

MORFOPEDOLOGIA APLICADA AO CONTROLE DOS PROCESSOS EROSIVOS NA SUB-BACIA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA, EM RESERVA DO CABAÇAL/MT

Maira dos Santos **ZANINI**

Discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia
maira.zanini@unemat.br

Joaquim Corrêa **RIBEIRO**

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia
jcorrearibeiro@gmail.com

Histórico do Artigo:

Recebido

Maio de 2021

Aceito

Junho de 2021

Publicado

Agosto 2021

Resumo: O presente artigo teve como objetivo analisar o funcionamento dos processos erosivos a partir do conhecimento morfopedológico na sub-bacia do córrego Piraputanga no município de Reserva do Cabaçal/MT. Foi utilizada a interpretação de processamentos digitais e os cruzamentos de informações para a análise integrada da paisagem e para a interpretação da origem de tais processos erosivos. Com o presente estudo foi possível identificar seis morfocompartimentos e variados processos erosivos laminares e lineares com o desenvolvimento de sulcos, de ravinas e de voçorocas. Os resultados obtidos demonstraram a necessidade de implementação de medidas de correção e de contenção dos processos erosivos presentes, uma vez que esta sub-bacia se encontra em áreas de cabeceira de drenagem da Bacia do Alto Paraguai.

Palavras-chave: Morfopedologia. Processos erosivos. Paisagem. Córrego Piraputanga. Reserva do Cabaçal/MT.

MORPHOPEDOLOGY APPLIED TO THE CONTROL OF EROSION PROCESSES IN THE SUB-BASIN OF THE PIRAPUTANGA STREAM IN RESERVA DO CABAÇAL/MT

Abstract: This article aimed to analyze the functioning of erosive processes based on morphopedological knowledge in the sub-basin of the Piraputanga stream, in the city of *Reserva do Cabaçal/MT*. Interpretation of digital processing and information crossings was

Revista Equador (UFPI), Vol. 10, Nº 2, Ano, 2021, p. 40 – 65.

Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

ISSN 2317-3491

used for integrated analysis of the landscape and origin of such erosive processes. With the present study it was possible to identify six morphocompartments and various laminar and linear erosive processes with the development of grooves, ravines and gullies. The results showed the need to implement measures to correct and contain the erosive processes present, since this sub-basin is located in drainage bedside areas of the Upper Paraguay Basin.

Keywords: Morphopedology. Erosive processes. Landscape. Piraputanga Stream. Reserva do Cabaçal/MT.

MORPHOPEDOLOGÍA APLICADA AL CONTROL DE PROCESOS EROSIVOS EN LA SUBCUENCA DEL ARROYO PIRAPUTANGA, EN RESERVA DO CABAÇAL/MT

Resumen: Este artículo tuvo como objetivo analizar el funcionamiento de los procesos erosivos basados en el conocimiento morphopedológico en la subcuenca del arroyo *Piraputanga*, en el municipio de *Reserva do Cabaçal/MT*. Se utilizó la interpretación del procesamiento digital y los cruces de información para el análisis integrado del paisaje y el origen de dichos procesos erosivos. Con el presente estudio fue posible identificar seis morfo cuotas y diversos procesos erosivos laminares y lineales con el desarrollo de surcos y barrancos. Los resultados mostraron la necesidad de implementar medidas para corregir y contener los procesos erosivos presentes, ya que esta subcuenca se encuentra en zonas de drenaje de la Cuenca Alta del Paraguay.

Palabras claves: Morphopedología. Procesos erosivos. paisaje. Arroyo Piraputanga. Reserva Cabaçal/MT.

INTRODUÇÃO

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica delimitada por divisores de água, cujo compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e por seus afluentes. Os conceitos de bacia e sub-bacia se relacionam a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica (FERNANDES; SILVA, 1994).

A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permite pontuar os problemas que se apresentam difusos, fato que torna mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, a sua natureza, bem como o grau de comprometimento da produção existente (PINTO, 2009).

As bacias hidrográficas, conforme Baruqui e Fernandes (1985), são adequadas para a avaliação de impactos causados pela atividade antrópica que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e qualidade da água, uma vez que essas variáveis são relacionadas ao uso do solo.

Nesse contexto, o presente artigo busca analisar o funcionamento dos processos erosivos a partir do conhecimento morfopedológico, além da análise de uso e de cobertura dos

solos da sub-bacia do Córrego Piraputanga, que pertence à Bacia hidrográfica do Rio Cabaçal, situado na região sudoeste do estado de Mato Grosso, no Município de Reserva do Cabaçal, e inserido no Planalto dos Parecis que integra a bacia Hidrográfica do Alto Paraguai, a mais importante bacia do Pantanal Mato-grossense.

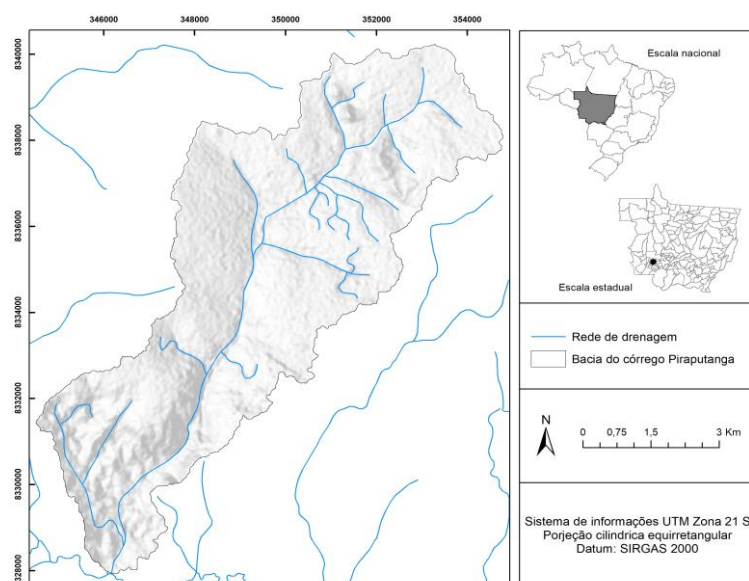
A escolha por essa sub-bacia ocorre por sua localização e importância econômica-social, a qual apresenta paisagens de interesse turístico, com sérios riscos de alterações causadas por processos erosivos e de assoreamento. Sendo apontado em projetos anteriores, como os de Ribeiro, Tocantins e Figueiredo (2013) e Salomão *et al.* (2016), a realização de estudos nessa sub-bacia contigua a outras estudadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo corresponde à sub-bacia hidrográfica do córrego Piraputanga, situado no município de Reserva do Cabaçal, sob as coordenadas UTM 354,500m E, 8.340,000m N, 344,000m E e 8.328,000m N, sobre a projeção do fuso 21 sul (Figura 01). A área da bacia corresponde a 48 km², tendo o canal principal 16,64 km de extensão. Está inserida na carta topográfica da Folha Rio Branco, **SD.21-Y-D-I**, na escala de 1:100.000 editada pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) em 1975.

