

O ESTUDO DOS PROCESSOS EROSIVOS EM CABECEIRAS DE DRENAGEM

Valquiria Brilhador da Silva

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
valquiriabrilhador1@gmail.com

Edison Fortes

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
edisonfortes@hotmail.com

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo analisar a localização dos processos erosivos lineares em diferentes datas, em área rural e periurbana, aplicando o conceito de cabeceiras de drenagem em vales não canalizados. Para tal objetivo, a rede de drenagem e as feições erosivas foram obtidas em fotografias aéreas de 1980, por meio de técnicas de fotointerpretação, e de imagens de satélite de alta resolução de 2019, além de observação das formas em campo e checagem de informações obtidas por fotointerpretação. Os dados foram integrados em Sistema de Informação Geográfica, o que permitiu a sobreposição de informações e estabelecer relações entre a localização dos processos erosivos lineares e cabeceiras de drenagem. Os resultados indicam estreita relação entre a localização das erosões e as áreas de cabeceiras côncavas, em vales não canalizados. No entanto as feições erosivas identificadas não ocorrem exclusivamente respeitando a direção de fluxos desta geoforma, mas ocorrem também em linhas retas ou /e transversal ao eixo de drenagem, devido a intervenções antrópicas. Isso demonstra a importância de considerar as características naturais para o planejamento das atividades.

Palavras chave: Erosão. Rede de Drenagem. Fotointerpretação.

THE STUDY OF EROSIVE PROCESSES IN VALLEY HEADS

ABSTRACT: This work aimed to analyze the location of linear erosion processes in different data, in rural and peri-urban areas, applying the concept of drainage headwaters in unchanneled valleys. For this purpose, the drainage network and erosion features were obtained from 1980

aerial photographs, through photointerpretation techniques, and from high-resolution satellite images from 2019, in addition to observation of the forms in the field and checking of information obtained by photointerpretation. The data were integrated into a Geographic Information System, which allowed the overlapping of information and the establishment of relationships between the location of linear erosion processes and drainage headwaters. The results indicate a close relationship between the location of erosions in concave headwater areas in unchanneled valleys. However, the identified erosive features do not occur exclusively respecting the flow direction of this geofom, but also occur in straight lines or / and transverse to the drainage axis, due to anthropic interventions. This demonstrates the importance of considering the natural characteristics for the planning of activities.

Keywords: Erosion. Drainage Network. Photointerpretation.

1 INTRODUÇÃO

A erosão é uma das principais causas da degradação do solo, um fenômeno que interessa diversas áreas do conhecimento devido à magnitude que pode alcançar. No estado do Paraná, concomitante ao processo de urbanização, ocorreu diversos processos erosivos em áreas periurbanas de vários municípios, principalmente em solos derivados de arenitos do Grupo Caiuá. No entanto os processos erosivos não são exclusivos em terrenos arenosos, ocorrendo também em áreas com solos argilosos, como no presente caso. Embora tenham sido desenvolvidos programas para o controle da erosão desde a década de 1960, a erosão urbana e periurbana são apontadas como um dos maiores problemas ambientais (FONTANA, 2019).

Processos erosivos acelerados, tanto na área urbana como na área rural ou periurbana, são normalmente associados à atividade antrópica, que altera as características naturais do ambiente, como retirada da vegetação para implantação de cultivos e impermeabilização do solo. O estudo dos processos erosivos não é recente, no entanto é um fenômeno que apesar de apresentar características gerais comuns em diversos ambientes, é necessário entender os principais mecanismos atuantes em cada ambiente, o que é inerente a natureza de cada ambiente específico. O conhecimento destes mecanismos é indispensável para compreender o desenvolvimento dos processos erosivo, e contribui para tomada de decisões no âmbito do planejamento ambiental e controle.

Os estudos dos processos erosivos, levam em conta diversos fatores como características do relevo, tipos de solos, substrato geológico, uso e cobertura do solo e precipitação pluviométrica. Quaresma *et al.* (2017) destaca a importância de estudos que visam entender a gênese e a dinâmica dos processos, que podem auxiliar na tomada de decisões no enfrentamento do problema pelo poder público.

No município de Luiziana-Pr, onde está situada a bacia do rio Nunes, objeto deste estudo, processos erosivos vem se desenvolvendo na área periurbana e rural desde a década de 1970, onde além de sulcos e ravinas vem se desenvolvendo uma voçoroca, aqui denominada voçoroca Luiziana. Dessa forma o objetivo deste trabalho é analisar a localização dos processos erosivos lineares e sua posição em relação às cabeceiras de drenagem em vales não canalizados, tendo como recorte a bacia hidrográfica do rio Nunes.

1.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Luiziana está localizado na região centro ocidental do estado do Paraná (Fig. 1), no Sul do Brasil. No contexto geomorfológico regional, a área de estudo está situada no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2002), na subunidade do Planalto de Campo Mourão e no limite com a sub-unidade do Planalto do Alto/Médio Piquiri. De acordo com Santos *et al.* (2006) a sub-unidade do Planalto de Campo Mourão é caracterizada por apresentar baixa dissecação, topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base, com vales em calha. O Planalto do Alto/Médio Piquiri apresenta dissecação média, topos alongados e isolados, vertentes convexas e convexo-côncava e vales na forma de U aberto.

As características gerais do substrato rochoso são apresentadas com base em Licht e Arioli (2018). A área de estudo está sobre a Formação Paranapanema, composta por derrames de lavas básicas, com frequentes ocorrências de pegmatitos básicos, e raros depósitos vulcanoclásticos, que diminui a frequência da base para o topo dos derrames. Os derrames são do tipo *pahoehoe*, tabulares, podendo chegar a 20m de espessura devido aos processos de inflação por grandes volumes de magma com taxa de alimentação continuada. Podem ser encontrados eventualmente derrames com características de morfologia *rubbly pahoehoe*, caracterizada por

uma brecha autoclástica de topo, composta por fragmento do próprio derrame (LICHT; ARIOLI, 2018).

