

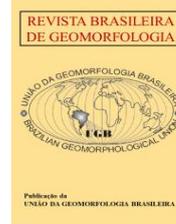


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, n° ESPECIAL (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i00.2349>



Artigo de Pesquisa

Abordagem morfopedológica aplicada à prevenção de voçorocas: Estudo de caso na bacia do Rio Itiquira - Alto Pantanal - Mato Grosso

Morphopedological approach applied to the prevention of gullies: A case study in the Itiquira River basin - Alto Pantanal - Mato Grosso

Joaquim Correa Ribeiro¹, Nely Tocantins² e Fernando Ximenes de Tavares Salomão³

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa Pós-Graduação em Geografia, Grupo de Pesquisas em Geografia Agrária e Conservação da Biodiversidade do Pantanal. Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: joaquim@unemat.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4708-6537>

² Universidade Federal de Mato Grosso, Grupo de Pesquisas em Geografia Agrária e Conservação da Biodiversidade do Pantanal. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: nelytocantins@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1894-1020>

³ Universidade Federal de Mato Grosso, Programa Pós-Graduação em Recursos Hídricos. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
E-mail: ximenes.salomao@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-6843>

Recebido: 29/12/2022; Aceito: 20/09/2023; Publicado: 02/12/2023

Resumo: Neste trabalho, abordagem morfopedológica e o roteiro metodológico voltados às classes de susceptibilidade à erosão linear foram retratados com vistas ao controle preventivo de voçorocas, demonstrados por resultados obtidos na bacia hidrográfica do rio Itiquira, que tem suas nascentes no planalto do Itiquira-Taquari, e verte para ampla depressão sedimentar e planície do Pantanal de Mato Grosso. Constitui-se em região representativa das mais sensíveis à erosão, dominada por pastagens e monoculturas de grãos, composta por rochas sedimentares e solos muito erodíveis, com elevada produção de sedimentos que vertem ao rio Paraguai em pleno Pantanal. Os procedimentos metodológicos envolveram técnicas de interpretação integrada dos fatores do meio físico e representações cartográficas, valendo-se de três níveis de tratamento utilizados: 1. Levantamentos, 2. Diagnósticos e 3. Mapeamentos. Os resultados foram expressos em produtos cartograficamente representados, com a identificação de quatro compartimentos morfopedológicos que serviram de base para indicação dos processos erosivos e determinação de áreas com diferentes susceptibilidades a processos erosivos lineares, subsidiando ações preventivas e consequentes potencialidades e restrições ao uso da terra.

Palavras-chave: Morfopedologia; Susceptibilidade Erosiva; Erosão de ravinas e Voçoroca; Planalto Itiquira-Taquari.

Abstract: In this work, the morphopedological approach and the methodological script focused on the classes of susceptibility to linear erosion were portrayed with a view to the preventive control of gullies, demonstrated by results obtained in the hydrographic basin of the Itiquira river, which has its sources in the Itiquira-Taquari plateau, and flows into a wide sedimentary depression and plain of the Pantanal of Mato Grosso. It constitutes a representative region of the most sensitive to erosion, dominated by pastures and grain monocultures, composed of sedimentary rocks and very erodible soils, with a high production of sediments that flow into the Paraguay River in the middle of the Pantanal. The methodological procedures involved techniques of integrated interpretation of the factors of the physical environment and cartographic representations, using three levels of treatment used: 1. Surveys, 2. Diagnoses and 3. Mappings. The results were expressed in cartographically represented products, with the identification of four morphopedological compartments

that served as a basis for indicating erosion processes and determining areas with different susceptibility to linear erosion processes, supporting preventive actions and consequent potentialities and restrictions on land use.

Keywords: Morphopedology; Erosive Susceptibility; Ravine and Gully Erosion; Itiquira-Taquari Plateau.

1. Introdução

Na região Centro-Oeste do Brasil, a utilização dos recursos naturais no Estado de Mato Grosso, especialmente do solo e da água, tem alcançado níveis críticos. Isso ocorre devido à retirada da cobertura vegetal e construção inadequada de estradas, causando especialmente problemas de erosão, assoreamento e impactos nos recursos hídricos, influenciando na redução do potencial hídrico (FAVIS-MORTLOCK; GUERRA, 1999; WANTZEN; MOL, 2013; SOUZA et al., 2020).

O processo de ocupação do estado nos últimos 30 anos, sem o devido planejamento, teve como efeito um crescimento econômico não ordenado. A ausência de uma política de conservação do meio ambiente e de uma política agrícola estadual é apontada como causadora de sérias distorções, tais como o assoreamento de rios, a exploração inadequada do potencial pesqueiro e florestal, o desrespeito às reservas ecológicas e indígenas, os conflitos fundiários, dentre outros (RIBEIRO, 2001).

A região Centro-Oeste tem-se transformado, desde a década de 1970, num cenário de monoculturas, em detrimento das paisagens diversificadas existentes, colocando áreas do Bioma Cerrado em perigo de rápido desaparecimento (RIBEIRO, 2001). E por tratar-se de um sistema complexo, as alterações antrópicas que alteraram a geomorfologia nas últimas décadas, levaram a uma rápida resposta fluvial, causando grande perturbação ambiental no referido Bioma (MARANHÃO et al., 2017).

Nesse contexto, uma área representativa desse processo é a bacia hidrográfica do rio Itiquira, onde as atividades humanas que são desenvolvidas necessitam ser repensadas e adequadamente planejadas, devido à importância da região no contexto hidrológico, agrícola, turístico e pela fragilidade ambiental de importantes ecossistemas regionais. Como consequência da ocupação ocorrida na região, constatado pelo trabalho de Oka-Fiori, Fiori e Hasui (2003), sobre levantamentos de perda de solo, envolvendo os anos de 1966, 1985 e 1996, pode ser verificado um rápido processo de ocupação antrópica que em 30 anos provocou um acelerado processo de erosão.

As principais nascentes da bacia do rio Itiquira situam-se próximas ao perímetro urbano da cidade de Alto Garças-MT, encontrando-se delimitadas pela BR-364, no planalto Taquari-Itiquira, com cotas altimétricas que variam entre 900 e 980m, desenvolvendo-se de Leste para Oeste na direção do Pantanal (CARVALHO; GUILON; TRINDADE, 2000). O rio Itiquira muda sua direção em torno de 90 graus vertendo de Sul para Norte, onde escavou um profundo e estreito cânion, em seu trecho próximo à área escarpada, ao atravessar as áreas inclinadas e íngremes da Serra de São Jerônimo, gerando inúmeras corredeiras. Após atravessar a região escarpada de diferentes relevos, o rio Itiquira drena a planície do Pantanal, onde desenvolve leitos com meandros interligados e abandonados, até alcançar o rio Correntes ou Piquiri. Em função dessa característica, tornou-se atrativo o aproveitamento hidrelétrico, sendo construída a Usina Hidrelétrica Itiquira, que se encontra em operação com capacidade de gerar 156.000 kWh de energia, com um reservatório de água cuja área abrange cerca de 215 hectares, para atender à demanda energética regional (CARVALHO; GUILON; TRINDADE, 2000).

Atualmente, o aproveitamento hidrelétrico encontra-se ativado, com a geração de energia comprometida, devido à alta concentração de sedimentos que se acumulam em seu reservatório, causada pelos processos erosivos e de assoreamento, que ocorrem a montante. Futuramente, em consequência da intensificação destes processos, a hidrelétrica poderá ter sua vida útil antecipada (CARVALHO; GUILON; TRINDADE, 2000).

Tendo em vista que a abordagem morfopedológica pode ser aplicada para fins de identificar áreas mais suscetíveis à erosão (LOHMANN; SANTOS, 2005; FARIA et al., 2013; NEVES et al., 2015; SILVA; MENDES, 2022), o principal objetivo deste trabalho foi a aplicação da abordagem morfopedológica e respectivo roteiro metodológico do desenvolvimento da pesquisa voltados à determinação e interpretação das classes de susceptibilidade à erosão linear por ravinas e voçorocas à bacia hidrográfica do rio Itiquira em Mato Grosso. A intensidade da degradação não é homogeneamente distribuída na referida bacia, uma vez que possui um padrão espacial de ocupação antiga, conforme seu histórico de ocupação de terras. Com os estudos comparativos

temporais de retirada da vegetação, tornou-se possível visualizar para qual das compartimentações morfopedológicas a ocupação foi se dirigido (RIBEIRO, 2014).

2. Materiais e Métodos

A bacia hidrográfica do rio Itiquira se localiza no sudeste mato-grossense, apresentando uma área de 10.901,37 km² e com seu fluxo se desenvolvendo no sentido leste-oeste. Compreende parte dos municípios de Alto Garças, Alto Araguaia, Santo Antônio de Leverger e, com maior parte da drenagem, na área do município de Itiquira, estado de Mato Grosso (Figura 1).

