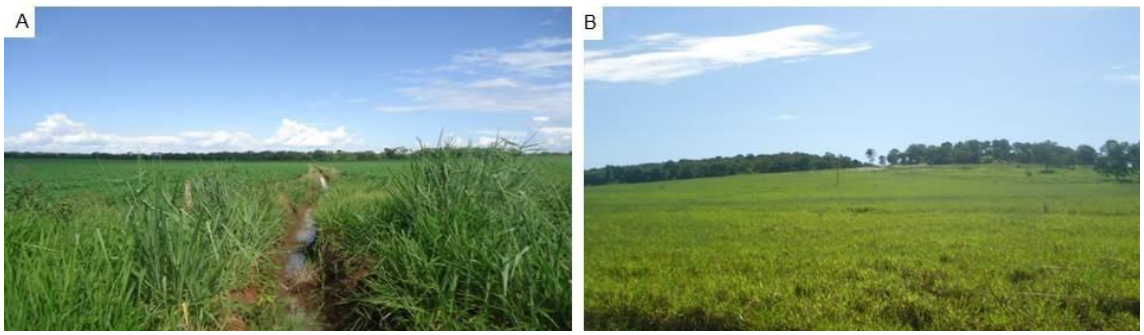
A classe V ocupa 4,45% da área localizada sobre a planície do rio Santo Antônio, onde estão os solos hidromórficos, Plintossolos e Gleissolos, com a presença

de pastagens nativas. Com relevo plano (0 a 3%), a classe V está situada em áreas de planícies dos cursos d'água (Figura 9A). Nestes locais, os solos sofrem com hidromorfismo e, em vista disso, permanecem encharcados de maneira permanente ou temporária, sendo, assim, seu uso para pastagem ou conservação da vegetação nativa o mais indicado.

Em estudo publicado por Abrão e Kuerten (2016), revelou-se que essas áreas estão localizadas em planícies de inundação, compreendendo a APP do rio Santo Antônio, que legalmente não deveriam ser suprimidas. No entanto, em trabalho de campo, verificou-se o uso de algumas destas áreas para agricultura intensiva, com o cultivo de soja. Estes solos, quando usados de maneira intensiva, correm o risco de ressecamento, o que, nos Plintossolos, pode causar a formação de Petroplintitas, acarretando o endurecimento do solo e diminuindo a produtividade das culturas.

A classe VI ocupa 13,98% da BHSA, e está localizada do médio até o alto curso, em relevo dominado por morros e morrotes. Ali predominam áreas com declividade maior que 20%, sendo recomendadas apenas para pastagem com o uso de terraços e curva de nível (Figura 9B). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva Neto (2012), que também recomendou a recuperação das pastagens degradadas com vegetação nativa ou silvicultura.

Figura 9. Locais com restrição ao uso agropecuário. A) área da classe V para capacidade de uso da terra, sendo utilizada de maneira inadequada, segundo as recomendações de uso. B) área da classe VI utilizada para pastagem.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A classe VII, presente em 2,37% da área total, situada na área central da bacia, apresenta declividade maior que 20%, é local em que existem alguns remanescentes de vegetação nativa ou pastagem. Para esta classe, recomenda-se apenas a manutenção da cobertura vegetal, localizada nos topos de morro, com declividade

