

CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS DE UMA SUB-BACIA EM ÁREA RURAL ASSOCIADO AO PASTEJO E TÉCNICAS DE CONTROLE DE EROSÃO

Tayne Samara Machado da Silva¹; Cláudia Marisse dos Santos Rotta²

Resumo – O pastejo excessivo é um dos principais responsáveis pelo surgimento de erosões em áreas rurais. A compactação do solo e a criação de caminhos pelo gado, diminui a infiltração de água no solo e gera o aumento no escoamento superficial, que juntamente com determinadas características geológico-geotécnicas e ambientais podem desenvolver processos erosivos de grande porte. Existem inúmeras técnicas de controle de erosão, porém, em áreas rurais como a sub-bacia de estudo, é bastante frequente encontrar tais técnicas associadas a processos erosivos. Este trabalho objetivou caracterizar a evolução dos processos erosivos de uma sub-bacia, na qual estão associadas técnicas de controle, visando identificar as razões da existência de tais erosões e as principais falhas das técnicas de controle. Os resultados apontam para um aumento expressivo dos processos erosivos ao longo dos anos, influenciados pelas características geológico-geotécnicas e ambientais da área, bem como a má estruturação das técnicas de controle de erosão.

Abstract – Excessive grazing is one of the main causes of erosion in rural areas. The compaction of the soil and the creation of paths by cattle reduces the infiltration of water in the soil and generates an increase in runoff, which together with certain geological-geotechnical and environmental characteristics can develop large erosive processes. There are numerous erosion control techniques, however, in rural areas such as the study sub-basin, it is quite common to find such techniques associated with erosion processes. This work aimed to characterize the evolution of erosion processes in a sub-basin, in which control techniques are associated, in order to identify the reasons for the existence of such erosions and the main flaws in control techniques. The results point to a significant increase in erosion processes over the years, influenced by the geological-geotechnical and environmental characteristics of the area, as well as the poor structure of erosion control techniques.

Palavras-Chaves – processos erosivos; área rural; técnicas de controle de erosão.

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, (11) 997052665, tayne.samara20@gmail.com

² Professora Adjunta, Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino, (15) 3256-9069, claudiarotta@ufscar.br

1. INTRODUÇÃO

As principais causas da ocorrência de processos erosivos em áreas rurais são o desmatamento, a monocultura intensiva, plantio em áreas inclinadas, queimadas, uso indevido de agroquímicos e pastejo excessivo (GUERRA e BOTELHO, 1996; EMBRAPA, 2013). No caso da evolução de processos erosivos em função do pastejo, dá-se o nome de bioerosão, a qual pode ocorrer de forma direta e indireta. Com relação a seus efeitos diretos tem-se principalmente a compactação do solo e a retirada da cobertura vegetal devido ao pisoteio dos animais, a qual acarreta em efeitos indiretos como a diminuição na capacidade de infiltração do solo, aumento do escoamento superficial e conseqüentemente o aumento na ocorrência de processos erosivos. Ademais, tais efeitos indiretos produzem maior carga de sedimentos que são transportados para áreas mais baixas e canais fluviais (BLACKBURN, 1984; BLACK e MONTGOMERY, 1991; GUERRA e BOTELHO, 1996; THOMAZ e DIAS, 2009; BRIZZI, SOUZA e COSTA, 2017). Tendo em vista que a criação de gado é bastante disseminada por todo o mundo, alguns autores o consideram como um agente geomorfológico muito importante, além do fato de que o pastoreio excessivo é responsável por cerca de 30% da degradação das terras do planeta (TRIMBLE e MENDEL, 1995; THOMAZ e DIAS, 2009). Vale ressaltar que o cenário no Brasil é bastante preocupante, tendo em vista que atualmente, apesar da redução do rebanho bovino nos últimos anos, o cenário é aproximadamente 213,5 milhões de cabeças de gado contra cerca de 211 milhões de habitantes (IBGE, 2020a; IBGE, 2020b).