Os tipos de solos encontrados na área de estudo são os Latossolos Vermelho distroférico de textura argilosa, e em associação os Neossolos Litólico + Nitossolos Vermelho eutroférico + Chernossolos Háptico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018).

O clima é do tipo subtropical, com transição entre o clima Cfa e o clima Cfb, segundo a classificação de Köppen (1948). O clima Cfa é caracterizado por verões quentes, com temperatura média acima de 22°C no mês mais quente, sem estação seca e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão. O Clima Cfb é caracterizado por apresentar temperatura média no mês mais quente inferior a 22°C, sem estação seca (CAVIGLIONE, *et al.*, 2000). A média de precipitação anual para o período analisado (1976-2019) é de 1846 mm, sendo que no ano de 1983 a precipitação foi de 3467mm, e em 2015 foi de 2773mm. As médias mensais do período analisado indicam os meses de novembro, dezembro, janeiro e maio como os mais chuvosos, com precipitação média mensal entre 180 e 200mm nestes meses.

A vegetação original da área de estudo é a Floresta Ombrófila Mista Montana (RODERJAN *et al.* 2002). Quanto ao uso e cobertura do solo, a área urbana do município de Luiziana ocupa a porção superior da bacia do rio Nunes, no topo de interflúvio, divisor de águas das bacias dos rios Sem Passo, rio Chupador e rio das Lontras, ambas pertencentes à bacia do rio Ivaí (Fig. 1). No restante da bacia, predomina o cultivo temporário, com pequenas áreas de pastagens e silvicultura.

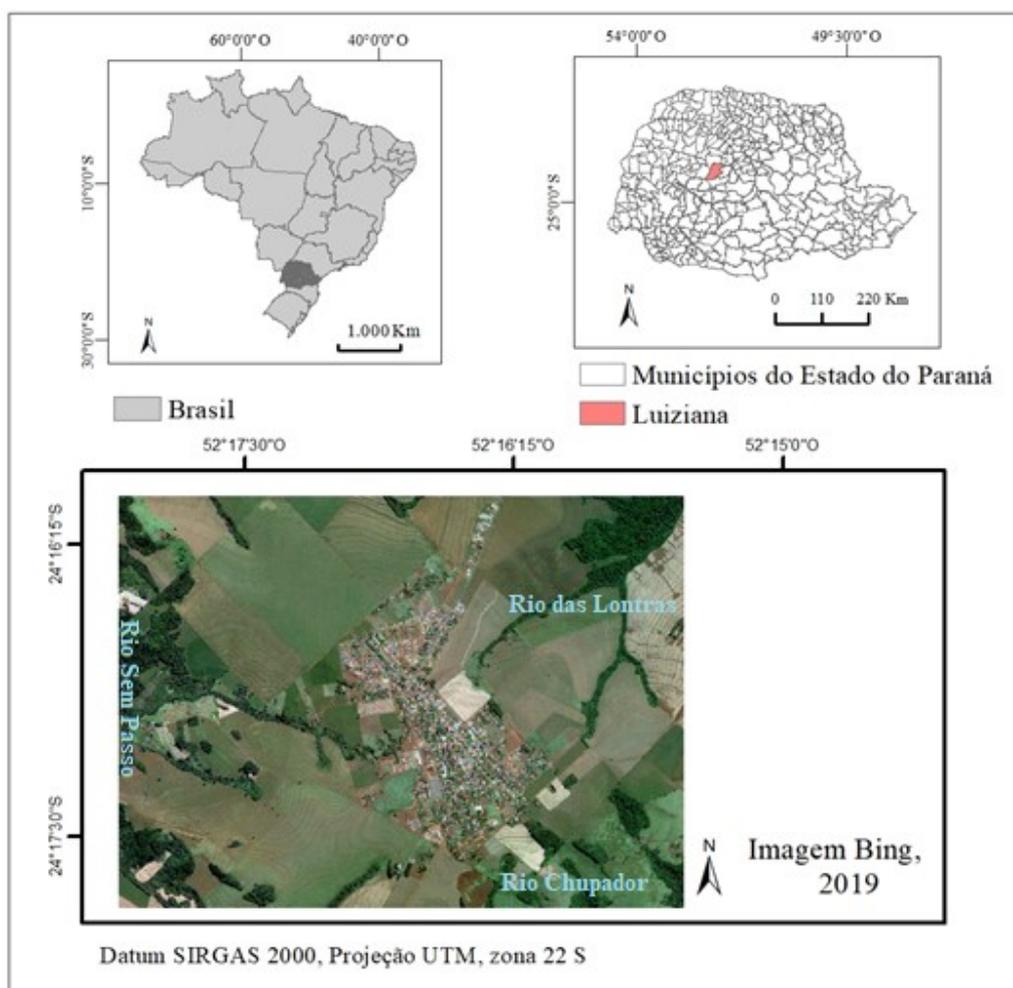


Figura 1: Localização da área de estudo
Fonte: Organizado pelos autores

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi importante uma breve revisão da literatura sobre o termo cabeceiras de drenagem ou cabeceiras de vale, e vales canalizados e processos associados a esta geoforma. A rede de drenagem e as feições erosivas foram obtidas em fotografias aéreas de 1980, e de imagens de satélite de alta resolução de 2019, por meio de técnicas de fotointerpretação. Em campo foram realizadas observações das feições erosivas, das

geofomas, checagem de informações obtidas por fotointerpretação e localização de pontos específicos com uso de GPS.

Para a escolha das imagens foram observados a presença das feições erosivas, a disponibilidade, a exemplo das fotografias aéreas, e a resolução espacial e temporal das imagens de interesse. As imagens utilizadas para mapeamento foram: fotografias aéreas na escala de 1:25.000 do ano de 1980 (ITCG, 2019); imagens de satélite com resolução de 0,5 m obtidas na plataforma *Bing Maps* (2019). Para estabelecer a devida correlação e sequência dos fatos, foram consultadas ainda fotografias aéreas do ano de 1953 na escala de 1:25.000, e do ano de 1990 na escala de 1:10.000; além de imagens históricas disponíveis na plataforma *Google Earth*, entre os anos 2007 e 2019.