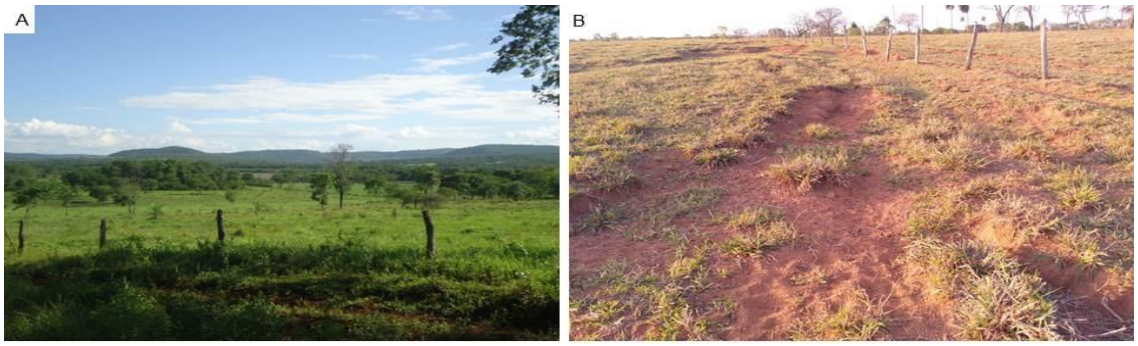
superior a 45%. Estes são locais impróprios para qualquer tipo de uso, sendo, ali, fundamental a manutenção da biodiversidade (Figura 10A). Sugere-se, também, a formação de corredores ecológicos para interligar estas áreas aos demais fragmentos de vegetação, a fim de facilitar a circulação dos animais silvestres (Teka *et al*., 2020).

Conforme proposto no ZEE-MS (Mato Grosso do Sul, 2015), a BHSA encontra-se apta para uso agropecuário, contanto que suas características físicas sejam cuidadosamente observadas, sobretudo no que diz respeito aos solos, em especial às classes dos Neossolos Regolíticos, Litólicos e Cambisolos, que possuem relevo acidentado localizado no médio curso com a presença de morros e colinas, e os Plintossolos e Gleissolos situados nas planícies.

A classe de uso especial compreende apenas os Neossolos Quartzarênicos, presentes em 1,45% da área. Esta classe está presente em uma pequena faixa da planície e do terraço fluvial no baixo curso, e sua maior parte é destinada para o cultivo de pastagem destinada a criação de bovinos em menor escala, em pequenas propriedades rurais. A textura deste solo foi classificada como muito arenosa, com granulometria composta por até 80% de areia.

Segundo Souza e Lobato (2009), estes são solos com baixa aptidão agrícola e de fácil degradação, devido à baixa fertilidade e pouca presença de matéria orgânica, o que quase inviabiliza seu uso econômico. Neste sentido, recomenda-se a manutenção da cobertura vegetal, principalmente daquelas próximas aos mananciais, e o reflorestamento de áreas já degradadas com pastagens, que podem ser utilizadas para a silvicultura (Lal, 2019). Na figura 10B, é possível observar uma área de Neossolo Quartzarênico ocupada pela pastagem já degradada, e com marcas de erosão causadas pelo pisoteio contínuo dos animais.

Figura 10. Locais com capacidade de uso especial. A) área de classe VII na capacidade de uso da terra. B) Pastagem degradada e marcas de erosão em área com Neossolo Quartzarênico.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Neste caso, sugere-se a recuperação da pastagem, com implantação de um sistema agroflorestal. Em trabalho publicado por Karlen *et al*. (2019), observa-se que os solos devem ser manejados com práticas sustentáveis, que garantam a sua manutenção e a preservação dos demais recursos naturais (água e vegetação), para total proteção do meio ambiente, devendo ser seguidas as orientações técnicas de manejo e capacidade que cada solo pode suportar. Para o Neossolo Quartzarênico, recomenda-se a conservação da cobertura vegetal, sem uso intensivo para qualquer tipo de agricultura e pastoreio intensivo, devido a este solo apresentar alta suscetibilidade à erosão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a aplicação do método de capacidade de uso da terra, foi possível identificar e avaliar áreas que apresentam boas condições para o uso agropecuário na área de estudo, sendo aquelas localizadas no alto e baixo curso da bacia, pois, ali estão solos mais estáveis e não suscetíveis à erosão severa, com relevo levemente ondulado. Recomenda-se o seu uso intensivo para agricultura, ainda que seguindo as práticas conservacionistas para proteção dos solos. Nas áreas da classe III em que é permitido o uso agrícola, por exemplo, deve-se evitar a degradação dos solos, utilizando conhecimento técnico para a melhor forma de uso destas áreas.