Sendo assim, é de extrema importância a utilização de técnicas de controle de processos erosivos, tendo em vista que sua ausência pode inviabilizar atividades econômicas em grandes áreas. Em ambientes rurais tais técnicas se resumem à adoção de práticas conservacionistas, cujo princípio é promover a máxima infiltração de água no solo e diminuir o escoamento superficial (SALOMÃO e YWASA, 1995; VERDUM, VIEIRA e CANEPPELE, 2016). Apesar da existência de diversas medidas para a prevenção, controle e recuperação de processos erosivos, estas não são frequentemente adotadas, e/ou não têm sido efetivas, tendo em vista o número de processos erosivos identificados em áreas rurais de todo o país. Dado o exposto, o objetivo deste trabalho consiste em caracterizar a origem e evolução dos processos erosivos de uma sub-bacia hidrográfica, na qual estão associadas técnicas de controle, visando identificar a causa de suas principais falhas.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende em uma sub-bacia hidrográfica tributária do Córrego Mandaçaia, que por sua vez é tributário do Rio Paranapanema. A sub-bacia apresenta área de aproximadamente 161 mil metros quadrados, e se situa em uma propriedade rural localizada no município de Buri, sudoeste do estado de São Paulo, próxima ao *campus* da UFSCar Lagoa do Sino (Figura 1).

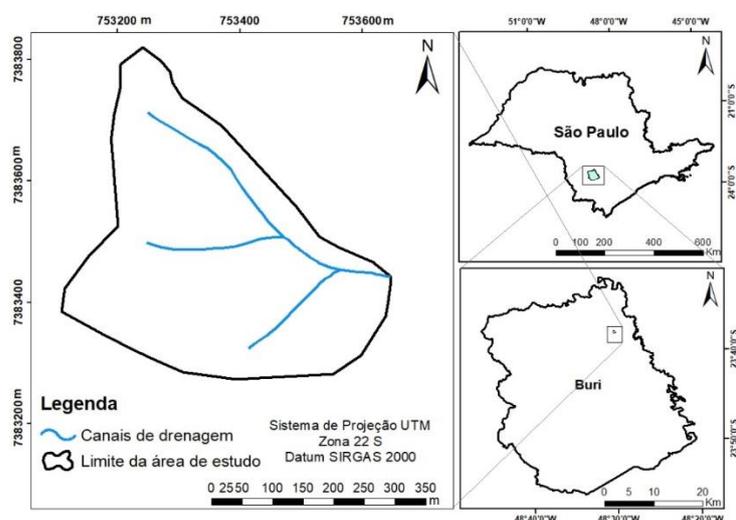


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

De acordo com a classificação climática de Köppen (1948), a região apresenta clima subtropical, caracterizado por possuir verão quente com temperaturas superiores a 22°C e precipitações em todos os meses do ano, fator que influencia o desenvolvimento de processos erosivos hídricos, que são recorrentes em países tropicais como o Brasil.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento desse trabalho envolveu diversas etapas, as quais estão sumarizadas no fluxograma da Figura 2.