Figura 01 - Mapa de localização.



Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Procedimento metodológico

Suporte teórico

A presente pesquisa foi realizada utilizando-se de levantamentos de dados primários e secundários. Os dados secundários foram obtidos em documentos como relatórios, livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses (MARCONI; LAKATOS, 2011). Para a descrição das características ambientais da área em estudo, tais como os dados geológicos, pedológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrográficos e de cobertura vegetal, utilizou-se o RADAMBRASIL Folha SD.21 Cuiabá (BRASIL, 1982).

Ademais, foram utilizados dados documentais disponibilizados pelos Órgãos Governamentais Federais, Estaduais e Municipais, como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE); do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Serviço Geológico do Brasil (CPRM); da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); da Secretaria de Estado de Planejamento (SEPLAN); da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA/MT); da Prefeitura Municipal de Reserva do Cabaçal; e de Organizações não Governamentais.

Os levantamentos primários constaram de 3 visitas de campo para os levantamentos, para a identificação de processos erosivos e para a coleta de solos dos diferentes ambientes, além de registros fotográficos, utilizando-se máquina fotográfica e equipamento acoplado ao VANT.

Bacia Hidrográfica como unidade de pesquisa

Bacia hidrográfica é um sistema espacial geograficamente definido a partir da configuração da rede de drenagem e delimitado por divisores hidrográficos (interflúvios), cujos fluxos fluviais ficam concentrados num curso d'água principal antes da confluência de que toda a vazão alcance uma única saída (exutório ou foz). As bacias são formadas principalmente em termos de extensão de sua área, por zonas terrestres que são as áreas de contribuição hídrica para os corpos d'água, apesar de ter a sua identidade formada pela conexão de artérias hidrográficas, englobando, desse modo, dimensões territoriais, além das físicas (MAGALHÃES JÚNIOR; BARROS, 2020).

Apesar de individualizadas espacialmente por divisores dos fluxos hídricos superficiais de origem topográfica e configuradas pela morfologia (relevo) que coincidem com as zonas superiores das elevações, as bacias hidrográficas também apresentam

divisores subsuperficiais que determinam a configuração da direção dos fluxos subterrâneos, sendo configuradas pela estrutura geológica e sofrendo influência da topografia. Assim sendo, a direção dos fluxos superficiais não é necessariamente a mesma dos subterrâneos, os quais não respondem pelos limites da bacia.

A bacia hidrográfica é um recorte espacial que permite o estudo das conexões hidrossedimentológicas, uma vez que os fluxos hidrológicos superficiais se direcionam para um único ponto de saída, tornando viável relacionar as características das águas e dos sedimentos com as dimensões físicas e humanas (MAGALHÃES JUNIOR; BARROS, 2020).

Processos erosivos laminares e lineares

Segundo Salomão (1999), a depender do tipo de escoamento superficial ao longo da vertente (encosta, conecta o topo do interflúvio ao fundo de vale), podem ocorrer dois tipos de erosões: 1) erosão laminar ou em lençol, devido ao escoamento difuso das águas de chuva, pela remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo. Para Fendrich *et al.* (1997), a erosão laminar é uma forma de erosão muito difícil de ser observada, sendo percebida após muitos anos de atuação, geralmente com ocorrência constatada pelo decréscimo de produção das culturas e pelo aparecimento de raízes ou mesmo do caule de plantas onde o solo foi arrastado; 2) erosão por sulcos ou linear, causada pela concentração das linhas de fluxo das águas pelo escoamento superficial, ocasionando pequenas incisões na superfície do terreno, podendo evoluir para ravinas. A erosão linear é causada pelo desprendimento e pelo transporte dessas partículas de solo (SALOMÃO, 1994).

Ravinas são sulcos erosivos naturais gerados pela concentração do escoamento pluvial nas encostas que tendem a contribuir para os fluxos fluviais em períodos de chuva, constituindo-se, na maior parte, de drenagem temporária em ambientes tropicais úmidos, uma vez que se comportam como cursos d'água efêmeros, possuindo, em geral, forma de "V" alongada e estreita (SALOMÃO, 1994; MAGALHÃES JÚNIOR; BARROS, 2020).

O processo de ravinamento, apesar de natural, pode ser favorecido pela exposição do solo à ação da chuva e do escoamento superficial causado por atividades humanas, como a retirada da vegetação ou a sua degradação, gerando desequilíbrio entre a

resistência da superfície e a intensidade do processo erosivo. Apesar disso, não provoca ramificação ao longo do tempo e, em curtos períodos de tempo, não atinge o lençol freático (SALOMÃO, 1994; GUERRA, 1999; MAGALHÃES JÚNIOR; BARROS, 2020).

As voçorocas, por sua vez, são formas erosivas mais complexas e estão associadas à erosão acelerada, em geral a partir de intervenções humanas, quando da remoção ou de ações que degradam a cobertura dos solos, como os desmatamentos, a construção inadequada de cercas, ruas ou estradas. Estas são as formas mais complexas e destrutivas da erosão linear e são resultantes da ação combinada das águas de escoamento superficial e subterrâneo, no qual se desenvolvem fenômenos de *piping* ou *pipe* (SALOMÃO *et al.*, 2016). Sua origem pode ter relação com a expansão e com o aprofundamento de sulcos erosivos que atingem o nível freático, ou quando formam túneis erosivos subsuperficiais. Assim, quando chegam neste ponto, geram colapsos no solo para onde convergem os fluxos superficiais (MAGALHÃES JÚNIOR; BARROS, 2020). O fenômeno de *piping* é a formação de canais internos no sentido inverso ao fluxo da água, provocando a remoção de partículas do interior do solo, as quais podem originar colapsos e desabamentos da voçoroca, ou ainda originar novos ramos (GUERRA, 1999).