As fotografias aéreas foram ortorretificadas no *software* de processamento fotogramétrico *Agisoft Photoscan* versão *Trial* e posteriormente georreferenciadas, conforme Silva e Fortes (2022). Após a ortorretificação das fotografias aéreas, os dados foram integrados em Sistemas de Informações Geográficas, o que permitiu a sobreposição de informações. Dessa forma foram estabelecidas relações entre a localização dos processos erosivos lineares e cabeceiras de drenagem.

A identificação dos elementos a serem vetorizados foi realizada a partir de diferentes níveis de zoom, e a vetorização dos elementos foi realizada com zoom para escala em torno de 1:2000. A simbologia utilizada no mapa de feições erosivas foi adaptada de Silva *et al.* (2022) que disponibilizaram símbolos geomorfológicos para cartografia de detalhe em SIG. Informações históricas e de uso e cobertura do solo foram obtidas em trabalho anterior dos autores, e de outros trabalhos realizados na área.

3 CABECEIRAS DE DRENAGEM

A bacia hidrográfica tem sido considerada como principal unidade de análise em estudos ambientais sob uma sistêmica. Conforme Christofolletti (1999) os sistemas envolvidos na análise ambiental funcionam dentro de um ambiente, fazendo parte de um conjunto maior. Assim uma bacia pode ser considerada um sistema na sua grandeza de estruturação e as mudanças em um subsistema influenciam em outro subsistema. “A bacia hidrográfica corresponde à área drenada

por um rio ou conjunto de rios e é um exemplo de sistema aberto no qual ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo” (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Conforme Dietrich e Dunne (1993) muitas paisagens são dominadas por uma rede de vales não canalizados que drena água e sedimentos para a rede de canais (Fig.2).

Oliveira (2007) destaca que “a hierarquização de canais pode ser extrapolada para áreas no interior das bacias, nas quais não existe canais incisos”. Na delimitação de bacias hidrográficas, o traçado das redes de drenagem individualiza sub-bacias situadas nas extremidades a montante. Essas sub bacias são as áreas de cabeceiras de vale, constituindo assim a rede de drenagem. “Esses vales não canalizados, são os primeiros formadores da rede de drenagem, podendo constituir o prolongamento direto da nascente dos canais de 1ª ordem ou, ainda tributários laterais de fluxos canalizados de qualquer nível hierárquico” (MOURA; SILVA, 2006).

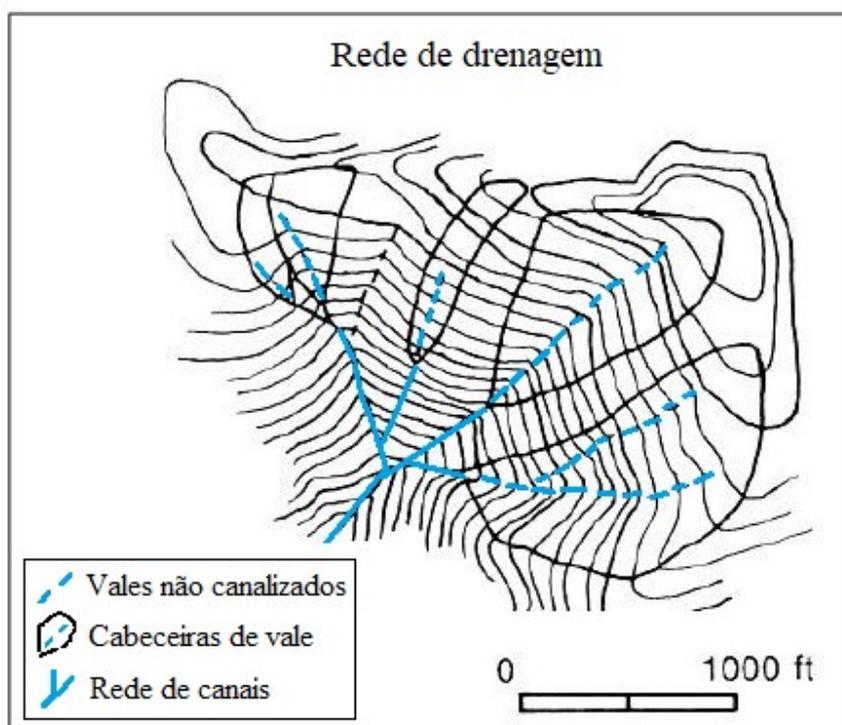


Figura 2 - Rede de drenagem: vales não canalizados, área de cabeceiras de vale, rede de canais
Fonte: Dietrich; Dunne (1993).

Na literatura internacional as cabeceiras de drenagem são referidas como *holows*. Com base na forma geométrica Hack e Goodlett (1960) identificaram os segmentos das cabeceiras de drenagem, sendo: *nose* a área do interflúvio cujos contornos são convexos, *side slope* a zona aproximadamente retilínea, existente entre o segmento convexo e o fundo do vale, e *hollows* a parte central da cabeceira de drenagem ou qualquer outra área da encosta cujos contornos sejam côncavos. As cabeceiras de drenagem também são denominadas de bacias de ordem zero, termo que vem sendo utilizado na atualidade, para designar estas áreas onde ocorrem convergência de fluxos, mas não possuem canal inciso. Tsukamoto (1973), define as bacias de ordem zero como a unidade territorial mínima para que ocorra convergência de fluxo.

Para Bigarella *et al.* (1996), as cabeceiras de drenagem côncavas constituem ambientes onde predomina a atividade erosiva. Estas formas teriam resultado da perda de estabilidade de uma porção do regolito, o qual teria deslizado vertente abaixo durante fases climáticas mais secas, diferentes das condições atuais (BIGARELLA *et al.*, 1965). Os materiais removidos dão origem aos depósitos colúviais, aos quais os autores supracitados denominam de rampa de colúvio (formas inclinadas preservadas no fundo de vales).