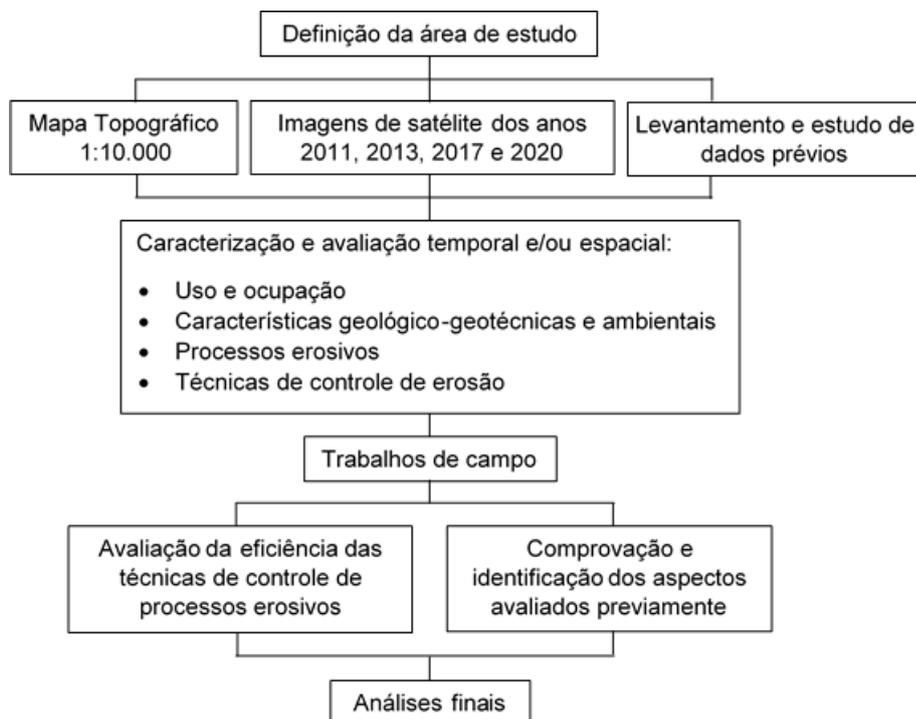


Figura 2. Fluxograma indicando as principais etapas do trabalho

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Aspectos geológicos-geotécnicos e ambientais

As informações acerca do substrato rochoso da sub-bacia em estudo foram obtidas por meio do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:250.000, publicado por Landim et al. (1984). Constatou-se que há duas unidades litoestratigráficas presentes na área, ambas pertencentes ao Período Geológico Carbonífero-Permiano, Grupo Tubarão, sendo elas, Formação Tatuí e Subgrupo Itararé (Figura 3a). A Formação Tatuí se situa em uma pequena área localizada na parte superior da bacia, sendo caracterizada por apresentar siltitos arenosos e argilosos, arenitos lamíticos e raras lentes de calcário. Já o Subgrupo Itararé abrange quase toda a área de estudo, sendo composto por arenitos finos e grosseiros, siltitos, lamitos, diamictitos e ritmitos, de cores predominantemente amarelo, vermelho e cinza.

Com relação a geomorfologia, a partir do Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo, de escala 1:500.000, publicado por Ross e Moroz (1997), observou-se que a sub-bacia encontra-se totalmente inserida na Depressão Paranapanema, porém possui características distintas, apresentadas em duas classes, sendo elas com dissecação baixa e com dissecação muito intensa (Figura 3b). A primeira apresenta vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem, já a segunda pode apresentar vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta ou, vales muito entalhados com densidade de drenagem menores. A área

classificada como Depressão Paranapanema com dissecação muito intensa está sujeita a processos erosivos agressivos, bem como movimentos de massa, de acordo com o autor.

De acordo com o Mapa Pedológico do estado de São Paulo, de escala 1:250.000, publicado por Rossi (2017), a sub-bacia estudada apresenta duas classes pedológicas (Figura 3c). A maior parte da área corresponde aos Argissolos Vermelho-amarelo, sendo descrita como uma associação de Argissolo Vermelho-amarelo, com vermelho abruptico, e Argissolo Vermelho-amarelo, com vermelho típico, ambos com textura arenosa média ou média argilosa e profundos. A classe que corresponde a menor área trata-se dos Latossolos Vermelhos, sendo descrita como uma associação de Latossolo Vermelho distrófico típico de textura média e Latossolo Vermelho distrófico típico de textura argilosa, ambos muito profundos.

A carta de declividade foi elaborada a partir da carta topográfica, de escala 1:10.000, elaborada pelo Governo do Estado de São Paulo (1978). O intervalo das classes de declividade, bem como sua descrição foram definidos de acordo com Embrapa (2006). Pode-se observar que a maior parte da sub-bacia apresenta relevo ondulado, seguido de relevo de ondulação suave. A declividade mais acentuada encontrada na área de estudo se classifica como forte ondulado, estando presente principalmente na região superior da bacia (Figura 3d).