Abordagem morfopedológica

A abordagem morfopedológica, adaptada por Castro e Salomão (2000), é considerada como produto da interrelação entre o substrato geológico, relevo, vegetação e solos. Desta forma, foi utilizada neste trabalho por ser aplicada em áreas de difícil acesso, significando ganho financeiro e de tempo e permitindo o uso de mapeamento em escala de detalhes.

Processamento digital

Para a confecção do mapeamento temático usado para a caracterização ambiental da área de estudo, foi realizada a aquisição de dados do Modelo Digital do Terreno (MDT), compreendendo a região estudada: a sub-bacia do córrego Piraputanga. Assim, foi realizada a delimitação das sub-bacias hidrográficas em ambiente ArcGis 10.2, permitindo a edição topológica das redes de drenagens por meio da aplicação ArcHydro 10.2, extraindo os cursos d'água que afluem para o Rio Cabaçal, onde segue o fluxo hipsométrico.

Para a confecção do mapa morfopedológico, foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) elaborado pelo projeto TOPODATA – DPI/INPE, com resolução espacial de 30 m, permitindo a extração de subprodutos (declividade do terreno e o relevo sombreado; ambos elaborados em programas SIG), tais planos de informação possibilitaram a construção e a hierarquização de classificação orientada, com diferentes níveis de classes relacionadas entre si em função de uma topologia definida. Deste modo, foi elaborada uma classificação supervisionada, orientada a objetos, semiautomática dos compartimentos morfopedológicos da sub-bacia do córrego Piraputanga, permitindo realizar o agrupamento em classes a partir de um mesmo banco de dados.

Por meio do processamento de dados, foi possível a confecção de uma base cartográfica que deu origem a um mapa de ocorrências erosivas laminares e lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), tendo por base, também, o banco de dados do INPE e do IBGE.

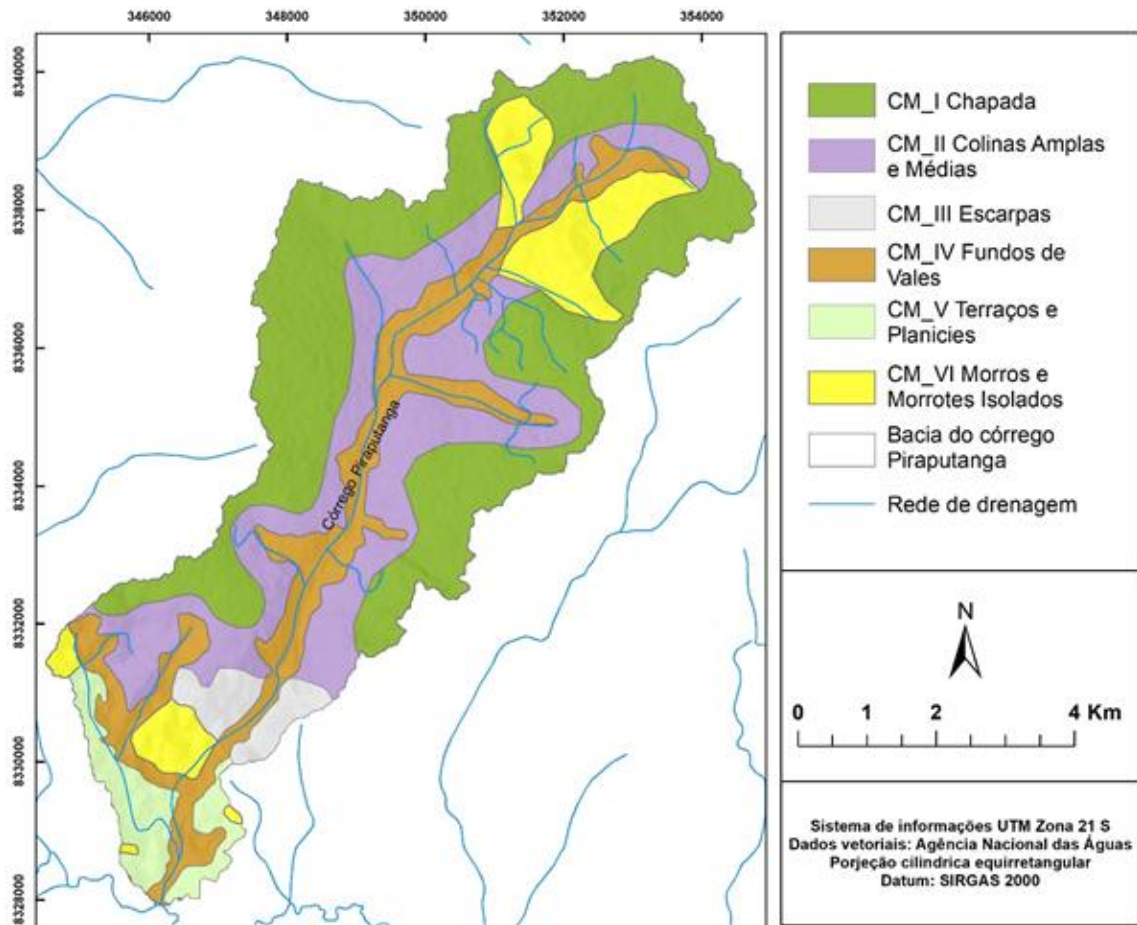
Além do processamento digital, houve a realização de fotografias em novembro de 2019, em período sem previsões de chuva. Os registros foram feitos por meio de um sobrevoo sobre a área com um Veículo Aéreo não Tripulado (VANT), de propriedade do piloto Josiel Doriguete de Oliveira, com a autorização do Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA), registrado no Sistema de Aeronaves não Tripuladas n.º SISANT: PR/270819870. Ademais, com o drone *Dji Mavic Air Fly More*, foram tiradas fotografias aéreas de 12 megapixels com HDR com sensor acoplado de vídeo 4K – 30fps.