Diversos autores associam as cabeceiras de drenagem ao desenvolvimento de processos erosivos. As cabeceiras de drenagem ou *hollows* côncavos, foram identificados em estudos de evolução das vertentes realizados no Sudeste do Brasil. Meis e Monteiro (1979) adotaram o termo rampa para identificar as formas concavas, e segmentaram em: rampa superior, ou ambiente de erosão, rampa média ou seguimento de transição e rampa inferior ou ambiente de deposição. De acordo com as autoras a recorrência de períodos de formação de rampas durante o Quaternário Superior deu origem aos complexos de rampas, que pode ser algumas vezes testemunhada pela presença de pequenos degraus na topografia (MEIS; MACHADO, 1978).

Nos complexos de rampa, os sedimentos colúviais das concavidades menores, podem ser retrabalhados ao longo do eixo da concavidade principal, dando origem aos depósitos alúvio-colúviais no fundo do vale-tronco da cabeceira de drenagem, denominados anfiteatros (COELHO NETTO, 2003).

Oliveira e Meis (1985) constataram que 66% das voçorocas amostradas concentravam-se nos *hollows* com perfis côncavos, consideradas áreas sensíveis a erosão acelerada, sendo que a maior concentração de casos foi verificada em *hollows* com menor declividade e menor

amplitude de relevo. Enquanto Peixoto *et al.* (1989), constataram que 60% de casos de erosão linear acelerada, na região de Bananal (SP/RJ), estavam localizados nas cabeceiras de drenagem com *hollow* côncavo-plano (HCP), indicando estes como locais onde a retomada erosiva é predominante.

De acordo com Moura *et al.* (1991) o *hollow* côncavo (HC) em planta e perfil, estaria relacionado ao predomínio de vários episódios de colúviação convergentes para o eixo principal, definindo a estrutura dos complexos de rampa; o *hollow* côncavo plano (HCP), é caracterizado pela ruptura brusca das encostas laterais e complexos de rampa, com reentrâncias de fundo plano subhorizontal a horizontal. O HCP seria resultante do preenchimento de paleocanais erosivos por materiais alúvio-colúviais (rampas de alúvio-colúvio), que define a geometria de anfiteatros e sub-bacias de drenagem entulhadas, caracterizado pelo *hollow* côncavo em planta e retilíneo em perfil.

Avelar e Coelho Netto (1992) associaram o desenvolvimento das formas côncavas nas encostas ao sistema de fraturas do substrato rochoso. Segundo os autores, em estudo realizado no médio vale do rio Paraíba do Sul, no município de Bananal, as concavidades estruturais predominam em todas as litologias estudadas, independente da densidade de fraturas. De acordo com os autores, o fraturamento em matriz de rocha alterada favoreceria a “exfiltração de fluxos d’água subsuperficiais”, que devido ao “mecanismo de erosão por poro-pressões críticas nas faces de vazamento (*seepage erosion*)” poderia dar origem a tuncis erosivos e a formação de canais. A evolução desses canais detonaria movimentos de massa nas encostas laterais e cabeceiras, dando origem a formação e o desenvolvimento de concavidades estruturais (AVELAR; COELHO NETTO, 1992).

Filizola e Boulet (1996) associam a denudação química à formação de depressões fechadas e à evolução destes para vales de cabeceira. Os autores estudaram depressões fechadas sobre rochas sedimentares da bacia de Taubaté, no Vale do Paraíba, as quais estão localizadas aparentemente nas intersecções de falhas, onde a água infiltra verticalmente. Os autores verificaram que após chuvas intensas, ocorre fluxo lateral da água subterrânea, o que favorece a exportação de solutos, promovendo o rebaixamento da passagem permitindo a abertura da depressão, que desta forma evolui para um vale de cabeceira.

Para Coelho Netto (2003) os processos químicos e mecânicos não são excludentes entre si, a questão que se coloca é saber a magnitude dos diferentes processos nos diferentes estágios da evolução do modelado.

No estado do Paraná, sul do Brasil, as cabeceiras de drenagem e fundos de vales de baixa ordem vem sendo estudados por Paisani *et al.* (2016; 2017). Paisani *et al.* (2017), verificaram que fundos de vales de baixa ordem (<4ª ordem) foram colmatados por sedimentos colúviais durante o Quaternário tardio. Segundo os autores, “nas superfícies de cimeira do Planalto das Araucárias, as rampas de colúvios são unidades geomórficas de trânsito de sedimentos”, onde a dinâmica erosiva dificulta o acúmulo de sedimento, possibilitando a colmatção de vales de baixa ordem.

A importância de reconhecer as cabeceiras de drenagem em vales não canalizados se deve a conexão dos processos que ocorrem na vertente com processos que ocorrem no canal fluvial. Para Christofolletti (1980) “é impossível considerar as vertentes e os rios como entidades separadas porque, como membro de um sistema aberto que é a bacia de drenagem, estão continuamente em interação”. Oliveira (2007), destaca que “devido a interação sinérgica que pode ocorrer nestas zonas de convergência de fluxos superficial e subterrâneo, as áreas de cabeceiras de vale constituem as fontes de alimentação para os processos que causam incisões sobre vertentes”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia do rio Nunes corresponde a 2ª ordem na classificação de Strahler (1952), ocupa uma área de 3,125 km², com amplitude altimétrica de 150 m, estando o ponto mais baixo a 612 m e o ponto mais elevado a 762 m. O relevo é caracterizado por vertentes complexas, compostas por topo convexo estreito; seguimentos convexo-côncavo e convexo-côncavo retilíneo; com rupturas de declives; com extensão de até 1070 m no curso superior. Nos setores convexo-côncavo de média e alta vertente, estão situadas as cabeceiras côncavas que drenam para os vales não canalizados, conforme terminologia aqui adotada (Fig.3).