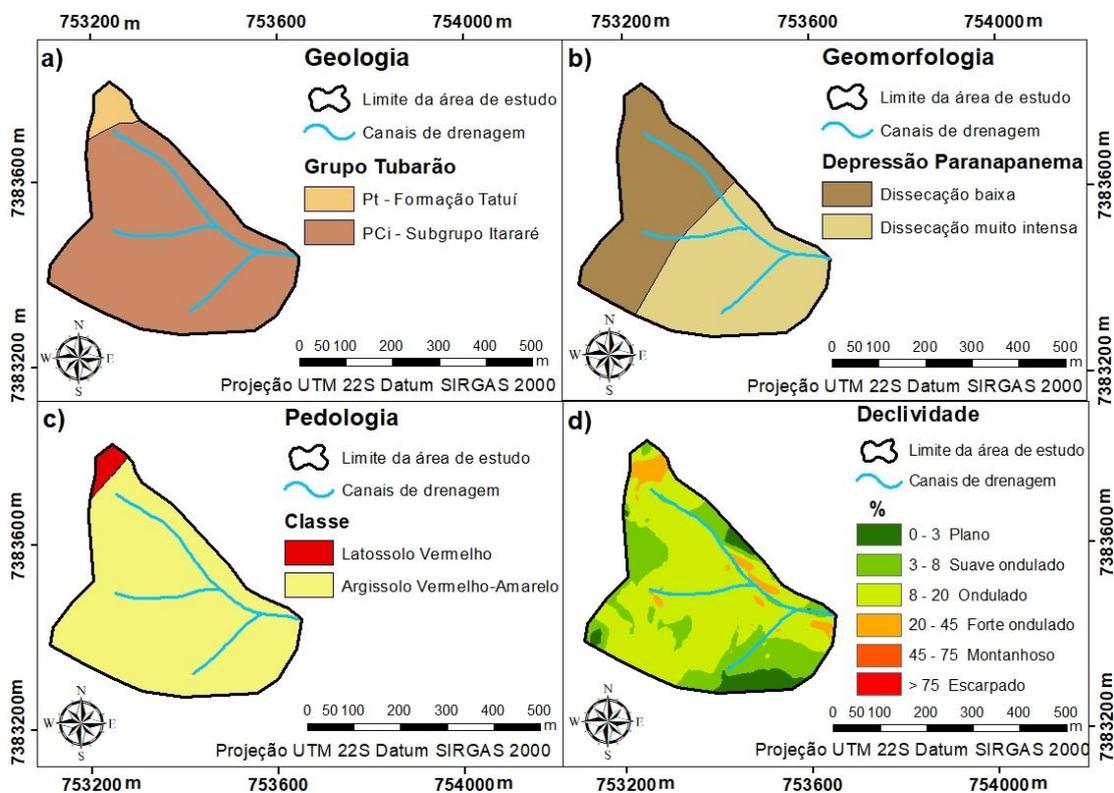


Figura 3. Aspectos geológico-geotécnicos e ambientais

O uso e ocupação da área de estudo é predominantemente composta pela pecuária bovina, sendo assim, a cobertura vegetal majoritária é a pastagem. Há pequenos remanescentes florestais de Mata Atlântica, os quais não estão associados aos canais de drenagem e a áreas de maior declividade. As principais feições erosivas presentes na sub-bacia associam-se aos canais de drenagem, porém o afloramento de água, atualmente, ocorre em cotas mais baixas quando comparadas às nascentes indicadas na carta topográfica (Figura 4).