Resultados e discussões

Caracterização dos morfocompartimentos

Na sub-bacia do córrego Piraputanga foram delimitados seis compartimentos morfopedológicos, a saber: 1) CM_I Chapada; 2) CM_II Colinas Amplas e Médias; 3) CM_III Escarpas; 4) CM_IV Fundos de Vales; 5) CM_V Terraços e Planícies; e 6) CM_VI Morros e Morrotes Isolados, como observado na Figura 02.

Figura 02: Compartimentos morfoedológicos da bacia do Córrego Piraputanga.



Fonte: Organizado pelos autores (2021).

A descrição morfopedológica integrada à análise da suscetibilidade foi feita conforme proposto nos objetivos do trabalho. O quadro 01 apresenta a sua síntese:

Quadro 01: Compartimentação morfopedológica e suscetibilidade a erodibilidade.

SÍNTESE DA COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA DA SUB-BACIA DO CÓRREGO PIRAPUTANGA						
Compartimentos	Área Km	Área %	Solo	Formas de relevo	Geologia	Suscetibilidade à erosão laminar e linear
CM_I Chapada	19,3	39,61	Neossolo quartzarênico Órtico; Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Serras do Roncador - Salto do Céu; Planalto do Parecis	Utiariti	Laminar: Classe II Linear: Moderadamente suscetíveis a ravinas e pouco suscetíveis a voçorocas.
CM_II Colinas Amplas e Médias	12,20	25,10	Neossolo Quartzarênico Órtico; Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Serras do Roncador - Salto do Céu; Planalto do Parecis.	Utiariti	Laminar: Classe I; Linear: Extremamente suscetíveis a ravinas e voçorocas.
CM_III Escarpas	1,85	3,81	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; Neossolo Quartzarênico Órtico	Serras do Roncador - Salto do Céu; Depressão do Alto Paraguai.	Utiariti; Alto Guaporé.	Laminar: Classe I; Linear: Suscetíveis a ravinas e não suscetíveis a voçorocas.
CM_IV Fundos de Vales	8	16,46	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; Neossolo Quartzarênico Órtico	Serras do Roncador - Salto do Céu; Depressão do Alto Paraguai; Planalto do Parecis.	Utiariti; Alto Guaporé	Laminar: Classe II; Linear: Extremamente suscetíveis a ravinas e voçorocas.
CM_V Terraços e Planícies	2,5	5,14	Argissolo vermelho-amarelo distrófico	Depressão do Alto Paraguai; Serras do Roncador - Salto do Céu	Alto Guaporé; Utiariti	Laminar: Classe II; Linear: Não suscetível a ravinas e a voçorocas.
CM_VI Morros e Morrotes Isolados	4,8	9,88	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; Neossolo Quartzarênico Órtico	Serras do Roncador - Salto do Céu; Depressão do Alto Paraguai.	Utiariti; Alto Guaporé.	Laminar: Classe II; Linear: Muito suscetíveis a ravinas e poucos suscetíveis a voçorocas.
Total	48,6	100,00				

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Revista Equador (UFPI), Vol. 10, Nº 2, Ano, 2021, p. 40 – 65.

Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

ISSN 2317-3491

Tal síntese permite uma abordagem genérica dos respectivos morfocompartimentos, entretanto, faz-se necessária a descrição da suscetibilidade à erodibilidade por meio do índice de declividade destas superfícies. Sendo assim, a descrição, posteriormente abordada, partiu da interagração dos estudos morfopedológicos e dos estudos da declividade vistos no Quadro 02:

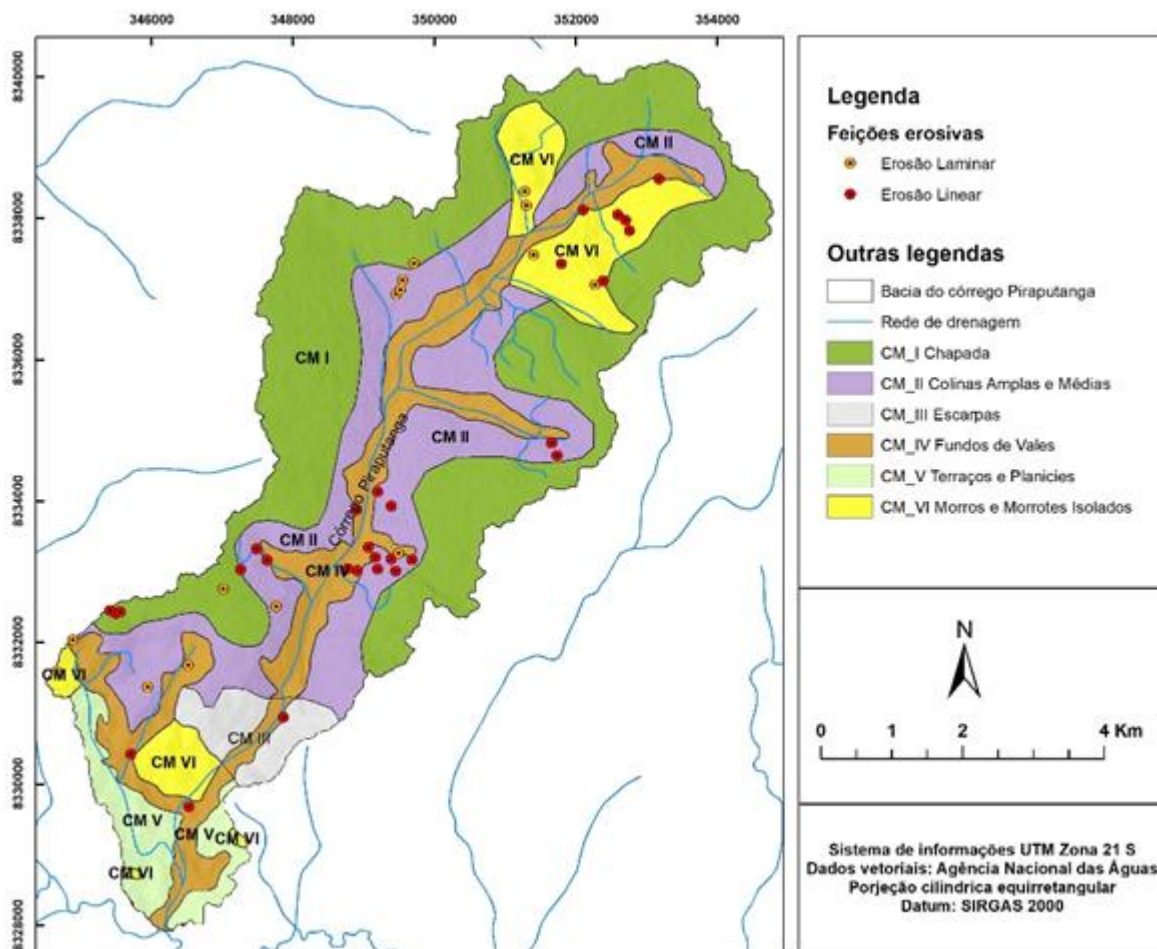
Quadro 02: Morfocompartimento X declividade.