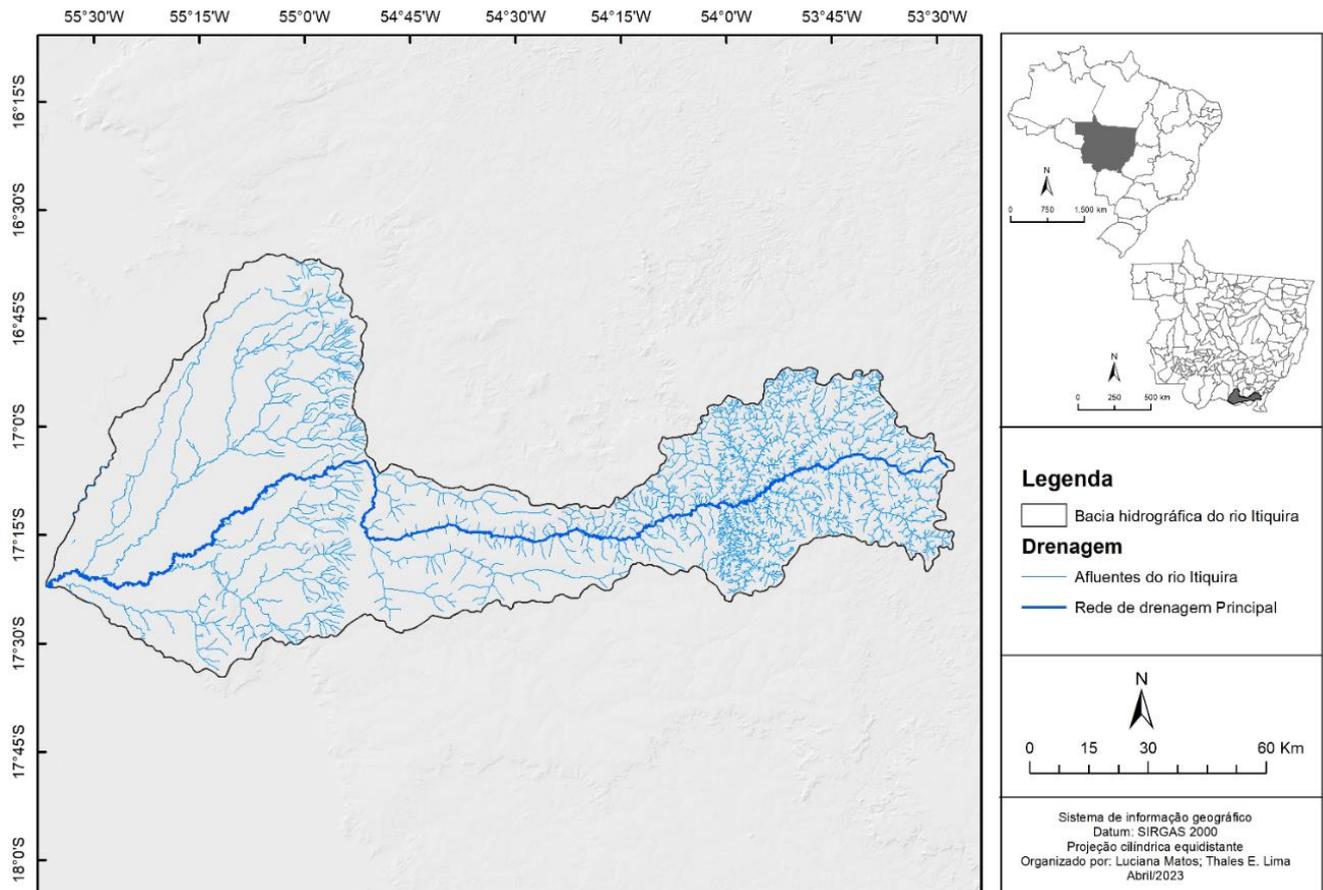


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.1 Características Gerais do Meio Físico

Com base em IPEM (2005), no relatório de pesquisa voltado a programa de controle de erosão e assoreamento, dados do meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio Itiquira, conforme figura 2, foram compilados da SEPLAN (2000) e complementados por levantamentos em campo, sendo, a seguir, resumidamente apresentados.

A região compreendida pela bacia do rio Itiquira encontra-se inserida em termos geológicos regionais na Sinéclise do Paraná, entre a porção aflorante da antifossa do Alto Paraguai e o maciço Goiano, limitada a oeste pelos sedimentos recentes do Pantanal Mato-grossense.

A oeste, ao longo da vertente ocidental da Serra de São Jerônimo, região de contato entre os sedimentos das bacias do Paraná e do Pantanal, afloram rochas meta-sedimentares do Grupo Cuiabá, dominado por filitos, micaxistos, metasiltitos, metarenitos e quartzitos.

No âmbito da bacia contribuinte do rio Itiquira ocorrem predominantemente sedimentos fanerozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná, representados pelas formações Furnas, Palermo, Irati, Botucatu, Serra Geral e Marília, além de Cobertura Paleogênica e Sedimentos Aluviais do Grupo Paraguai no Pantanal Mato-grossense.

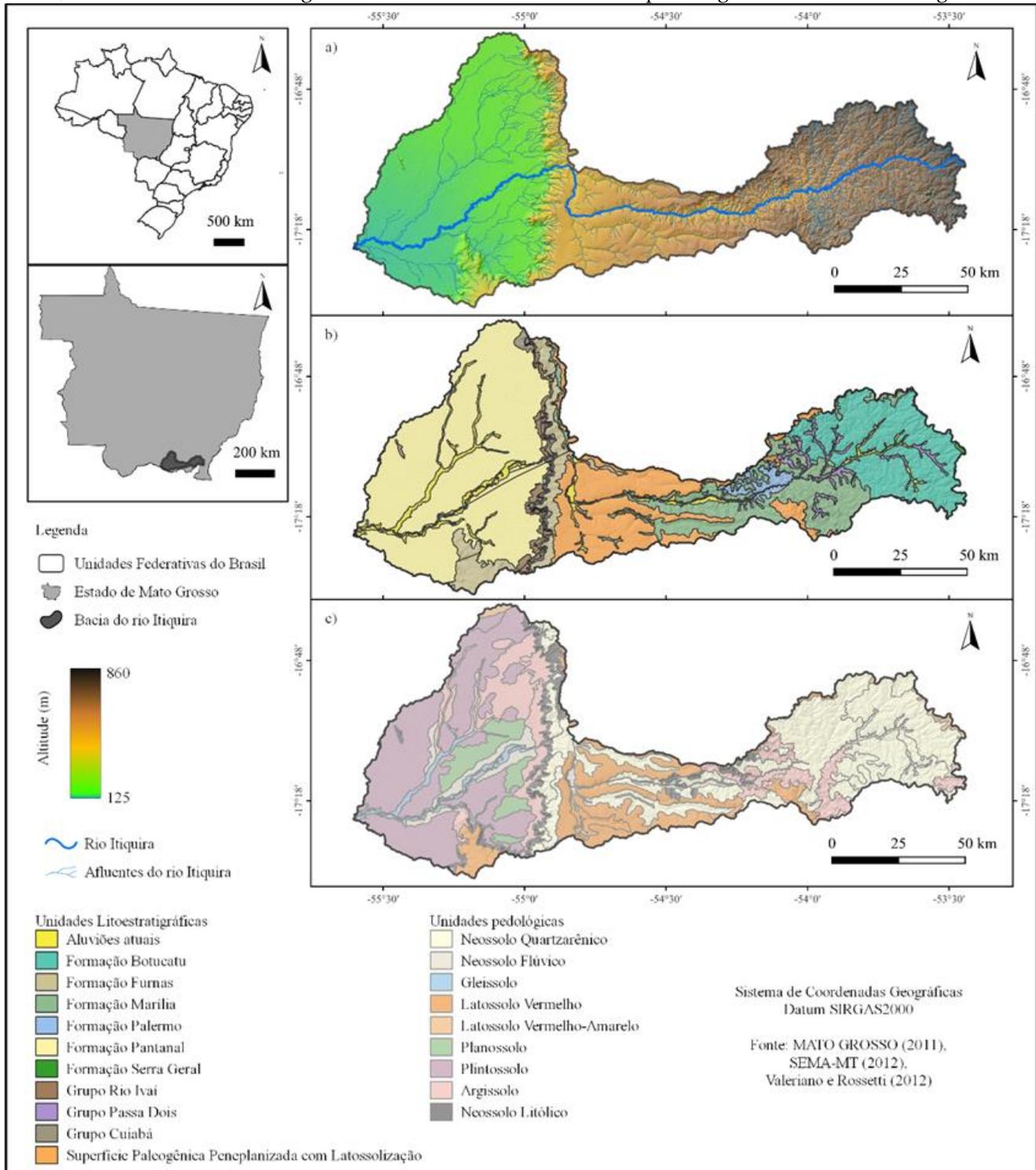


Figura 02. Mapas base dos aspectos físicos da bacia. a) hipsimetria; b) unidades litológicas; e c) unidades pedológicas.

Em relação à compartimentação geomorfológica, a região compreendida pela bacia do rio Itiquira apresenta importantes sistemas resultantes de processos denudacionais e agradacionais. Dentre os sistemas denudacionais destacam-se Sistema de Superfície Aplanada, Sistema de Aplanamento Blocos Falhados, Sistema Denudacional em Colinas e Morros, e Sistema Denudacional Fluvial em Planície Aluvial.

A região está situada em grande parte no Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná, conforme apresentado pelo Projeto RADAMBRASIL, (1982), com a denominação de Planalto Taquarí-Itiquira. O conjunto constitui um compartimento elevado que abrange cotas que vão de 480 m na porção oeste até 860 m no setor leste, sendo esculpido principalmente em sedimentos Paleozóicos das formações Furnas e Palermo, assim como em arenitos juro-cretáceos da Formação Botucatu.