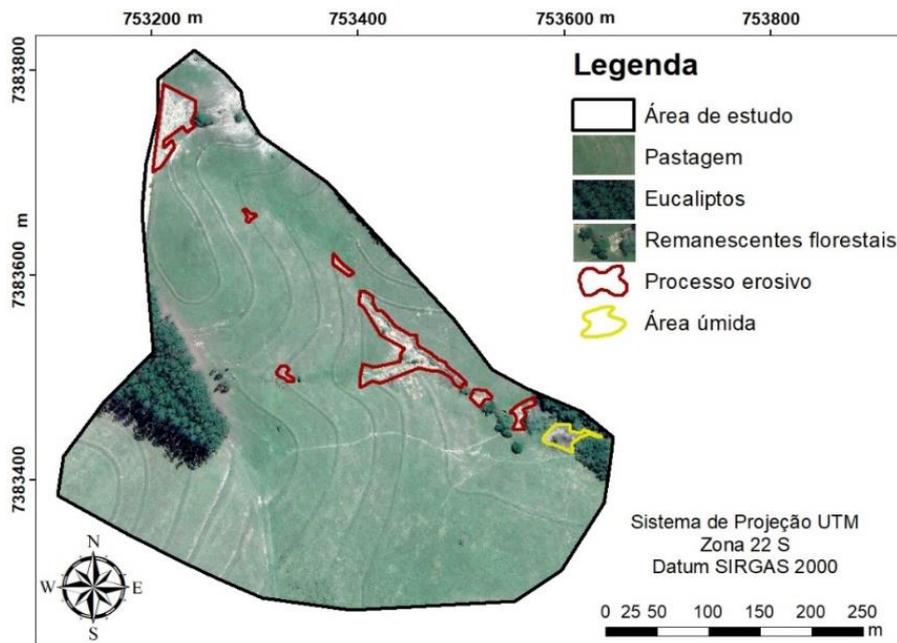


Figura 4. Mapa de uso e ocupação da área de estudo

4.2. Evolução do processo erosivo

A identificação e análise dos processos erosivos foi realizada tanto através da fotointerpretação, utilizando imagens de satélites de diferentes anos, quanto a partir de trabalhos de campo, o que permitiu a confirmação da existência de feições erosivas identificadas em escritório, bem como a identificação de outras. A Figura 5 exibe os processos erosivos identificados nas imagens referentes aos anos de 2011, 2013, 2017 e 2020.