Morfocompartimento	Classificação declive	Varição em % (declive)
I	Plano	0 – 3
	Suave ondulado	3 – 8
	Ondulado	8 – 20
II	Plano	0 – 3
	Suave ondulado	3 – 8
	Ondulado	8 – 20
	Forte ondulado	20 – 45
III	Suave ondulado	3 – 8
	Ondulado	8 – 20
	Forte ondulado	20 – 45
	Escarpado	45 – 75
IV	Plano	0 – 3
	Suave ondulado	3 – 8
	Ondulado	8 – 20
	Forte ondulado	20 – 45
V	Plano	0 – 3
	Suave ondulado	3 – 8
	Ondulado	8 – 20
	Forte ondulado	20 – 45
VI	Suave ondulado	3 – 8
	Ondulado	8 – 20
	Forte ondulado	20 – 45

Fonte: Adaptado de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979).

Com os cruzamentos de dados foi possível apresentar um mapa com as feições erosivas laminares e lineares (ravinas e voçorocas) quantificadas em cada um dos morfocompartimentos (Figura 03).

Figura 03 - Formações erosivas nos morfocompartimentos na sub-bacia do Piraputanga.



Fonte: Organizado e adaptado pelos autores (2021).

Morfocompartimento CM_I Chapada

O compartimento CM_I Chapada abrange a maior quantidade de nascentes da sub-bacia, com o mapeamento de quase da totalidade na unidade da Serras do Roncador, o total de área representa 19,08 km², ou 39,49%.

Neste compartimento predomina o Neossolo Quartzarênico Órtico, mas contém também Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com segmentos de vertentes de topos aplainados, ocorrendo em área de formação Utariiti, com litologia composta por arenitos e argilitos.

Este morfocompartimento ocupa um único segmento dentro da área da sub-bacia, seguindo de oeste à norte e leste da mesma, conforme a Figura 02, sendo circundante dos compartimentos morfopedológicos CM_ II Colinas amplas e médias e CM_IV fundos de vales.

A parte superior deste morfocompartimento é sensivelmente mais inclinada em relação às porções médias e baixas das vertentes, entretanto, a predominância de sua declividade permanece entre 3 a 8%.

Em relação à classificação da vulnerabilidade aos processos erosivos laminares, foi determinada a classe de suscetibilidade para o Neossolo Quartzarênico, solo predominante, Classe I e conjuntamente considerando-se a declividade compreendida, classe III, resultando para ambos a classe II: Muito suscetível (SALOMÃO, 2007).

Realizando uma análise do tipo de uso da terra, com a classe em que o morfocompartimento foi classificado, pode-se apontar a causa da maior feição erosiva encontrada nesta sub-bacia (Figuras 03 e 04): uma voçoroca que possui em média 10 m de profundidade e estendo-se por 803,73 m de comprimento, tendo sua origem no CM_II Colinas amplas e médias e agravado em direção ao morfocompartimento CM_I Chapada.

Figura 04: Visão vertical do médio corpo da voçoroca.



Fonte: Acervo do pessoal dos autores - foto tirada por Josiel Dorriguete de Oliveira em 2019.

No que se refere às erosões lineares, a camada superficial do solo com predominância de Neossolo Quartzarênico pode sofrer consequências diretas, uma vez observada a retirada de grande parte da vegetação natural para instalação de pastagem, além de mudanças antrópicas relativas ao uso da terra e à abertura de estradas. Além disso, destaca-se que a área de Chapada apresenta uma dispersão dos fluxos de água e capacidade de infiltração das águas da chuva. Contudo, os Neossolos Quartzarênicos apresentam baixo grau de coesão e baixa capacidade de suporte à ocupação antrópica, sendo o mesmo considerado por Salomão

(2007), i.e., como moderadamente suscetíveis a ravinas e pouco suscetíveis a voçorocas.

Morfocompartimento CM_II Colinas amplas e médias

O presente morfocompartimento ocupa 12,20 km² da área, o equivalente a 25,25% do total da sub-bacia. Percorre quase toda a extensão do córrego Piraputanga, apresentando maior concentração na sua parte direita, estendendo-se em direção sul. A unidade possui limites tanto à montante quanto às margens direita e esquerda com o CM_1 Chapada, no entorno do compartimento CM_IV Fundos de vales, com menor abrangência de contato, com o CM_VI Morros e morrotes isolados na parte norte e com o CM_III Escarpas na parte sul da sub-bacia (Figura 02).

Tal compartimento está situado, quase totalmente, nas Serras do Roncador. Apresenta colinas amplas com suaves vales, com dominância de solos de textura essencialmente arenosa em razão da concentração pedológica de Neossolo Quartzarênico. Seu substrato geológico é representado pelas rochas do Grupo Parecis, com predomínio de rochas areníticas.

Neste compartimento destacam-se os topos das colinas que possuem formas aplainadas e amplas. Todavia, sua declividade oscila entre plano a forte ondulado. As vertentes, desde o topo até o fim do compartimento, ampliam suavemente a sua declividade, alcançando valores de até 20 a 45% (Figura 05), tendo ainda um aumento nos compartimentos posteriores aos quais passa a vertente.