Quanto às classes pedológicas predominam Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo, Cambissolo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico, Gleissolo e Neossolo Flúvico. Esses solos tem boa relação com o substrato geológico e conformação topográfica, permitindo destacar as seguintes associações: Latossolos associados a relevos suavizados de Chapadas e Colinas em litologias areno-argilosas e argilosas das formações Furnas, Palermo, Serra Geral e Cobertura Paleogênica; Argissolos associados a relevos de Colinas e Morrotes e com arenitos calcíferos da Formação Marília; Neossolos Quartzarênicos associados a sedimentos essencialmente arenosos da Formação Botucatu; Neossolos Litólicos e Cambissolos associados a Morros e Escarpas em áreas de afloramentos rochosos do Grupo Cuiabá e Formação Furnas; Gleissolos e Neossolos Flúvicos associados a Planícies do rio Itiquira e Coberturas Paleogênicas e Sedimentos Aluviais do Grupo Paraguai.

2.2 Roteiro Metodológico

Para atingir as proposições deste trabalho, fez-se necessário optar por um roteiro de metas propostas e adaptadas de Ab'Saber (1969), Castro e Salomão (2000) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007), as quais foram divididas em 3 (três) níveis de atividades e principais produtos, levando-se em conta as particularidades de todos os fenômenos analisados e adequados aos níveis de tratamentos e modificações para a realidade da área de estudo.

No primeiro nível do roteiro metodológico, fase de levantamento, os procedimentos constaram de estudos analíticos, temáticos e integrados dos fenômenos físico-geográficos, campanha de reconhecimento em campo, bem como coletas de dados e geração da informação, como a identificação de pesquisas e estudos recentes, especialmente os de caracterização física da área de estudo (geologia, geomorfologia, solo, vegetação e hidrografia), que deram suporte nesta primeira fase.

Dentre os trabalhos consultados destacam-se os relatórios do Projeto RADAMBRASIL, folha SE-21 - Corumbá e SE-22 - Goiânia, ambas na escala 1:1.000.000 (BRASIL, 1982); do PCBAP (1997) - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, com dados socioeconômicos e ambientais; do Instituto de Pesquisa Mato-grossense (IPEM, 2005), Programa de Controle de Erosão e Assoreamento para o Alto da Bacia hidrográfica do rio Itiquira; da Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso SEPLAN (MATO GROSSO, 2011), Projeto Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do estado de Mato Grosso; da SEMA Secretaria Estadual de Meio Ambiente-MT (MATO GROSSO, 2012); as cartas topográficas digitais na escala de 1:250.000 em formato DGN, folha Rondonópolis SE-21-X-B; Folha Guiratinga SE-22-V-A, Folha Itiquira SE-21-X-D e Folha Mineiros SE-22-V-C, disponíveis em <http://www.sema.mt.gov.br>. Nesta fase da pesquisa foram implementadas as atividades de reconhecimento geral, com a elaboração da base cartográfica na escala 1:250.000, iniciando-se a preparação dos mapas temáticos preliminares de Geologia, Geomorfologia, Formações Vegetais/Uso e Ocupação da terra e de Pedologia. Tendo-se como referência as cartas do Projeto Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso (ZEE) e, com o apoio da produção das fotografias de recobrimento aéreo, imagens orbitais do sensor TM do satélite LANDSAT-5, dos satélites SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*), CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) e ResourceSat-1 em diferentes períodos e de cartas topográficas do IBGE/DSG 1:100.000. Estes materiais foram interpretados na forma de um mapa base intermediário, com vistas ao estudo dos processos erosivos, principalmente de ravinas e voçorocas.

O mapa geológico foi interpretado de maneira a distinguir as diferentes litologias, agrupadas em função do seu comportamento em relação aos fenômenos de ravinamento e voçorocamento. O mapa geomorfológico, por sua vez, foi interpretado de modo a distinguir áreas indicativas de cabeceiras de drenagens e áreas homogêneas quanto aos sistemas/formas de relevo e feições geomorfológicas. Já o mapa de solos foi avaliado de maneira a agrupar solos com características comuns em relação à profundidade, textura, gradiente textural e organização estrutural, obtendo-se, desta forma, como produto de síntese, o mapa morfopedológico na escala de 1:250.000 da bacia do rio Itiquira. Foi realizado um sobrevoo fotográfico sequencial sobre o leito do rio Itiquira, contemplando todo o seu alto curso. Deste modo, obteve-se uma produção de fotografias aéreas digitais e convencionais, que, segundo Disperati (1991), é de fundamental importância para extrair informações de grande riqueza de detalhes,

comparáveis aos sensores de alta resolução espacial destinados ao imageamento da superfície terrestre, aplicáveis ao planejamento e conservação.

Essas fotos foram utilizadas como base de apoio na identificação e registro das alterações ambientais do meio físico, tais como erosão e assoreamento, além de auxiliar na validação das imagens de satélite e na elaboração da base cartográfica e mapeamentos previstos, bem como na elaboração do mapa morfopedológico.

No segundo nível, fases de diagnóstico foram realizadas as delimitações das áreas com características comuns do meio físico, quanto ao substrato geológico, relevo, solo, relacionando-as com os processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas). Essas atividades tiveram por base a análise integrada dos dados disponíveis dos mapas temáticos na escala 1:250.000 dos componentes da paisagem: geologia, geomorfologia, solos, hidrografia e de uso da terra, complementados por interpretação de imagens de satélite, de recobrimento de fotos aéreas e reconhecimento de campo, tendo por base a análise integrada dos dados disponíveis dos mapas temáticos na escala 1:250.000. Ainda nesse segundo nível de tratamento, foi realizada a caracterização dos sistemas pedológicos, processos erosivos e das potencialidades e limitações ao uso da terra.

No terceiro nível, realizou-se a identificação e sistematização funcional, quanto às classes de susceptibilidades dos compartimentos morfopedológicos, além da interpretação e recomendação de uso mais racional da área da bacia hidrográfica, bem como a elaboração do mapa morfopedológico.

2.3 Classificação e Cartografia dos Compartimentos Morfopedológicos

As informações resultantes dos dados levantados foram consideradas sob uma visão holística dos condicionantes referentes ao relevo, substrato geológico, solos e vegetação, utilizando-se sistematização de procedimentos analógicos e digitais, com o apoio da produção de recobrimento fotográfico e imagens dos Satélites SPOT 2008 e ResourceSat-1 de 2012, que foram processadas e tratadas em estrutura matricial com software MicroStation-7, exportadas para o software de SIG (Sistema de Informações Geográficas) QGIS versão 3.10 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021) e finalizadas na escala 1:250.000.

Feito isto, efetuou-se uma interpretação individualizada, aplicando-se critérios que permitiram, com segurança, obter a definição das legendas para elaboração final do mapa morfopedológico, apoiada nos produtos de sensoriamento remoto e de checagem a campo, privilegiando a inter-relação entre o substrato geológico, o relevo e os solos, considerando a espacialização nos compartimentos morfopedológico (FARIA et al., 2013).

Ainda na sequência, seguindo a mesma ordem para inserção de novos elementos, recebeu denominações e sua descrição, de acordo com suas associações ao sistema em cada compartimento morfopedológico e forma de ocorrências, privilegiando, com isso, o fato de a área de estudo estar localizada em domínios de relevo susceptível à erosão, que a torna favorável à utilização de técnicas como de sensoriamento remoto, com recobrimento aerofotogramétrico. A partir da definição das legendas, teve início a elaboração final do mapa morfopedológico, com o uso do software QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021) e produtos de sensoriamento remoto. Utilizou-se para tal o Modelo Digital de Elevação (MDE) TOPODATA (VALERIANO; ROSSETTI, 2012) em conjunto com dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), e imagem de satélite ResourceSat-1 do ano de 2012, relevo sombreado, declividade do terreno e por meio de classificação digital orientada a objetos. Esse método teve adaptação da metodologia desenvolvida por Pimenta et al. (2014) na elaboração de mapeamento geomorfológico através do processo de modelagem que, segundo os autores, apesar de trabalhoso, depois de conhecido, amplia a capacidade de geração de mapeamentos correlatos, constituindo-se em uma opção de alta potencialidade.

Desse modo, utilizando-se procedimentos semelhantes à metodologia aplicada pelos autores supracitados, à classificação digital foi orientada e conduzida por meio da segmentação, hierarquização de classes e chaves de interpretação, com informação contida nos mapeamentos temáticos e da identificação de campo.

O tratamento se deu por meio do processamento no Software QGIS versão (3.10) por classificação supervisionada, com algoritmo de categoria K-NN (*k-nearest neighbors*) com pares de entradas e saídas na forma de vetores. Para cada saída foi atribuído um rótulo com o valor das classes e, com as legendas previamente estabelecidas, sendo então geradas delimitações do mapa dos compartimentos morfopedológicos. Porém, alguns compartimentos como os vales amplos, vales estruturais, vales encaixados e vales aluviais foram vetorizados por tratamento e interpretação visual.

2.4 Indicadores de Erosões

As atividades desenvolvidas no primeiro nível de abordagem permitiram destacar, dentre outros fatores, a existência de diferentes sistemas pedológicos, cujos elementos fundamentais de distinção são as coberturas pedológicas, designadas por Salomão (1994) como as diferenciações lateral e vertical que se repetem sistematicamente na paisagem, sendo constituídas de horizontes com determinada distribuição espacial na vertente. Apresentam comportamentos hídricos específicos, constituindo sequências com evidentes significados genéticos, permitindo caracterizar interflúvios elementares de mesma família, de acordo com o estado de evolução, sendo possível cartografá-los de maneira sistemática (SALOMÃO, 1994).