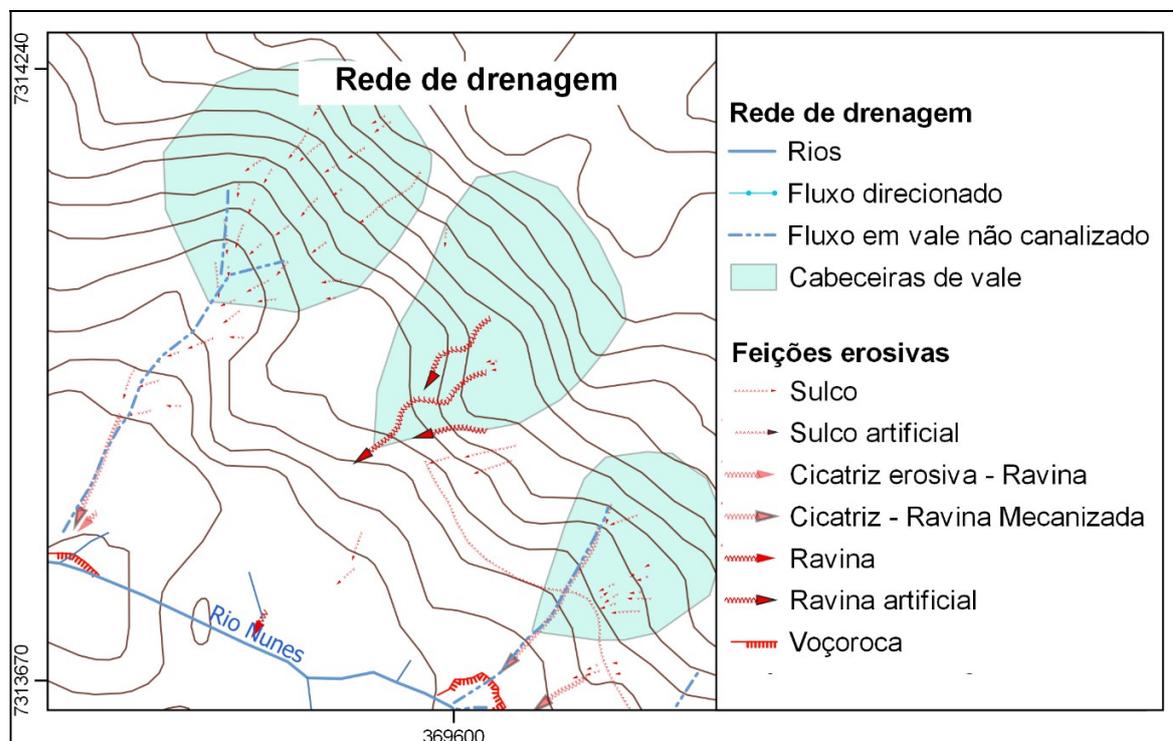


Figura 3- Recorte da rede de drenagem da bacia do rio Nunes
Fonte: autora

Na bacia do rio Nunes predominam declividades de 8 a 20% (relevo ondulado). Sendo que nos setores côncavos de média vertente, as declividades apresentam valores superiores a 20%, correspondendo a relevo forte ondulado.

O desencadeamento dos processos é atribuído às mudanças no uso de cobertura do solo na bacia hidrográfica, que passou de floresta entre as décadas de 1940 e 1950, para culturas permanente e temporária nas décadas seguintes, bem como a implantação da área urbana com sistema de arreamento que ocorreu também na década de 1950. Como agravante foi constatado a falta de vegetação ripária por volta do ano de 1980 (SILVA; FORTES, 2022, no prelo).

Entre os anos de 1980 para 2019, não houve mudança significativa na cobertura do solo, na área rural. No entanto, verificou-se uma relação entre elementos construídos como divisas, carregadores, e práticas mecânicas inadequadas e a ocorrência de processos erosivos. Já na área urbana houve expansão, impermeabilização das vias e implantação de galerias pluviais de forma

inadequada que contribuíram para a aceleração dos processos erosivos (SILVA; FORTES, 2022, no prelo).

A partir das observações em campo e do mapeamento dos processos erosivos em diferentes datas, foi possível estabelecer relações quanto às características da bacia do rio Nunes e a atuação dos processos erosivos ao longo do tempo (1980-2019). A área de topo e alta vertente encontra-se ocupada pela área urbanizada desde a década de 1980, mas cresceu no período analisado, e funciona como área de distribuição dos fluxos hídricos seja pelo sistema de arruamento inicial, seja sistema de drenagem urbana atual, com lançamento da água concentrado em bacias de contenção, sem dissipadores de energia.

No seguimento de média vertente, onde ocorrem as cabeceiras côncavas, predomina o escoamento concentrado de fluxos superficiais com formação de sulcos que convergem formando ravinas, conforme mapa de feições erosivas de 1980 (Fig.4) e 2019 (Fig.5). A sobreposição dos mapas permitiu observar que diversas feições erosivas permanecem na mesma posição ao longo do tempo, como pode ser observado na figura 6. Em locais onde ocorre o lançamento de água da drenagem urbana, a direção de escoamento natural é alterada artificialmente, inclusive pela interceptação por curvas em nível, que acabam direcionando o fluxo para o canal principal, onde ocorre uma conexão com a voçoroca. Neste caso foram identificadas no mapa de feições erosivas 2019 (Fig. 5) como: ravina artificial, sulco artificial, e fluxo direcionado.