Figura 05: Colinas amplas e médias compostas por estruturas arenosas.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Nas partes baixas das vertentes das colinas amplas, genericamente pode-se dizer que há uma ruptura de relevo na passagem para os fundos de vales, os quais apresentam declividades variáveis por incumbência da forma e do grau de entalhamento do talvegue, geralmente com valores entre 3 a 8% de declividade, podendo, em certas localidades, alcançar valores ligeiramente maiores.

Referente ao índice de erodibilidade, este compartimento apresenta uma textura de solo arenoso com baixa coesão entre as partículas e, por consequência, uma baixa resistência à atuação dos processos erosivos. Isso porque o potencial de erodibilidade será baixo somente em locais de relevos aplainados onde há infiltração de águas pluviais em seu funcionamento hídrico. Assim, os setores dos topos das colinas são locais de menor vulnerabilidade à ação erosiva por possuir profunda cobertura pedológica e menores índices de declividade, acarretando melhor infiltração da água no Neossolo Quartzarênico, possibilitando, desta forma, a redução do potencial de carregamento de partículas.

Entretando, mesmo contendo trechos de Argissolos, as partes superiores às médias das vertentes, ainda preenchidas em maior quantidade por Neossolo Quartzarênico, mostram maior suscetibilidade em comparação ao topo, por apresentarem declividade ligeiramente maior, sendo cerca de 8 a 20%.

Com tal declividade, associada ao solo Neossolo Quartzarênico, considera-se a classe I de erodibilidade, atribuindo, então, a classe extremamente suscetível à ocorrência de erosão laminar.

Referente às erosões lineares, as vertentes das colinas amplas e médias caracterizam-se como extremamente suscetíveis a ravinas e voçorocas, pois são áreas muito favoráveis a instalações de *piping*, onde o processo de voçorocamento tem facilidade em se instalar já que houve a retirada de grande parte da vegetação natural para instalação de pastagens. Isso se justifica a alta capacidade hidráulica e a alta capacidade de percolação do lençol freático (SALOMÃO, 2007). Além disso, mostra-se como área de cabeceira de drenagem, já que muitas nascentes afloram neste morfocompartimento, como exemplo, observa-se na Figura 06, onde a nascente se dá já próximo à área de fundos de vale.

Nestas áreas do presente morfocompartimento com alta suscetibilidade a ravinas e voçorocas estão localizadas a maior quantidade de feições erosivas lineares presentes da sub-bacia (Figura 03).

Figura 06: Cabeceira de drenagem em área de Chapada.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Morfocompartimento CM_III Escarpas

Este morfocompartimento localiza-se em formato semelhante a circular na parte sudeste da sub-bacia, apresentando escarpa rochosa com vertentes inclinadas de tálus e rampas de colúvios. No total, representa 3,83% da área total da sub-bacia, o equivalente a 1,85 km².

O setor de escarpa rochosa constitui-se na maior parte da área por arenitos da Formação Utiariti, formando paredões subverticalizados e verticalizados.

Os setores das encostas apresentam inclinação expressiva, tendo vertentes escarpadas, podendo alcançar de 45 a 75% de declive (EMPRAPA,1979).

A base da escarpa, com vertentes menos inclinadas, aperfeiçoam rampas coluvionadas, com solos de textura arenosa, Neossolo Quartzarênico. Contudo, há partes desse morfocompartimento compostas por Argissolos, o que contribui para a contenção de processos erosivos na área. A maior parte do compartimento é composto por rochas areníticas da Formação Utiariti, verificando-se que a origem do solo contribui para a instabilidade quanto à erodibilidade.

Mesmo sendo difícil o acesso ao local, foi realizada a delimitação do morfocompartimento, conforme a Figura 07 e o plotado no mapa, sendo possível realizar a interpretação quanto à sua classe de erodibilidade, assim como ocorreu com os demais morfocompartimentos.

Figura 07: Vista superior das escarpas.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

Na escarpa composta por arenitos percebe-se queda livre de blocos rochosos que variam de 1 a 2 metros de diâmetro, principalmente no trecho que permeia a serra do Roncador. As causas que deflagam o processo ocorrem pelo desgaste por intemperismo sofrido pelos arenitos da Formação Utiariti, além da configuração espacial que apresentam altos paredões verticalizados, os quais, por sua vez, se mostram sujeitos a deslocamentos dos blocos da escarpa.

Nas proximidades do sopé da escarpa predominam Neossolos Quartzarênicos, acrescidos à sua declividade, sendo este morfocompartimento incluído na Classe I, como extremamente suscetível à erosão laminar.

A potencialidade à erosão linear pelas águas pluviais nas vertentes tomadas pelo depósito de tálus e coluviões é muito significativa, por tratar-se de local com expressiva declividade. Assim, pela proposição de Salomão (2007), classifica-se como suscetíveis a ravinas e não suscetíveis a voçorocas. Sendo as ravinas pouco profundas, com maior incidência de sulcos, tendo em vista a resistência ao aprofundamento da erosão imposta pela camada de solo.

Morfocompartimento CM_IV Fundos de Vale

Este morfocompartimento determina a extensão da área dos Fundos de Vale em 7,98 km², ou 16,51% do total da sub-bacia. Dirige-se de forma alongada e estreita em volta do

canal principal, estendendo-se de norte à sul, tendo maior destaque para o sul, onde se estende uma ramificação em direção ao sudoeste. Esta unidade é limítrofe na maior parte de seu entorno, com o CM_II Colinas médias e amplas, na parte norte confronta com o CM_VI Morros e morrotes isolados, na parte sudeste se limita com o CM_III Escarpas e, ao sul, com o CM_V Terraços e Planícies.

Este compartimento situa-se, na sua maior parte, nas Serras do Roncador, ocorrendo colinas amplas com vales médios, com domínio de solos argissolos, contudo, com base no material de origem é formado por rochas do Grupo Parecis, em suma, de rochas areníticas. Ademais, ocorre concentração de areia, sendo resultado do material de origem e também do escoamento superficial, conforme Figura 08 abaixo.

Figura 08: Parte médio superior de Fundo de vale.



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Neste morfocompartimento observa-se que as vertentes da parte superior até o terço médio aumentam suavemente a sua declividade, sendo a maior parte contemplada por relevo ondulado, com 8 a 20% de declive. Entretanto, em determinados pontos de seu terço inferior, pode alcançar valores de 20 a 45% de declive, caracterizando-se por relevo forte ondulado.