Outro problema identificado foi a ocupação por atividades agrícolas em planícies de inundação e APP, o que pode acarretar graves danos ambientais. Nestes locais, é indicado a manutenção das pastagens nativas, cultivos menos intensivos e a conservação da vegetação, estas sendo caracterizadas como APP, ou, podem ser

incluídas como áreas de reserva legal. Destaca-se, também, que boa parte da bacia é apta para pastagem, principalmente no médio curso, devido ao seu relevo mais acidentado, porém, deve-se manter a preservação de área com remanescentes florestais.

A metodologia aplicada na área de estudo se mostrou satisfatória ao permitir a integração dos dados físicos mais importantes para a elaboração do planejamento ambiental. Houve apenas a necessidade de adaptações quanto às características dos Neossolos Quartzarênicos, que foram agrupados em classe de uso especial, devido a sua alta fragilidade à erosão, e por estar mapeado em local de relevo plano. Os dados de satélite e radar apresentaram informações de grande relevância para a compreensão dos elementos da paisagem analisados neste trabalho, podem ser replicados em outras áreas para subsidiar outros trabalhos acadêmicos e gestores públicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Doutorado ao primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

REFERÊNCIAS

AB ' SABER, A. N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares) *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO - FILHO, H. de F. (Orgs.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2ª ed, 2ª reimpressão. São Paulo: Fapesp, 2009, p. 15-26.

ABRÃO, C. M. R.; BACANI, V. M. Diagnóstico de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, **v**. 38, n. 3, p. 619-645, 2018.

ABRÃO, C. M. R.; BEREZUK, A. G.; SOARES FILHO, A.; ASSIS JÚNIOR, G. A. de. Caracterização Físico-Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Santo Antônio. **Revista Entre Lugar**, vol. 12, n. 24, p. 98-125, 2021.

ABRÃO, C. M. R.; KUERTEN, S. Avaliação da Área de Preservação Permanente do rio Santo Antônio na colônia Santo Antônio em Guia Lopes da Laguna-MS: aplicação do novo código florestal. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 265-284, 2016.

ARAÚJO, H. J. de. *et al*. Geologia. *In*: BRASIL: **ministério de minas e energia secretária geral Projeto Radam Brasil**. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. p. 23-124.

ASMAMAW, L. B.; MOHAMMED, A. A. Identification of soil erosion hotpost áreas for sustainable land manangement in the Gerado catchment, North-eastern Ethiopia. **Remote Sensing aplications**: Society and Environment, v. 13, p. 306-317, 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 5ª ed., 2012. 355p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 153-192.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) – Pantanal**. Brasília: Diagnóstico do Meio Físico e Biótico, 1997. 1349p.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M.; PANACHUKI, E. Modeling soil erosion using RUSLE and GIS in a watershed occupied by rural settlement in the Brazilian Cerrado. **Natural Hazards**, v. 85, p. 851-868, 2016.

CUNHA., E. R. da. *et al.* Assessment of current and future land use/cover changes in soil erosion in the Rio da Prata basin (Brazil), **Science of The Total Environment**, v. 818, 151811, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151811.

DEMARCHI, J. C. **Geotecnologias aplicadas à estimativa de perdas de solo por erosão hídrica na sub-bacia do Ribeirão das Perobas, município de Santa Cruz do Rio Prado** - SP. 2012. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Botucatu, 2012.

EMBRAPA. **MAPOTECA**: levantamento pedológico dos municípios de Mato Grosso do Sul (2007). Disponível em: http://mapoteca.cnps.embrapa.br/. Acesso em: 20/06/2023.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 2° Ed. Rio de Janeiro, 1997.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS10.2** Copyright ESRI Inc. 2013.

EXELIS. **ENVI versão 5.1. Exelis Visual Information Solutions**, Boulder, CO 80301 USA, 2013.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Status of the World's Soil Resources**. Rome, 2015.

FARR, T.G. *et al.* The Shuttle Radar Topography Mission. **Review of Geophysics**, n. 45, p. 1-33, 2007. DOI: https://dx.doi.org/10.1029%2F2005RG000183.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 225-257.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Mapeamento das Unidades Territoriais (2015). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html. Acesso em: 12/08/2023.