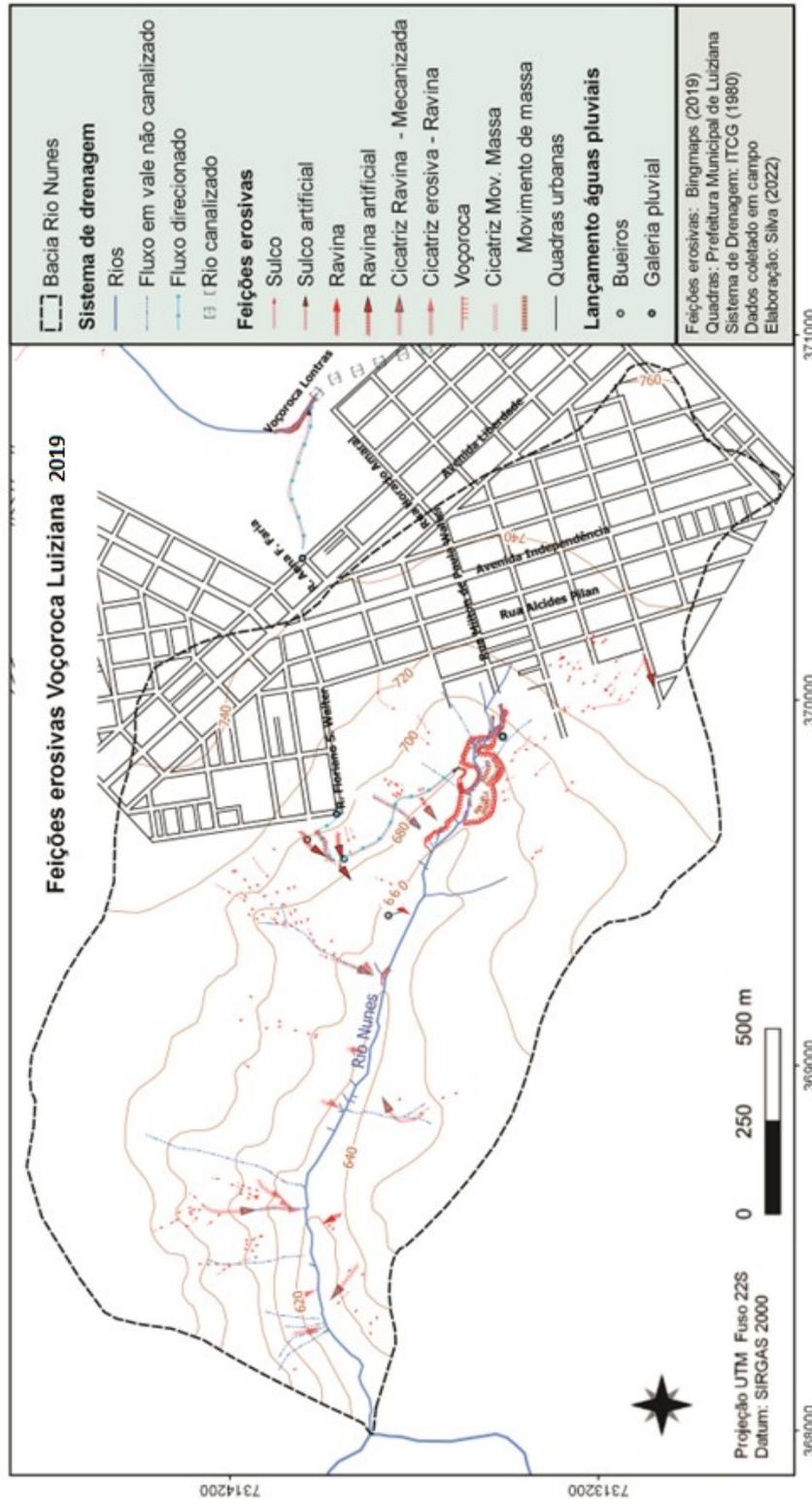


Figura 5 - Feições erosivas 2019
Fonte: elaborado pelos autores

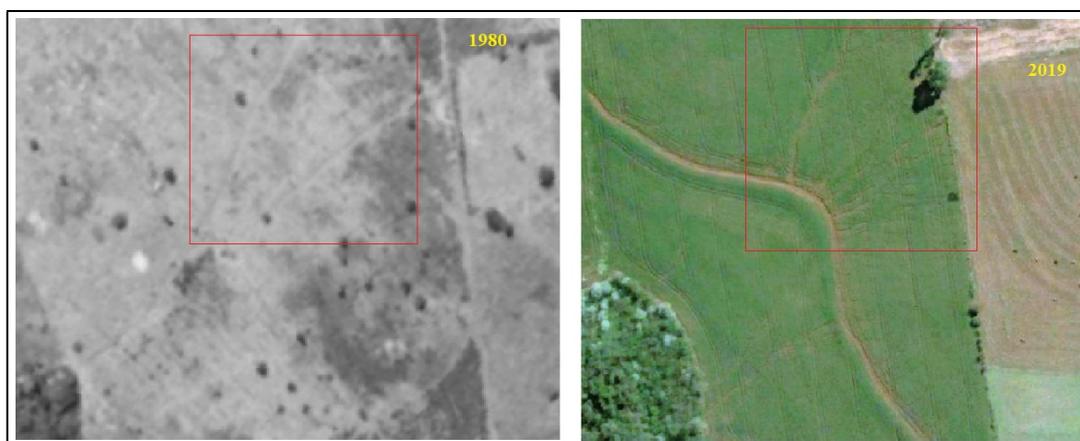


Figura 6 - Sulcos e ravinas em cabeceira côncava em 1980 em 2019.
Fonte: ITCG (1980); Plataforma *Bing Maps* (2019)

No segmento de média para baixa vertente, nos vales não canalizados a água coletada nas cabeceiras de vale escoada de forma concentrada, originando ravinas (Fig. 7). Em área cultivada, estas ravinas passaram por obras de terraplanagem para contenção do processo erosivo, e são constantemente retrabalhadas por processos de mecanização inerentes ao cultivo. Dessa forma, algumas das ravinas atuais, podem estar ou não na mesma posição de ravinas antigas. No mapa de processos erosivos de 2019 (Fig.5), estas “cicatrices” foram identificadas como cicatriz de ravina mecanizada.