No que se refere à erodibilidade, este morfocompartimento mostra, na maior parte de sua extensão, a presença de Argissolos vermelho-Amarelo de textura média pela influência com o material de origem. Assim, o potencial à erosão será de classe II. Em associação ao seu declive, constitui a Classe II: muito suscetível à erosão laminar (SALOMÃO, 2007).

As regiões dos fundos de vales, que neste caso apresenta-se como curso d'água da

sub-bacia, mostram-se com uma expressiva fragilidade do meio físico, já que as áreas erosivas, em alguns trechos circundante, carregam partículas desagregadas de areias para os fundos de vale. Muito embora o argissolo seja um solo hidromórfico, há trechos em que é possível encontrar processos de assoreamento e significativa perda de hidromorfismo por conta das erosões tidas no entorno do canal e, principalmente, pelo pisoteio de gado que permeia o local.

As presentes áreas de fundos de vale, as quais se mostram com fluxo hídrico por curso d'água, além de solo hidromórfico e ainda por caracterizarem-se como áreas de anfiteatros côncavos, classificam-se, segundo Salomão (2007), como Extremamente suscetíveis a ravinas e voçorocas. Isto porque se localizam em áreas de grande funcionamento hídrico e sob influência de seu entorno. Conforme Figura 09, a qual liga por uma linha vermelha a parte superior das vertentes (A e B), encontram-se alguns pontos com falta de vegetação adequada aos fundos de vale, que são determinados com incompatibilidade ao uso, devendo a sua destinação, em exclusivo, ser para preservação, já que se considera uma área com vulnerabilidade a erosão e a assoreamento.

Figura 09: Área de anfiteatros côncavos em fundos de vale.



Fonte: Acervo dos autores (2021).

Assim, ao observar a Figura 10, percebe-se que a largura do fluxo hídrico encontra-se

por volta de 10 metros, o que necessitaria uma faixa marginal de no mínimo 30 metros de Área de Preservação Permanente (APP), pois, de acordo com a Lei n.º 12.727 de 2012, qualquer curso d'água natural, perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, necessita de proteção (BRASIL, 2012).

Figura 10: Largura do fluxo de surgência de águas na base da voçoroca.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

Ainda em relação à Área de Preservação Permanente, o local de **nascente** pode ser observado na Figura 11 envolto pelo círculo vermelho para localização. A nascente encontra-se sem a proteção necessária exigida pela Lei citada, a qual estabelece a exigência mínima de raio de 50 metros de proteção em APP (BRASIL, 2012).

Figura 11: Área de nascente.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

A proteção da mata ciliar contra a erosão se dá principalmente pela retenção física promovida pelas raízes da vegetação, pela diminuição do impacto da água sobre o solo através

das folhas e dos caules e pelo recobrimento do solo pela camada serapilheira (BRASIL, 2002; SHARMA; SHAKYA, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Em consonância, Nascimento (2001) ressalta o papel ambiental das matas ciliares e a importância de sua conservação, visando a melhoria da qualidade da água, a proteção do solo contra erosão pluvial e fluvial, a manutenção do abrigo e a disponibilidade de alimentos para a fauna e a manutenção do clima, dentre outros benefícios. Na ausência desta vegetação, ocorre o aparecimento das erosões e o fácil carreamento dos sedimentos para os cursos d'água, que se encontram desprotegidos pela vegetação, bem como o consequente assoreamento dos rios.

Morfocompartimento CM_V Terraços e Planícies

O compartimento morfopedológico CM-V ocupa a porção sul da sub-bacia, estando nas duas margens do entorno do fundo de vale (CM-IV) que percorre de parte do sudoeste até a foz na parte sul. Ambas as margens correspondem a 2,43 km², ou 5,03% da área total da sub-bacia do córrego Piraputanga. Este morfocompartimento, além de contactar com o CM-IV Fundos de Vale, também faz um contato, ainda que em pequena parte, com o CM-VI Morros e Morrotes Isolados e com o VM-III Escarpas, nas partes sudoeste e sudeste, respectivamente.

Figura 12: Terraços e planícies.



Fonte: Acervo dos autores (2021).

O mesmo é caracterizado por cobertura de Argissolos de textura média, com relevo entre suave ondulado a ondulado, variando entre 3 a 8% e, em alguns pontos, entre 8 a 20% de declive, ocorrendo também em substrato do Grupo Alto Guaporé. Apesar de o morfocompartimento apresentar uma parte composta de substrato do grupo Utariti, considerou-se, para a análise da erodibilidade, o primeiro substrato apresentado, já que é o de maior expressividade neste compartimento.

Com a cobertura apresentada nesta área e com vistas à análise realizada neste trabalho, considera-se a classe II para a erodibilidade do solo. Adjunto ao parâmetro de declividade empregado para ser determinada a vulnerabilidade à erosão laminar, atribui-se, então, a classe II Muito suscetível a erosões.

No que se refere à vulnerabilidade aos processos erosivos lineares, fez-se necessária a análise integrada da paisagem e do funcionamento hídrico desta unidade, onde constatou-se pequena tendência ao escoamento pluvial, já que tal escoamento é realizado com constância, pois o declive permite tal processo, além disso, apresenta gradiente subterrâneo baixo, incapaz de gerar fenômenos como *piping* (SALOMÃO, 2007). Assim, as erosões lineares se mostram com potencialidades reduzidas em razão da expressividade de Argissolo em relevo suave ondulado a ondulado, ficando sua classe voltada a não suscetível a ravinas e a voçorocas.

Morfocompartimento CM_VI Morros e Morrotes Isolados

Este morfocompartimento, CM_VI, preenche, em áreas de maior expressão, a parte norte, sul e sudoeste. Estes locais de morros e morrotes, que compõem este compartimento, estão segmentados em três locais, como acima descritos. A junção destas três localizações determina o total de área, sendo 4,78 km², ou 9,89%. Em seu entorno encontramos todos os outros morfocompartimentos, ou seja, há morros e morrotes com considerável expressividade. O compartimento de maior contato é o CM_IV Fundos de Vale, seguido do CM_I Chapadas, logo vem o CM_II Colinas Amplas e Médias, depois o CM_III Escarpas na parte sudeste e, por último, o CM_V Terraços e Planícies que se estende da parte sudeste a sul. O presente morfocompartimento pode ser observado na Figura 13:

Figura 13: Morros e morrotes isolados.