Levantamentos de campo conduziram ao reconhecimento desses sistemas pedológicos, bem como à interpretação do funcionamento hídrico e de critérios para a delimitação mais segura dos compartimentos morfopedológicos. Esta atividade realizou-se tendo como referência percursos ao longo das estradas existentes e mapeamento com auxílio das cartas temáticas anteriormente confeccionadas de uso e ocupação do solo, do substrato geológico, relevo, solos, de imagens de satélite e fotos aéreas. Sondagens a trado e descrição de perfis de solo em taludes de estradas foram realizadas, privilegiando-se posições de vertentes selecionadas. Isso permitiu a identificação das variações laterais dos horizontes e tipos pedológicos. Observações de características morfológicas dos horizontes, tais como textura, estrutura, porosidade, níveis de concreções e couraças ferruginosas, assim como evidências de gleização, mostraram-se fundamentais na ponderação do funcionamento hídrico (SALOMÃO, 1994; VASCONCELOS, 1998).

Dessa maneira, foi possível deduzir, para cada sistema pedológico, o comportamento das águas de chuva, em nível da infiltração e escoamento superficial, subsuperficial e do lençol freático, com relação à sua ocorrência e localização nos diferentes setores da vertente.

As classes de solos foram definidas por características físicas, químicas e mineralógicas e contêm informações ambientais e das relações do solo nos diferentes compartimentos. Os levantamentos de campo e a interpretação dos solos foram elaborados e classificados conforme o novo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos SiBCS (SANTOS, 2018). O entendimento dos sistemas pedológicos com relação às suas características topográficas, pedológicas e de funcionamento hídrico à erosão linear permitiu a definição dos processos erosivos e a diferenciação das classes de susceptibilidade.

2.4.1 Índice das Feições Erosivas

As classes de susceptibilidade à erosão linear foram definidas com base na análise dos Compartimentos morfopedológicos, ponderando-se o comportamento das águas e a incidência de ravinas e voçorocas em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos (SALOMÃO, 1994).

Esta fase envolveu as seguintes atividades:

1. Mapeamento das ocorrências erosivas lineares, distinguindo-se ravinas de voçorocas por unidade de paisagem. Esse mapeamento foi realizado a partir da interpretação de imagem de satélite, fotografias aéreas de sobrevoo e reconhecimento de campo.
2. Sobreposição do mapa de ocorrências erosivas com o Mapa morfopedológico, situando-se as erosões em relação aos compartimentos. Com esse procedimento, pôde-se ter um entendimento preliminar das diferentes susceptibilidades desses compartimentos.
3. Levantamentos de campo, buscando-se identificar o comportamento diferenciado dos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, em relação ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas. Essas observações privilegiaram o comportamento hidrológico diferenciado das vertentes, em relação ao desenvolvimento das ravinas e voçorocas.
4. Definição de critérios de distinção de classes de susceptibilidade, contemplando diferentes níveis de predisposição dos terrenos em relação à ravinamento, voçorocamento e de sensibilidade à ocupação do solo.
5. Cálculo do índice de ocorrência das formas erosivas em cada Compartimento morfopedológico, com as seguintes fórmulas (Equações 1 e 2):

$$ICR = (n^{\circ} \text{ Ravina} * 100) / \text{Área Compartimento da bacia para ravina. (1)}$$

$$ICV = (n^{\circ} \text{ Voçoroca} * 100) / \text{Área Compartimento da bacia para voçoroca. (2)}$$

Após realização das atividades anteriormente mencionadas, foi possível aplicar critérios adaptados de Salomão (1999) e determinar as seguintes classes de susceptibilidade à erosão linear:

- *Extremamente susceptível a ravinas e voçorocas*: são áreas muito favoráveis à instalação de fenômenos de *piping*, onde os processos de voçorocamento se desenvolvem logo após a destruição da cobertura vegetal natural, independentemente das formas de ocupação. Isso se deve à existência, nesses locais, de gradientes hidráulicos subterrâneos elevados, associados a materiais da zona de percolação do lençol freático com características que permitem a remoção e transporte das suas partículas. Em geral, essas áreas situam-se em nascentes, fundos de vales e cabeceiras de drenagens, especialmente se essas cabeceiras têm formas de teatros côncavos. São incluídos também setores de vertentes que apresentam nível d'água do lençol freático subaflorante, passíveis de desenvolver sulcos e ravinas com o simples desmatamento. Com o aprofundamento dessas erosões o lençol freático pode ser interceptado, desenvolvendo fenômenos de *piping*.
- *Muito susceptível a ravinas e pouco susceptível a voçorocas*: são áreas onde os processos de ravinamento se desenvolvem em função da ocupação do solo, a partir de pequena concentração das águas de escoamento superficial. Fenômenos de *piping*, condicionando o desenvolvimento de voçorocas, somente são observados quando as ravinas se aprofundam, interceptando o lençol freático. Em geral, essas áreas situam-se em terrenos com certa declividade, que permite a fácil concentração das águas de escoamento superficial, associadas a solos caracterizados por alto gradiente textural entre os horizontes superiores do perfil, como o observado nos Argissolos de textura arenosa/média ou de textura arenosa/argilosa.
- *Moderadamente susceptível a ravinas e pouco susceptível a voçorocas*: São áreas bem drenadas e com elevada permeabilidade até grandes profundidades, facilitando a rápida infiltração das águas de chuva. Entretanto, a cobertura pedológica, constituída por solos pouco coesos, permite a fácil remoção das partículas por escoamentos das águas superficiais. Os processos erosivos por ravinamentos ocorrem condicionados a grandes concentrações das águas de escoamento superficial devido a determinadas formas de ocupação que favorecem a concentração das águas, como, por exemplo, estradas, arruamentos, caminhos de serviço, trilhas de gado, cercas, etc. Fenômenos de *piping*, desenvolvendo voçorocas, somente ocorrem quando o aprofundamento das ravinas intercepta o lençol freático, situação comum nas posições inferiores das vertentes, próximas a fundos de vales e a cabeceiras de drenagem. São áreas, em geral, com declividades suficientes para permitir o escoamento de águas superficiais, constituídas por solos de textura arenosa e textura média, como os Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média. Essas áreas apresentam comumente solos muito profundos. Assim, quando aí se instalam ravinas ou voçorocas, podem apresentar grandes dimensões.
- *Susceptível a ravinas e não susceptível a voçorocas*: são áreas cuja cobertura pedológica apresenta profundidades relativamente pequenas e com ausência de lençol freático. Os processos erosivos por ravinamento ocorrem especialmente condicionados à declividade das encostas e à determinada forma de ocupação, favorecendo a concentração das águas de escoamento superficial. Em geral, as ravinas são pouco profundas, com maior incidência de sulcos, tendo em vista a resistência ao aprofundamento da erosão, imposição das camadas subsuperficiais do perfil do solo. Em geral, as áreas de ocorrência dessa classe de susceptibilidade são caracterizadas por declives relativamente elevados, permitindo com relativa facilidade, a concentração das águas pluviais, associadas a solos pouco profundos, como por exemplo, Cambissolos, Chernossolos e Neossolos Litólicos.
- *Não susceptível a ravinas e voçorocas*: são áreas de agradação constituídas por terrenos com declividade praticamente nula, impossibilitando o escoamento das águas superficiais, mesmo quando submetidas a diferentes formas de ocupação. Apresentam gradiente subterrâneo muito baixo, incapaz de gerar fenômenos de *piping*. Em geral, essas áreas situam-se às margens de cursos d'água, constituindo-se de planícies de inundação.

3. Resultado e Discussão

A Figura 3 apresenta o Mapa Morfopedológico da área de pesquisa, destacando quatro unidades morfopedológicas: CM I –Chapada; CM II –Depressão; CM III –Escarpa; e CM IV- Planície Pantaneira. Subunidades morfopedológicas, com características específicas relacionadas aos aspectos do meio físico, funcionamento hídrico e comportamento erosivo foram também delimitadas e suas principais características se encontram apresentadas no Quadro 1, mostrando, para cada compartimento morfopedológico, as relações entre as formas de relevo, sistemas pedológicos (Salomão, 1994), litologias, formas de uso do solo, índices de ocorrências erosivas lineares (IPT, 1990) e a interpretação do funcionamento hídrico.

De forma similar, Lohmann e Santos (2005); Maranhão et al. (2017) realizaram a compartimentação morfopedológica voltado à análise do potencial à erosão linear com base na integração de dados do meio físico, envolvendo aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, complementado por dados relativos ao uso do solo.

Quadro 1. Compartimentos Morfopedológicos e respectivas características fisiográficas e funcionais.