Figura 7 - Ravina em seguimento de baixa vertente com exposição da rocha alterada.
Fonte: a autora

No fundo de vale, ao longo do curso superior e médio do rio Nunes, ocorre erosão ativa por voçoroca. O setor de cabeceira corresponde a confluência de vales não canalizados, onde o fluxo era intermitente na década de 1980, quando já haviam iniciado o desenvolvimento de ravinas. Com o crescimento e a impermeabilização da área urbana, além da implantação de galerias pluviais com lançamento concentrado da água, sem a implantação de dissipadores de energia, houve um incremento de energia no sistema. Essas mudanças provocaram a ampliação do processo erosivo com aprofundamento e alargamento da incisão (Fig. 8), que evoluiu remontantemente (SILVA; FORTES, 2022, no prelo).



**Figura 8 – Perfil exposto pelo aprofundamento da incisão.
Fonte: a autora (2020)**

Na cabeceira, a área afetada pela erosão é caracterizada por uma transição de solo com espessura em torno de 2m para solo raso, sobre um perfil espesso de rocha bastante alterada, com paredes abruptas, passando para perfis de alteração espessos, variando de 8 até > 20 m, do alto para médio curso. Neste setor ocorre o aprofundamento da incisão erosiva, e o alargamento por movimentos de massa. Na margem direita, ocorre uma alternância de perfis espessos “truncados” por pequenos canais relacionados a expansão do processo erosivo em voçoroca. Na margem esquerda da bacia, predominam os movimentos de massa (Fig.9). Esse fenômeno ocorre

principalmente sob condição de saturação em eventos chuvosos, quando os fluxos superficiais concentrados atingem o canal erosivo, somando-se a água do lençol subterrâneo.

Do médio para o baixo curso da bacia do rio Nunes, a partir de meados da década de 2000, a área afetada por ravinas (na média-baixa vertente), foi destinada a reserva, o que propiciou a recuperação natural, havendo uma desaceleração do processo erosivo. Estas ravinas foram identificadas no mapa de processos erosivos de 2019 (Fig. 5), como cicatriz erosiva - ravina.

Observou-se que os fluxos superficiais concentrados em cabeceiras de drenagem e vales não canalizados estão relacionados aos processos de erosão ativa (Fig. 9) ou a cicatrizes erosivas encontradas no fundo de vale. Esses processos evidenciam a conexão entre os processos que ocorrem na vertente e a expansão da voçoroca que se desenvolve no canal do rio Nunes.

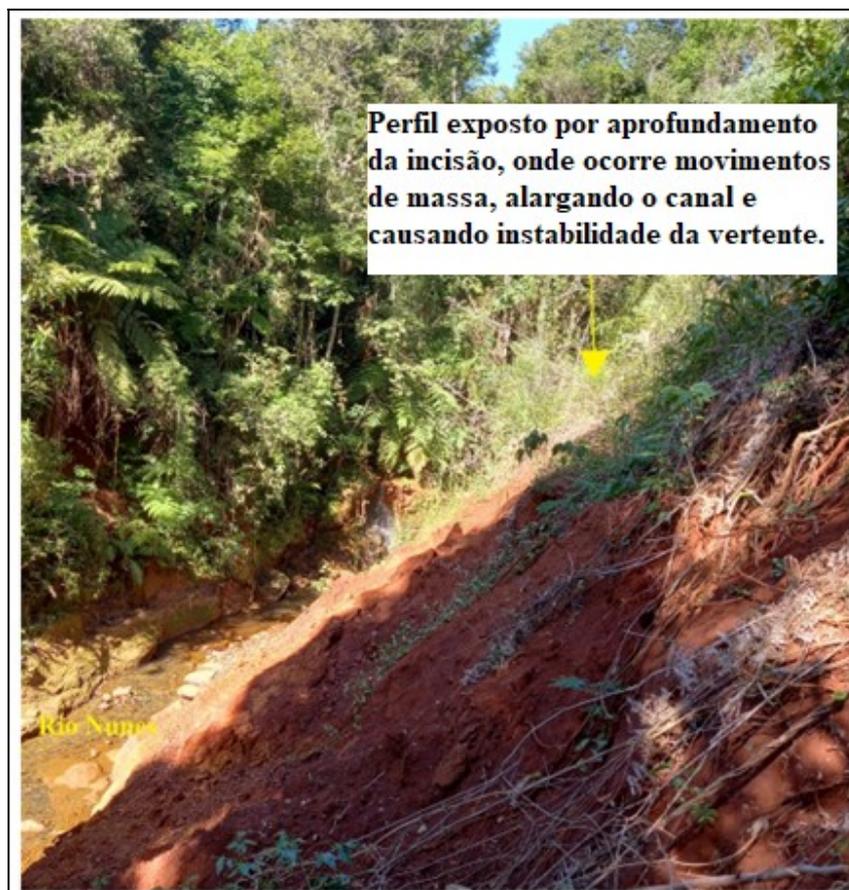


Figura 9 – Canal erosivo, em fundo de vale, adjacente a um seguimento côncavo em baixa vertente, onde ocorre convergência de fluxos .

Fonte: a autora (2023)

Outro fator que deve ser considerado é a intervenção antrópica realizada nestas áreas. A adoção de práticas agrícolas como a implantação de curvas em nível por exemplo, se por um lado a curva retém o escoamento da água em determinados pontos das vertentes, por outro, direcionam os fluxos de água superficiais. Quando as curvas em nível terminam junto ao fundo do vale ou às divisas, o fluxo concentrado dá origem às ravinas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos revelam uma área complexa, tanto em relação às características geomorfológicas como por influência de intervenções antrópicas na dinâmica natural. A atividade de campo associada a análise de imagens aéreas e imagens de satélite foi fundamental para a compreensão dos fatos.