JAZOULI, A. E.; AHMED, B.; RIDA, K.; RAIS, J.; BAGHDADI, M. E. Remote sensing and GIS techniques for prediction of land use land cover change effects on soil erosion in the high basin of the Oum Er Rbia River (Morocco). **Remote Sensing Applications: society and Environment**, v. 13, p. 361-374, 2019.

KARLEN, D. L.; VENUM, K. S.; SUDDUTH, K. A.; OBRYCKI, J. F.; NUNES, M. R. Soil health assement: past accomplishments, current activities, and future opportunities. **Soil & Tillage Research**, v. 195, 104365, 2019.

LACERDA FILHO, J. V. de. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2006.

LAL, R. Accelerated Soil erosion as a source of atmospheric CO2. **Soil & Tillage Research**, v. 188, p. 35-40, 2019.

LEPSCH, I. F. *et al.* **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

MATO GROSSO DO SUL. **Zoneamento ecológico econômico – Mato Grosso do Sul:** segunda aproximação. Governo do estado de Mato Grosso do Sul, 2015. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/zoneamento-ecologico-economico-de-ms-zee-ms/>. Acesso em: julho de 2018.

MEDEIROS, R. B. **Zoneamento ambiental para o sistema cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso.** 2020. 403f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020.

MIQUELONI, D. P.; BUENO, C. R. P.; FERRAUDO, A. S. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 47, n. 9, p. 1358-1367, 2012.

NICOLAU, D. de F. Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da bacia hidrográfica do rio do Peixe - GO. **Caminhos de Geografia**. v. 19, n. 66. p. 285-296, 2018.

QUEIROZ, P. S. **Levantamento das classes de solo e aptidão agrícola como norteadores para o uso da terra no projeto de assentamento Bom Sucesso II, Flores de Góias-GO**. 2019. 93f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil**: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995.

SEMADE. **Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação do Mato Grosso do Sul.** Página Inicial. 2017. Disponível em: http://www.semade.ms.gov.br/a-secretaria/. Acesso em: 09/07/2023.

SGD. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. 1973a. **Folha Vista Alegre SF**. 21-X-C-VI. Escala: 1: 100.000.

SGD. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. 1973b. **Folha Boqueirão SF**. 21-X-C-V. Escala: 1:100.000.

SGD. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. 1973c. **Folha Jardim SF**. 21-X-C-II. Escala: 1.100.000.

SGD. DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. 1979. **Folha Nioaque SF**. 21-X-C-III. Escala: 1:100.000.

SILVA NETO, J. C. A. da. Indicação para o uso da terra na bacia hidrográfica do rio Salobra – Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul. **Ra'e'ga**, v. 25, p. 279-304, 2012.

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M. POTT, V. J.; SANTOS, K, R. **Projeto GeoMS**: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011.

SILVA, R. L. e.; DE MARIA, I. C. de. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento da rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 15, n. 6, p.554-561, 2011.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Areia Quartzosa /Neossolo Quartzarênico**. 2009. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/. Acesso em: 10/07/2023.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G, K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3° ed. rev. Brasília: Embrapa, 2017.

TEKA, K. *et al.* Can integrated watershed management reduce soil erosion and improve livelihoods? A study from northern Ethiopia. **International Soil and Water Conservation Research**. v. 8, p. 266-276, 2020.

United States Geological Survey. Página Inicial (2018). Disponível em: < https://earthexplorer.usgs.gov/> Acessado em: 20/04/2016.

YUAN, X.; HAN, J.; SHAO, Y; LI, Y.; WANG, Y. Geodetection analysis of the driving forces and mechanisms of erosion in the hilly-gully region of northern Shaanxi Province. **Journal of Geographical Sciences,** v. 29, n. 5. p. 779-790, 2019.

ZARONI, M. J. **Zoneamento Agroecológico do município de Guia Lopes da Laguna – MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

Recebido em dezembro de 2023.

Revisão realizada em abril de 2024.

Aceito para publicação em maio de 2024.