Características		Compartimentos Morfopedológicos da Bacia do Rio Itiquira			
		Chapada	Depressão	Escarpa	Planície Pantaneira
Área	Km ²	901,38	5.020,86	371,50	4.587,53
	%	8,46	46,05	3,40	42,08
Formas de relevo		Superfícies aplainadas, Colinas e Vales Amplos.	Colinas Amplas e Médias, Morros e Morrotes Isolados e Depressão Acumulativa Fluvial	Escarpas	Leques e Terraços Fluviais e Morros e Morrotes Isolados
Sistemas Pedológicos		1. Latossolo – Plintossolo/Neossolo Litólico 2. Latossolo – Plintossolo – Gleissolo.	1. Neossolo Quartzarênico – NeossoloFlúvico /Gleissolo; 2. Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Organossolos; 3. Argissolo – Neossolo Quartzarênico – Gleissolo;	1. Neossolos Litólicos; 2. Plintossolos Pétricos.	1. Neossolos Flúvicos – Gleissolos; 2. Neossolos Litólicos e Plintossolos Pétricos
Litologias		Formação Ponta Grossa: Argilito; e Formação Furnas: Arenitos.	Formação Aquidauana: Arenitos; Formação Marília: Arenitos e Formação Botucatu: Arenitos.	Formação Furnas, Botucatu: Arenitos, e Grupo Cuiabá: Filitos.	Formação Pantanal: Sedimentos arenosos.
Formas de uso		Culturas anuais, pastagens e reflorestamento.	Culturas anuais, pastagens, mineração, piscicultura e vegetação savana.	Culturas anuais, pastagens e vegetação de transição e savana florestada.	Pastagens, vegetação savana arborizada e savana parque associada a áreas pantaneiras.
Índices de	ICV*	0,0275	0,3394	0,0183	00

	ICR**	0,0917	1,1741	0,2660	0,0275
Funcionamento hídrico da vertente		Predomínio da infiltração em relação aos escoamentos; lençol freático profundo.	Variável dependendo do Sistema Pedológico: 1. Predomínio da infiltração, seguido da surgência do lençol freático; 2. Predomínio do escoamento superficial; 3. Predomínio do escoamento superficial seguido de infiltração e surgência do lençol freático.	1. Predomínio do escoamento superficial com ausência do lençol freático; surgências de lençol suspenso durante período chuvoso.	Variável dependendo do Sistema Pedológico: 1. Predomínio da acumulação d'água e escoamento superficial com formação de alagados; 2. Predomínio do escoamento superficial em morros isolados com acumulação d'água em porções rebaixadas do relevo.

ICV = Índice de Ocorrências de Voçoroca; **ICR = Índice de Ocorrências de Ravinas.

Fonte: Elaborado por Ribeiro (2022).

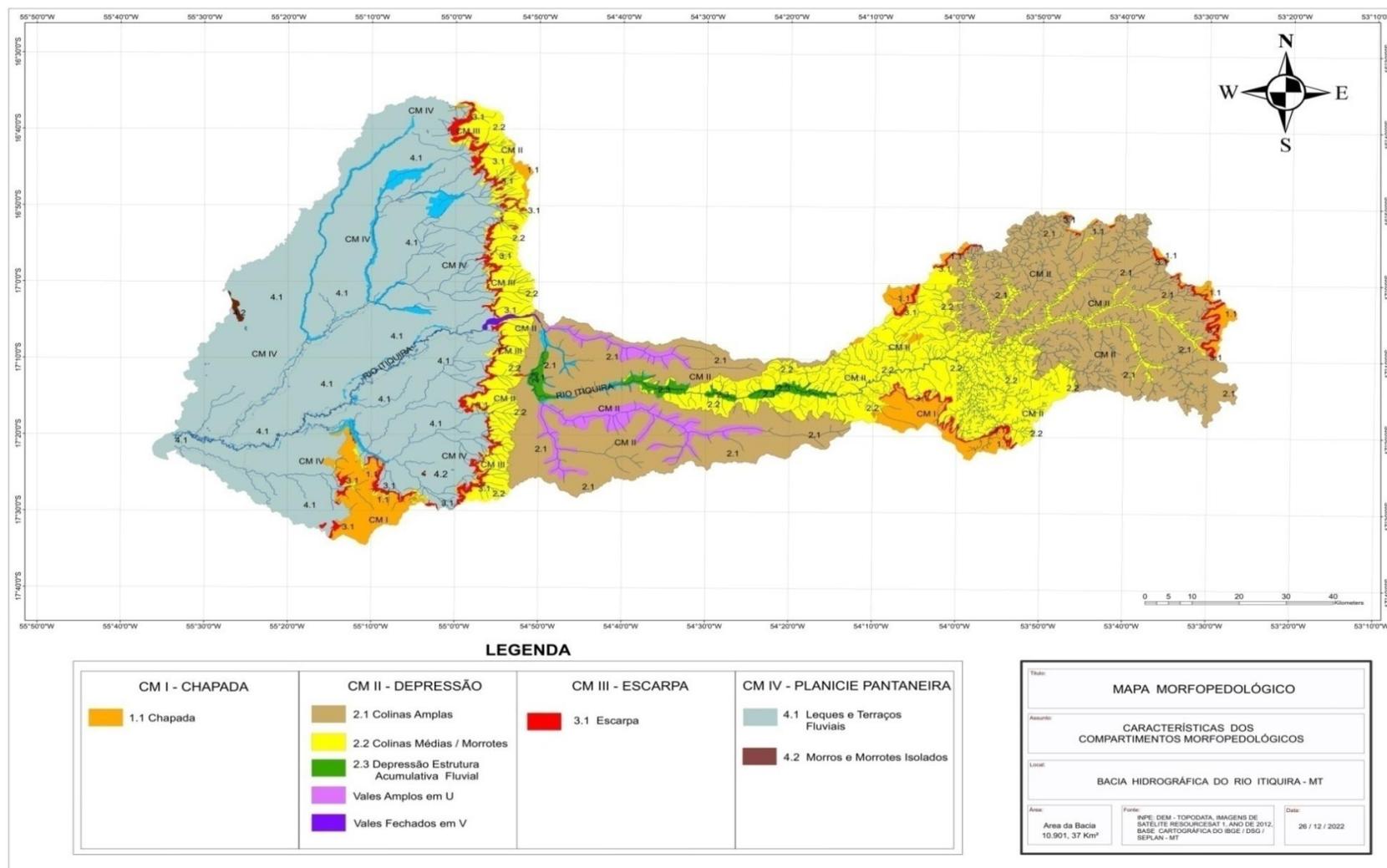


Figura 3. Mapa morfopedológico da bacia do rio Itiquira.

3.1 Compartimento morfopedológico CM I: Chapada

Ocorre na porção superior da área de pesquisa, no topo do Planalto, em cotas altimétricas com variações entre 680 a 860 metros de altitude. Apresenta substrato geológico constituído por rochas sedimentares argilíticas da Formação Ponta Grossa, recobrimo arenitos maciços da Formação Furnas. Camadas pouco expressivas de couraça ferruginosa, submetidas a processos de intemperismo, recobrem os argilitos e siltitos da Formação Ponta Grossa, constituindo o substrato pedogenético de espessa cobertura pedológica representada por Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelo em extensas superfícies ligeiramente aplainadas de ambiente geomorfológico de Chapada, conforme apresentado na Figura 4.

Predominam dois sistemas pedológicos representativos desse compartimento morfopedológico: Sistema Pedológico Latossolo – Plintosso /Neossolo Litólico e Sistema Pedológico Latossolo – Plintossolo – Gleissolo.



Figura 4. Cultivo de soja sobre latossolos vermelhos nas superfícies planas das Chapadas. **Fonte:** Ribeiro (2014).

O sistema pedológico Latossolo – Plintossolo/Neossolo Litólico encontra-se associado a porções da Chapada com ligeiro caimento topográfico em direção às bordas da escarpa, enquanto o sistema pedológico Latossolo – Plintossolo – Gleissolo às porções da Chapada que se dirigem aos locais de ocorrência de anfiteatros de cabeceiras de drenagens e aos leitos dos cursos d'água. Observam-se nesses Sistemas Pedológicos certas similaridades em relação ao funcionamento hídrico.

A espessa cobertura pedológica latossólica permite fácil infiltração das águas de chuva até atingir a camada de couraça ferruginosa presente nos Plintossolos, tendo em vista ser o Latossolo muito poroso, permitindo a circulação hídrica nos macroporos e absorção de parte das águas de chuva nos microporos, além de contar com a baixa declividade. Dessa forma, as águas de chuva infiltradas na cobertura pedológica latossólica, ao atingirem a camada de petroplintita do Plintossolo e/ou arenito, tendem à acumulação, dando origem a aquífero freático, que, na borda da escarpa, pode dar origem a surgências na forma de nascentes. A alta permeabilidade dos Latossolos deve-se à estrutura porosa observada nos horizontes superficiais e subsuperficiais, independentemente da textura (SALOMÃO; MADRUGA; MIGLIORINI, 2012; NOGUEIRA; TOCANTINS; SALOMÃO, 2019). Por outro lado, em relação ao sistema pedológico Latossolo – Plintossolo – Gleissolo as águas de chuva infiltradas na cobertura latossólica podem se acumular tanto em camadas de petroplintita, presentes no Plintossolo, como em horizontes superficiais e subsuperficiais gleizados dos Gleissolos.

Esta configuração pode dar origem também ao aquífero freático em porções da base da vertente existente em cabeceiras de drenagem e ao longo dos cursos d'água, resultando em surgências e originando nascentes (Figura 5).



Figura 5. Exploração agrícola em uma cabeceira de drenagem de Vales amplos. Fonte: Ribeiro (2014).

A compreensão do funcionamento hídrico apresentado para o compartimento morfopedológico de Chapada permite, em relação à susceptibilidade à erosão linear, concluir pela predominância da classe Moderadamente Susceptível a Ravinas e Pouco Susceptível a Voçorocas. Entretanto, em cabeceiras de drenagens, ao longo de cursos d'água e nas bordas de escarpas, surgências d'água, na forma de nascentes, quando desmatadas, podem ativar fenômenos de *piginge* dar origem a intensos processos erosivos na forma de ravinas profundas e voçorocas. Bacaro (1999) considera a ocorrência de fluxos e caminhos percorridos pela água que contribuem para desencadear ou acelerar os processos erosivos, destacando que o retorno da água subsuperficial à superfície, e exfiltração dos fluxos subsupeciais, pode acionar a erosão (*seepage erosion*) no ponto de alívio do aquífero ou promover lavagem e remoção de partículas em túnel, como ressaltado por Dunne (1970 e 1980).