Fonte: Acervo dos autores (2021).

Este morfocompartimento caracteriza-se por solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo em relevo de morros e morrotes, em local cujo principal substrato geológico corresponde ao grupo Utiariti. Ao considerar a declividade, estipulada pelo relevo predominante ondulado variante entre 8 a 20%, adjunto da erodibilidade do Argissolo, passa a compreender em Classe II, Muito suscetível à erosão laminar.

O funcionamento hídrico da paisagem, de acordo com as características do Argissolo presentes no terreno, em consequência do gradiente e da textura apresentada pelo solo e considerando a presença do substrato de arenitos, subentende-se certa tendência quanto ao escoamento superficial de águas pluviais e nota-se uma classificação de muito suscetíveis a ravinas e pouco suscetíveis a voçorocas (SALOMÃO, 2007). Assim, percebe-se que esta área possui concentração dos fluxos de águas pluviais, originando processos de ravinamentos a partir de fenômenos que, de acordo com Rubira, Melo e Oliveira (2016), são erosões originadas por ações hídricas subsuperficiais.

No que se refere à erosão interna (*piping*), percebe-se que esta é desenvolvida internamente, no maciço do solo, sendo percebida somente quando apresenta o recalque (fratura da superfície) devido ao afundamento dos canais formados no solo (CONCIANI, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa demonstraram que há entre os morfocompartimentos a predominância da Classe II – Muito suscetível para erosão laminar, pela maior concentração

de Neossolos Quartzarênicos, tendo por material de origem arenitos da formação Utiariti. Além disso, a composição do relevo predominante de forma convexa e de declives oscilando entre suave a suave ondulado, variando entre 3 a 20% de declividade.

Quanto aos resultados dos locais propensos à erodibilidade linear extremamente suscetíveis a ravinas e a voçorocas, muito provavelmente ocorreram devido ao fato de que a retirada da vegetação natural e a implantação de pastagens permitiram o transporte de partículas, além da ocorrência do processo de *piping*, que se desenvolveu com facilidade nas localidades, em que já ocorriam elevados gradientes hidráulicos subterrâneos associados à percolação do lençol freático. De modo geral, tais áreas localizam-se em áreas de cabeceiras de drenagem, em nascentes e em fundos de vales. Locais onde foram observadas a maior quantidade dos processos erosivos lineares.

Foi possível analisar que há a necessidade de contenção e de controle desses processos erosivos e que as cargas de sedimentos são transportadas pelo córrego rumo aos rios da Bacia do Alto Paraguai, a qual possui sedimentos em suspensão e de fundo resultantes da má conservação ambiental das cabeceiras de drenagem.

Os estudos apontaram a existência de processos erosivos de grande dimensão e disfuncionalidade de cobertura dos solos.

Evidencia-se a necessidade de implementação de políticas públicas com planos que incentivem a educação ambiental e a conservação desta cabeceira, visando assegurar um ambiente conservado em toda a bacia hidrográfica, valendo-se do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal criado em 2017, por ser um ente em que ocorre com a participação da sociedade organizada, por ser essa tarefa bastante importante e com grande necessidade de envolvimento dessa mesma sociedade.

REFERÊNCIAS

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, p. 55-69, 1985.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha de Cuiabá SD 21 - Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, clima e Uso potencial da terra. Secretaria Geral. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de

março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília/DF, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 15 jul. 2021.

_____. Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002. **Diário Oficial**, n. 90, maio 2002. Disponível:

http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_14.59.14.834f63ee467e90be10cdf563383b3ade.pdf. Acesso em: 19 jul. 2019.

_____. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília/DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em: 17 jun. 2021.

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 7, São Paulo, 2000.

CONCIANI, W. **Processos erosivos**: conceitos e ações de controle. 1. ed. Cuiabá: CEFET - MT, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Reunião Técnica de Levantamento de Solos**, n. 10, Rio de Janeiro, 1979.

_____. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, 1997.

_____. **Nota Técnica 22**. Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos. Jaguariúna/SP: Embrapa, 2011.

FENDRICH, R. *et al.* **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 1997.

FERNANDES, M. R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de manejo de sub-bacias hidrográficas**: fundamentos e estratégias. Belo Horizonte: EMATER/MG, 1994.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Acesso e uso de dados geoespaciais**: Coordenação de Cartografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. M.; BARROS PAULA, L. F. **Hidrogeomorfologia**: formas, processos e registros sedimentares fluviais. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2020.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

NASCIMENTO, C. E. S. **A Importância das Matas Ciliares do rio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001.

OLIVEIRA, C. A. *et al.* Avaliação da retenção de sedimentos pela vegetação ripária pela caracterização morfológica e físico-química do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1281-1287, 2010.

PINTO, S. D. S. **A bacia hidrográfica do Rio São Domingos no Município de Dom Aquino/MT**: uma perspectiva socioambiental. 2009. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009.

RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do córrego Guanabara, município de Reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. **Revista GeoPantanal**, Corumbá, v. 8, n. 14, p. 152-169, jan./jun. 2013.

RUBIRA, F. G.; MELO, G. V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 33, n. 8, p. 168-193, fev./abr. 2016.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP)**: regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. 1994. Dissertação (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

_____. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, T. A. J.; SILVA, A. S. B.; BOTELHO, R. G.; MACHADO, R. G. (orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos-conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

_____. Controle e prevenção dos processos erosivos. 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, 2007.

SALOMÃO, F. X. T. *et al.* **Relatório Técnico Científico de Projeto de Pesquisa**: Sensoriamento remoto para diagnóstico à erosão laminar e lineares da sub-bacia hidrográfica do córrego Guanabara, da bacia do Alto Paraguai, no município de Reserva do Cabaçal/MT. Cuiabá/MT: GECA/UFMT, 2016.

SHARMA, R. H.; SHAKYA, N. M. Hydrological changes and its impact on water resources of Bagmati watershed, Nepal. **Journal of Hydrology**, v. 11, n. 51, p. 315-322, 2006.