O mapeamento do sistema de drenagem e dos processos erosivos, mostra que o sistema de drenagem é constituído por uma rede de vales não canalizado, onde se concentram os fluxos de escoamento superficial dando origem a sulcos e ravinas. Ficou constatada a relação entre concentração de fluxos em cabeceiras de vales, e em vales não canalizados e a ocorrência de processos erosivos, bem como a conexão entre os processos na vertente e a expansão do processo erosivo em voçoroca no canal fluvial.

As intervenções antrópicas provocaram modificações no sistema de drenagem natural, acelerando o processo erosivo causando instabilidade da vertente, além de direcionar processos erosivos nas vertentes.

Dessa forma, observa-se que a análise do meio considerando as cabeceiras de drenagem, possibilita tomada de decisões uma vez que define as áreas de convergência de fluxos sujeitas ao desenvolvimento de processos erosivos.

REFERÊNCIAS

AVELAR, A. S.; COELHO NETTO, A. L. Fraturas desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul. Rev. Bras. **Geociências**, v. 22 n.2, p. 222-227, 1992.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J. **Visão Integrada da Problemática da Erosão**. Curitiba: Associação de defesa e educação Ambiental e Associação Brasileira de geologia de Engenharia, 1985. 320 p.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**. Curitiba, n. 16/17, p. 85-116, jul., 1965.

BIGARELLA, J. J.; ROSEMARI, D. B.; EVERTON, P. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 2. Florianópolis: Ed UFSC, 1996.

DIETRICH, W. E.; DUNNE, T. The channel head. *In*: BEVEN, K. e KIRKBY, M. (Eds.) **Channel Network Hydrology**. John Wiley, Chichester, p. 175-219, 1993.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.

COELHO NETTO, A.L. Evolução de cabeceira de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): A formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural”. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 4, n. 2, 2003. p.118-167.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 93-148.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 200p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blücher Ltda, 1999. 236p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

FILIZOLA, H. F.; BOULET, B. Evolution and opening of closed depressions developed in a quartz-kaolinitic sedimentary substratum at Taubaté basin (São Paulo, Brazil) and analogy to the slope evolution. **Geomorphology**, n. 16, p.77-86, 1996.

HACK, J. T.; GOODLETT, J. C. **Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the central Appalachians**. Geological Survey professional paper Printing Office, v. 347, p. 1-66, 1960. DOI: 10.3133/pp347.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. SEMA-ITCG. GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Projeto “**Cobertura Aerofotogramétrica do Estado do Paraná**”. Fotografias Aéreas. Escala 1:25.000. Ano de 1980.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com un estudio de los climas de la tierra. México. Ed. Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LICHT O.A.B.; ARIOLI, E.E. **Mapeamento geológico do Grupo Serra Geral no Estado do Paraná. Nota Explicativa**. Curitiba: ITCG, 2018. 316 p.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 4ªed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2012. 526 p.

MEIS, M. M.; MACHADO, M. A morfologia de rampas e terraços no planalto do sudeste do Brasil-Médio Vale do Rio Doce. **Finisterra**, v.13 n.26, p. 201-218, 1978. DOI:10.18055/Finis2248.

MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M. Geometria do relevo e estratigrafia do Quaternário como base a tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro, médio vale do rio Paraíba do Sul. Ver. Brás. Geociências, São Paulo, v. 21, n.3, p. 255-265, 1981.

MOURA, J. S.; SILVA, T. M. Complexo de rampas de colúvio. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 143-180.

QUARESMA, C. C.; PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R.; FERREIRA, M. L.; Erosão remontante em cabeceiras de drenagem e ação antrópica: o caso do córrego Santa Cruzinha, afluente do rio Santo Anastácio – oeste do estado de São Paulo. *In*: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 17; Congresso Nacional de Geografia Física I, UNICAMP, 2017, Campinas. **Anais...**Campinas, p. 7162-7174, 2017. DOI:10.20396/sbgfa.v1i2017.1910.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de erosão por Voçorocas. *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.

OLIVEIRA, M. A. T.; MEIS, M. R.M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). **Geociências**, v. 4, São Paulo, p. 87-99, 1985.

PAISANI, J. C.; FACHIN, A.; PONTELLI, M. E.; OSTERRIETH, M. L.; LOPES-PAISANI, S. D.; FUJITA, R. H. Evolução de paleocabeceira de drenagem do Rio Chopinzinho (Sul do Brasil) durante o Quaternário Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 1, p. 43-59, 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17i1.735.

PAISANI, J. C.; LOPES-PAISANI, S. D.; OSTERRIETH, M. L.; PONTELLI, M. E.; FUJITA, R. H. Dinâmica de rampa de colúvio na superfície de Palmas/Água doce durante o Quaternário Tardio - Bases para compreender a evolução das encostas no planalto das araucárias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 4, p. 783-799, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i4.1247.

PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S.; SILVA, T. M. Morfometria de cabeceiras de drenagem em anfiteatros e a retomada erosiva por voçorocamento - Bananal (SP). *In: Simpósio de Geografia Física Aplicada*, 3., 1989, Nova Friburgo. *Anais...* Rio de Janeiro, IGEO/UFRJ. p. 149-174, 1989.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 24, p. 75-92, 2002.

SILVA, V. B.; FORTES, E. O uso e cobertura da terra e o desenvolvimento de processos erosivos em área periurbana. **Geomae**, v. 13, n. 1, 2022. No prelo.

SILVA, V. B.; FORTES, E. O uso de produtos de sensoriamento remoto na análise espaço-temporal: relevância de fotografias aéreas para análise de processos erosivos e alternativas metodológicas. **Terrae Didatica**, v. 18, n. 00, p. e022037, 2022. DOI: 10.20396/td.v18i00.8671355.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p.1117-1142, 1952.

TSUKAMOTO, Y.; OTHA, T.; NOGUCHI, H. Hydrological and geomorphological studies of debris slides on forested hillslopes in Japan. *International Association of Hydrological Scientists Publication*, v. 137, p. 89-98, 1982.

Enviado em 23/02/2023

Aprovado em 03/07/2023