3.2 Compartimento morfopedológico CM II: Depressão

Situado em porção rebaixada do Planalto, com cotas altimétricas variando de 460 a 720 metros de altitude. Apresenta configuração alongada a partir da base das escarpas, com ligeiro caimento topográfico, até alcançar as linhas de ruptura que deram origem às formas de escarpas íngremes em direção ao Pantanal Mato - Grossense. Litologias sedimentares das formações Aquidauana, Marília e Botucatu compõem o substrato geológico de diferentes coberturas pedológicas, predominando solos essencialmente arenosos (Neossolo Quartzarênico) associados a arenitos quartzosos das formações Aquidauana e Botucatu, e Argissolos de textura arenosa/argilosa quando associados a arenitos calcíferos da Formação Marília. Em condições específicas ligadas a processos geológicos e geomorfológicos, associados à evolução do rio Itiquira, sedimentos aluvionares espessos compõem planícies e terraços ao longo de suas margens (Figura 6).

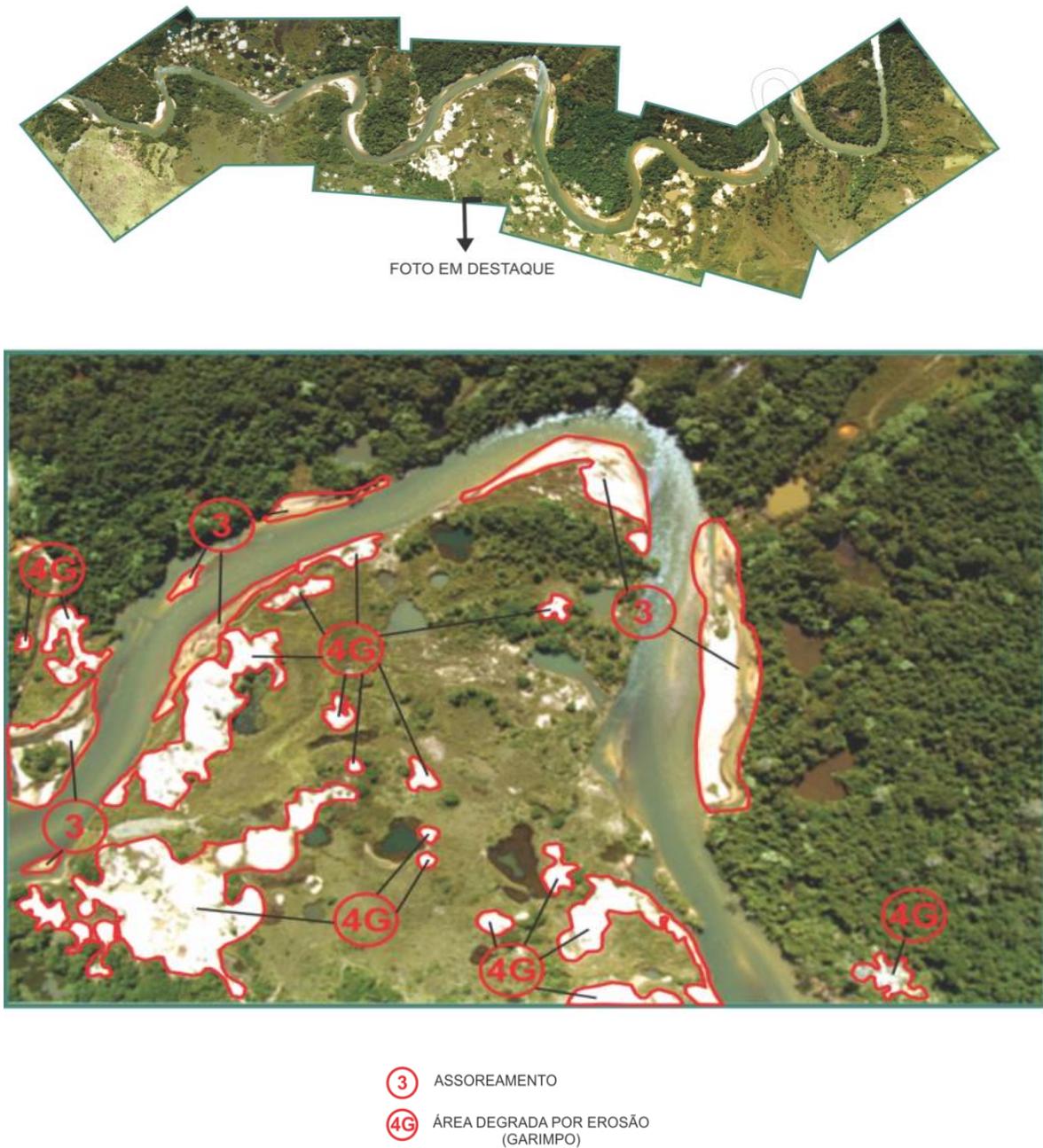


Figura 6. Vista aérea de planície aluvionar no leito do rio Itiquira. Fonte: Ribeiro (2014).

Características relacionadas às interações entre os elementos do meio físico e funcionamento hídrico permitiram destacar no Compartimento Morfopedológico CM II Depressão três subunidades que apresentam Sistemas Pedológicos específicos denominados de Colinas Amplas, Colinas Médias/Morrotes e Depressão Estrutural Acumulativa Fluvial.

A Subunidade de Colinas Amplas (Figura 7) está associada a substrato geológico constituído por arenito quartzoso das formações Aquidauana e Botucatu. São áreas com pequenas elevações, topos ligeiramente aplainados e encostas com declividades inferiores a 12% que se dirigem aos fundos de vale normalmente saturados em água durante período chuvoso ou durante o ano todo quando ligados ao curso d'água.



Figura 7. Colinas Amplas de Depressão, solo sendo preparado para o plantio do pasto, destacando-se a coloração dos solos arenosos sobre arenito Botucatu.

Predomina nessa Subunidade de Colina Ampla o Sistema Pedológico Neossolo Quartzarênico – Neossolo Flúvico/Gleissolo. As águas de chuva infiltram com relativa facilidade na cobertura pedológica essencialmente arenosa do Neossolo Quartzarênico e Neossolo Flúvico. Ao atingir o substrato rochoso, constituído por arenito, acumulam-se em profundidade, dando origem ao aquífero freático, que se dirige ao fundo do vale, gerando, no horizonte superficial e/ou subsuperficial do Gleissolo, água, na forma de nascente. Figueiredo et al. (2020) destacam que solos essencialmente arenosos, como o Neossolo Quartzarênico são muito erodíveis, especialmente por não apresentar coesão entre as partículas arenosas, promovendo erosões tanto laminar como linear nas formas de sulcos e ravinas, que ao se aprofundarem poderão interceptar o aquífero freático ativando fenômenos de *piping* e dando origem a voçorocas de difícil controle.

Dessa forma, em relação à susceptibilidade à erosão linear, predomina nessa Subunidade de Colinas Amplas a classe Moderadamente Susceptível a Ravinas e Pouco Susceptível a Voçorocas. Por outro lado, em cabeceiras de drenagens e fundo de vales onde se manifesta a ocorrência de nascentes em Gleissolos, fenômenos de *piping* podem ser ativados, propiciando o desenvolvimento de voçorocas, sendo esses locais interpretados como Extremamente Susceptível a Ravinas e Voçorocas (NOGUEIRA; TOCANTINS; SALOMÃO, 2019).

A subunidade de colinas médias/morrotos, quando associada a arenitos quartzosos das formações Aquidauana e Botucatu apresenta similaridade às colinas amplas em relação ao sistema pedológico e respectivo funcionamento hídrico e susceptibilidade à erosão linear. A diferença entre elas relaciona-se a variações na configuração topográfica, resultando nas colinas médias/morrotos com maior poder erosivo, por serem mais declivosas e apresentarem topo relativamente estreito. Em função disso, as águas de chuva que escoam pelas encostas em superfície e em subsuperfície dos solos essencialmente arenosos apresentam maior concentração e energia de escoamento com elevado poder erosivo na formação de ravinas.

Associado a arenitos calcíferos da Formação Marília, colinas médias e morrotos apresentam cobertura pedológica dominada por Argissolos com elevado gradiente textural, sendo o horizonte superficial de textura arenosa e em subsuperfície (horizonte B) de textura argilosa. Segundo IPEM (2005) e Figueiredo et al. (2020), as águas de chuva infiltram com relativa facilidade no horizonte superficial arenoso dos Argissolos e com dificuldade no horizonte subsuperficial argiloso e pouco poroso.

Normalmente, na base dessas colinas médias e morrotos com Argissolos nota-se presença de anfiteatro topográfico aplainado essencialmente arenoso com ligeiro caimento para o fundo de vale com presença de

Gleissolo. Dessa forma, domina nesses ambientes de colinas médias e morrotes associados a arenitos calcíferos da Formação Marília, sistema pedológico constituído por Argissolo – Neossolo Quartzarênico – Gleissolo.

As águas de chuva infiltram-se com relativa facilidade apenas nos horizontes superficiais arenosos situados nas vertentes das colinas médias e/ou morrotes e em subsuperfície quando encontram o horizonte B argiloso e pouco poroso tendem a se acumular, saturando o horizonte superficial e escoando-se vertente abaixo, infiltrando-se em profundidade ao longo do anfiteatro aplainado, abastecendo o aquífero freático, bem como originando nascentes tanto na encosta do vale como no leito do curso d'água (IPEM, 2005).

São ambientes de solos muito erodíveis e com funcionamento hídrico que muito favorece a manifestação de ravinas e voçorocas que podem se originar logo após a eliminação da cobertura vegetal, sendo assim consideradas essas áreas de colinas médias e morrotes associadas a arenitos calcíferos da Formação Marília como muito susceptíveis a ravinas e pouco susceptíveis a voçorocas. Com a eliminação da cobertura vegetal, ravinas profundas se manifestam ao longo das vertentes da colina média ou morrote, e ao longo do anfiteatro aplainado, nas encostas de vale e ao longo do fundo de vale. Desde que as ravinas se aprofundem podem interceptar o aquífero freático e dar origem a voçorocas.

A subunidade de depressão estrutural acumulativa fluvial situa-se nas margens do rio Itiquira (Figura 8) sendo constituída principalmente por sedimentos resultantes do transbordamento do curso d'água. São sedimentos arenosos intercalados por lentes argilosas, permitindo, por pedogênese, a formação de Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Organossolos em ambiente onde o aquífero freático aflora dando origem a nascentes difusas, ou se encontra a pequena profundidade.

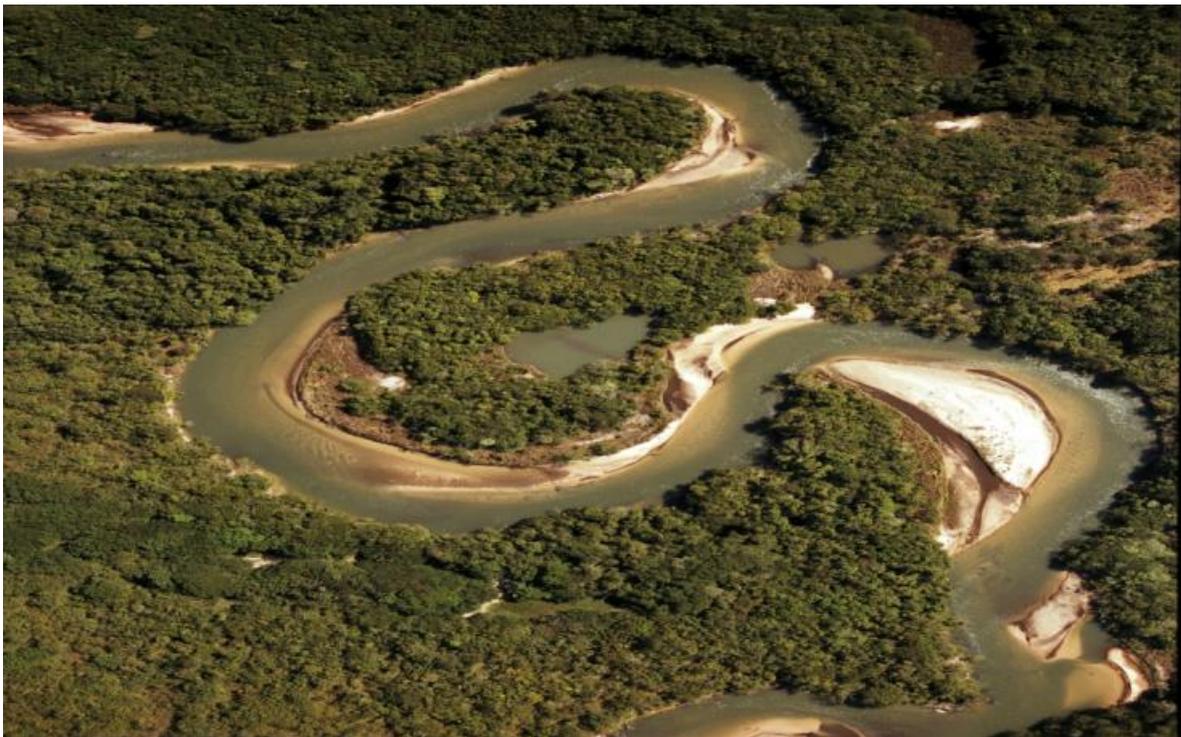


Figura 8. Vista aérea de ocorrências de assoreamento na Depressão do leito principal do Rio Itiquira. Fonte: Ribeiro (2014).

Trata-se de ambiente de agradação aplainado sujeito a assoreamento, onde processos erosivos não se manifestam desde que não seja escavado por ação antrópica. As águas de chuva praticamente não se infiltram acumulando-se em superfície na forma de alagados, sendo assim áreas não susceptíveis a ravinas e voçorocas.

3.3 Compartimento morfopedológico CM III: Escarpa

Nas bordas da Chapada, linha de ruptura nítida da vertente, tem-se início as encostas na forma de escarpas com cotas altimétricas variando entre 320 a 680 metros de altitude, que se dirigem vertente abaixo à porção rebaixada do Planalto, onde se situa o compartimento morfopedológico de Depressão.

Ao longo das escarpas afloram rochas constituídas por arenitos especialmente das formações Furnas e Botucatu, em parte recobertas por solos rasos (Neossolos Litólicos e Plintossolos Pétricos), com ausência de lençol freático.

Predominam nesses ambientes de escarpas o sistema pedológico constituído por solos rasos – rocha aflorante, onde o funcionamento hídrico é condicionado pela ausência de infiltração e maior escoamento superficial com elevada energia.

Boa parte desse compartimento morfopedológico CM III Escarpa encontra-se protegido por formações savânica e florestal, o que permite sua manutenção. Desde que desmatados, intensos processos erosivos podem se manifestar, propiciando a instalação de sulcos e ravinas e induzindo desmoronamentos com quedas de blocos (Figura 9).



Figura 9. Vista aérea de parte das escarpas do CM-III, mostrando a linha de rupturas.

Pelas características do ambiente e funcionamento hídrico, o comportamento morfopedológico CM III Escarpa se configura em relação à susceptibilidade a erosão linear como susceptíveis a ravinas e não susceptíveis a voçorocas (SALOMÃO et al., 2016; NOGUEIRA; TOCANTINS; SALOMÃO, 2019).

3.4 Compartimento morfopedológico CM IV: Planície Pantaneira

A jusante do compartimento morfopedológico de Depressão, com cotas altimétricas variando entre 120 a 200 metros de altitude, com o predomínio de sedimentos de origem flúvio-lacustre da Formação Pantanal, em região aplainada e ligeiramente rebaixada com ocorrência de alagados, permite a distinção de configuração geomorfológica e geológica própria do Pantanal Mato-Grossense (Figura 10).



Figura 10. Vista de curso d'água com áreas inundadas e alagadas característica marcante da Planície Pantaneira. Fonte: Vicens (2014).

Inseridos nesse ambiente de relevo aplainado e ligeiramente rebaixado, algumas elevações se destacam na forma de morros e morrotes isolados (Figura 11).



Figura 11. Vista panorâmica de morros e morrotes isolados. Fonte: Vicens (2014).

Tais características permitem destacar nesse compartimento morfopedológico duas subunidades: leques e terraços fluviais e morros e morrotes isolados.

Na subunidade de leques e terraços fluviais o substrato geológico é constituído por sedimentos de origem fluvial e lacustre pertencentes à Formação Pantanal e sistema pedológico caracterizado pela sequência de Neossolos Flúvicos – Gleissolos. Os Neossolos Flúvicos de textura arenosa e argilosa situam-se em posição ligeiramente superior em Terraços e Leques Fluviais, enquanto os Gleissolos em pequenas cabeceiras de drenagens e ao longo de cursos d'água. Dessa forma, as águas de chuva tendem a infiltrar em coberturas pedológicas de textura arenosa e em Neossolos Flúvicos de textura arenosa e argilosa pouco porosa, acumulando-se na superfície e formando os alagados. Com o decorrer das precipitações pluviométricas, as águas acumuladas em superfície tendem a escoar-se em direção aos cursos d'água onde ocorrem Gleissolos.

São áreas de agradação e em estado natural com impossibilidade de escoamento, não permitindo, assim, a manifestação de ravinas, sendo consideradas como não susceptível a ravinas e a voçorocas. Entretanto, a ocupação antrópica, especialmente pela construção de caminhos e trilhas de gado, pode suscitar o escoamento concentrado das águas de chuva e dar origem a ravinas. Nesses casos, surgências d'água do lençol freático nos taludes de ravinas podem permitir a ativação de fenômenos de *piping* com manifestação de voçorocas.

A subunidade de morros e morrotes isolados são constituídas por rochas do Grupo Cuiabá (Filitos e Metarenitos com veios de quartzo), cobertos por solos rasos (Neossolos Litólicos e Plintossolos Pétricos). Trata-se de Sistema Pedológico que não favorece a infiltração das águas de chuva, escoando-se em superfície e em subsuperfície, podendo dar origem a sulcos e ravinas pouco profundas. Nessas condições, a subunidade de morros e morrotes isolados, em relação à susceptibilidade à erosão linear, se enquadram como susceptíveis a ravinas e não susceptíveis a voçorocas.

4. Considerações Finais

Demonstrou-se os passos metodológicos necessários para aplicação da abordagem morfopedológica voltada à caracterização e mapeamento em pequena escala dos processos erosivos lineares na forma de ravinas e voçorocas, com ênfase na interpretação do funcionamento hídrico em ambientes relativamente homogêneos em relação às interações entre o substrato geológico, formas e feições de relevo e cobertura pedológica.

Foi apresentado o roteiro metodológico para cinco classes de susceptibilidade à erosão por ravinas e voçorocas com os critérios de classificação aplicados para os diferentes compartimentos morfopedológicos, definidos e mapeados na região compreendida pela bacia hidrográfica do rio Itiquira.

Possibilitando assim, a confecção do mapeamento de quatro diferentes compartimentos morfopedológicos, identificados para cada um deles os sistemas pedológicos com correspondente interpretação do funcionamento hídrico. Permitiu, também, a compartimentação de subunidades morfopedológicas marcadas por classes específicas de susceptibilidade, servindo de referência para diagnóstico e prognóstico de bacias hidrográficas e sua aplicação ao disciplinamento do uso da terra, minimizando impactos ambientais por erosão e assoreamento.

Contribuição dos Autores: J. C. R.: concepção, metodologia, validação, análise formal, investigação, curadoria dos dados, redação versão final, redação-revisão edição, visualização, aquisição de financiamento. N. T.: concepção, investigação, redação versal final, redação-revisão edição. F. X. de T. S.: concepção, metodologia, validação, investigação, redação versão final, aquisição de financiamento.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT).

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), Ministério de Educação (MEC), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), à Rede ASA Pro- Centro-Oeste. Os autores estendem o agradecimento aos revisores anônimos que contribuíram com comentários e sugestões importantes que contribuíram com este artigo.

Conflito de Interesse: os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. AB'SABER. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário**. Geomorfologia, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
2. BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do cerrado. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p.1999.
3. BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamentos dos recursos naturais**. Folha SE 21 Corumbá, vol. 27. Rio de Janeiro, p. 448, 1982.
4. CARVALHO, N. O.; GUILHON L. G.; TRINDADE P. A. O assoreamento de um pequeno reservatório, Itiquira: Um estudo de caso. **RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. [S.L], v.5, n.1 p.69 -79 jan/mar. 2000.
5. CASTRO, S.S. E; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. **Revista Geografia USP, São Paulo, Espaço e Tempo**. n° 7, p. 27-37, 2000.
6. DISPERATI, A. A. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato**. Curitiba: UFPR, FUPEF- Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1991. 290 p.
7. DUNNE, T. Runoff production in a humid área. **US Department of Agriculture Report ARS 41-160**, 1970.
8. DUNNE, T. Formation and control of channel networks. **Prog. Phis. Geogr.** 4, 211-239 p., 1980.
9. EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412 p.
10. FARIA, T. O.; VECCHIATO, A. B.; SALOMÃO, F. X. DE T.; SANTOS JR, W. A. Abordagem morfopedológica para diagnóstico e controle de processos erosivos. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 2, p. 215-232. 2013. DOI:10.4136/ambi-agua.1007
11. FAVIS-MORTLOCK, D.; GUERRA, A. The implications of general circulation model estimates of rainfall for future erosion: a case study from Brazil. **Catena**, v. 37, p. 329-354, 1999. DOI: 10.1016/S0341-8162(99)00025-9.
12. FIGUEIREDO, D. M.; MIGLIORINI, R.; SALOMÃO, T. X. T.; ARAUJO, M. B. Análise ambiental de uma micro bacia tributária do Pantanal Mato-Grossense: Contribuição ao método VERAH e à gestão ambiental. **RGSA Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 9, n.3, p. 29-53, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e3202029-53.
13. LOHMANN, M.; SANTOS, L. J. C. A morfopedologia aplicada à compreensão dos processos erosivos na bacia hidrográfica do Arroio Guassupi, São Pedro do Sul – RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 2, 2005. DOI: 10.20502/rbg.v6i2.55.
14. IPEM. INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE PESQUISA; SALOMÃO, F. X. T. (Org.). **Programa de controle de erosão e assoreamento para a bacia hidrográfica do alto rio Itiquira**. Relatório Técnico de atividades, 2005. 253p.
15. NEVES, S. M. A. D. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J.; KREITLOW, J. P.; GALVANIN, E. A. D. S. Susceptibility of soil to hydric erosion and use conflicts in the microregion of Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil. **Environmental Earth Sciences volume**, v. 74, p. 813-827, 2015. DOI: 10.1007/s12665-015-4085-4
16. SEMA-MT Secretaria de Estado de Meio Ambiente (2012). **GEOPORTAL**. Disponível em < <http://www.sema.mt.gov.br/> >. Acesso em: 12 jan. 2012.
17. MARANHÃO, D. D. C.; AGUADO, O. I. DE O.; PEREIRA, M. G.; ARAÚJO, A. P.; CASTRO, S. S.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Analysis of Potential for Linear Erosion in the Cerrado Biome Using Morphopedology. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 41, e 0160427, 2017 e0160427. DOI: 10.1590/18069657rbcs20160427.
18. MATO GROSSO. Secretaria de Planejamento. Zoneamento sócio-econômico-ecológico. Aspectos Geomorfológicos da Folha Itiquira – MIR-419 (SE.21-X-D) – Memória Técnica. Disponível em:<www.zsee.seplan.mt.gov.br/...Geomorfologia/>. Acessado em: 29 de junho de 2011.
19. NOGUEIRA, A.M; TOCANTINS, N; SALOMÃO, F.X.T. Degradação de áreas com processo de Arenização na Bacia do Córrego Guanabara, Município de Reserva do Cabaçal –MT. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.12, n.03 (2019) 722-737. DOI: 10.1016/j.wse.2019.03.001
20. OKA-FIORI, C.; FIORI, A. P.; HASUI, Y. Dinâmica da ocupação do solo na bacia do Rio Itiquira, Mato Grosso, Brasil. **R. RA'E GA, O Espaço Geográfico em Análise**, v.7, p. 19-31, 2003.
21. PCBAP. PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI (PCBAP) (PANTANAL). **Diagnóstico dos meios físico e biótico, meio físico**. [S.L). Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. v. 2, Tomo I. 1997.334 p.
22. PIMENTA, M. L. F.; CRONEMBERGER, F. M.; VICENS, R. S.; SLOVINSKI, N. C. Mapeamento Geomorfológico através de Classificação Orientada a Objetos: Estudo de caso para a bacia do rio São João – RJ. **Revista Brasileira de Cartografia [S1]**, v.66, n 2, 2014. DOI: 10.14393/rbcv66n2-43921 Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revista_brasileira_cartografia/article/view/43921>. Acesso em: 04 de novembro 2022.

23. QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System (versão 3.10)**.2021. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 16 em maio de 2022.
24. RIBEIRO, J. C. **A morfopedologia aplicada ao diagnóstico e prevenção dos processos erosivos lineares da bacia hidrográfica do alto rio da Casca**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2001.
25. RIBEIRO, J. C. **As paisagens da bacia do rio Itiquira, MT: análise das condições ambientais como suporte ao ordenamento**. Tese de Doutorado em geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal Fluminense. Niterói RJ, 2014.
26. RODRIGUEZ; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P.B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise da ambiental**. 2. ed. Fortaleza Edições, Universidade Federal do Ceará, 2007. 222p.
27. SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano-rural**. 1994. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.
28. SALOMÃO, F. X. T.; RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; FERREIRA, E. Sensoriamento remoto para diagnóstico à erosão laminar e linear da sub-bacia hidrográfica do córrego Guanabara, da bacia do Alto Paraguai, no Município de Reserva do Cabaçal/MT, 2016 (Relatório técnico).
29. SALOMÃO, F. X. T.; MADRUGA, E. L.; MIGLIORINI, R. Carta Geotécnica do perímetro urbano da Chapada dos Guimarães: Subsídios ao Plano Diretor. **GEOUSP Espaço e Tempo**, n. 1, p. 5-15, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2012000100002>.
30. SILVA, Í. B. D.; MENDES, L. M. S. Análise do Potencial Erosivo por Compartimentos Morfopedológicos como Subsídio ao Planejamento do Uso e Ocupação da Terra do Alto Banabuiú - Ceará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 1, 2022. DOI: 10.20502/rbg.v23i1.1945.
31. 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.; et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, 12, 2735, 2020. DOI:10.3390/rs12172735
32. VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300-309, 2012. DOI: 10.1016/j.apgeog.2011.05.004
33. VASCONCELOS, T. N. N. **Interpretação morfopedológica da Baía do rio Tenente Amaral–Jacara-MT: condição básica para sua caracterização ambiental**. 1998. Dissertação (Mestrado)- Programa Pós PPGCB, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1998.
34. VICENS, R. S. **Vista de curso d’água com áreas inundadas e alagadas característica marcante da Planície Pantaneira**. 2014. . Figura 9. Foto: Largura 1.600 pixels x Altura 1.200 pixels. Foto capturada via câmera Canon digital em campo.
35. VICENS, R. S. **Vista panorâmica de morros e morrotes isolado**. 2014. Figura 10. Foto: Largura 1.600 pixels x Altura 1.200 pixels. Foto capturada via câmera Canon digital em campo.
36. WANTZEN, K.M.; MOL, J.H. Soil Erosion from Agriculture and Mining: A Threat to Tropical Stream Ecosystems. **Agriculture**, v. 3, p. 660-683, 2013. DOI: 10.3390/agriculture3040660



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.