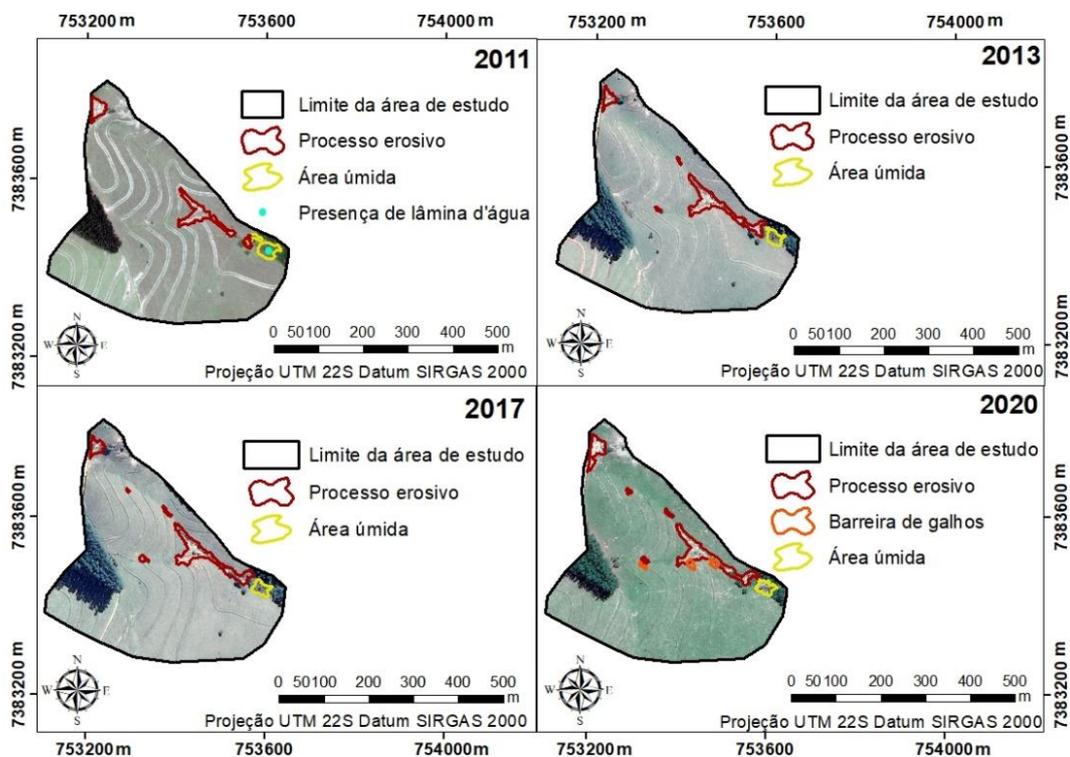


Figura 5. Mapa de evolução do processo erosivo

Com base na Figura 5, é possível observar que houve uma evolução considerável nos processos erosivos. A partir da Tabela 1 é possível notar que de 2011 a 2020 houve um crescimento de cerca de 48% da área correspondente a feições erosivas. Vale ressaltar que tais medições foram realizadas a partir da fotointerpretação, sendo então valores aproximados. Com relação as demais dimensões, as feições erosivas encontradas na sub-bacia variam entre 20 centímetros à 3 metros de profundidade, e de 10 centímetros à 10 metros de largura.

Tabela 1. Evolução do processo erosivo em termos de área superficial.

Ano	Área superficial dos processos erosivos (m ²)
2011	4.000
2013	4.619,5
2017	5.316,77
2020	5.946,83

Analisando os dados apresentados, verifica-se que os processos erosivos ocorrem com maior intensidade associado aos argissolos vermelho-amarelos, associados aos materiais rochosos do Subgrupo Itararé, e em áreas classificadas como relevo ondulado. Em campo, este solo apresentou textura bastante arenosa e pouca coesão, fator que contribui para a susceptibilidade à erosão (Figura 6).



Figura 6. a) Destaque para uma das ramificações da feição erosiva, associada ao Argissolo Vermelho-amarelo. b) Detalhe do solo classificado como Argissolo Vermelho-amarelo, segundo Rossi (2017).

Entretanto, também foram identificadas feições erosivas associadas ao Latossolo Vermelho sob a Formação Tatuí, com declividade forte ondulada, na parte superior da sub-bacia. Nesta, foram identificados sulcos e ravinas de extensões consideráveis (Figura 7a). Nesta área é possível observar o fenômeno de empastilhamento decorrente da presença de argilas que sofreram contração (Figura 7b).



Figura 7. a) Ravinas associadas ao Latossolo Vermelho. b) Destaque para o fenômeno de empastilhamento das argilas presentes no Latossolo Vermelho.

Além disso, há outros aspectos que podem ser observados a partir da Figura 5. Nota-se que em 2011 há uma grande área úmida na parte inferior da bacia, onde foi mapeada a ocorrência de lâmina d'água, fato que não pode ser observado nas imagens dos anos seguintes. Ademais, houve uma diminuição na área úmida ao decorrer dos anos, que pode ser justificado pela ausência de matas ciliares, pela deposição de sedimentos carreados pelo processo erosivo, e também devido ao pisoteamento do gado. Vale salientar, que apesar de não ter sido identificado lâmina d'água a partir da fotointerpretação nos anos de 2013, 2017 e 2020, os trabalhos de campo permitiram identificar que em algumas épocas ainda é possível encontrar lâmina d'água na área úmida, porém sob grande influência do gado (Figura 8a). Pode-se observar sua influência também a partir da criação de caminhos preferenciais, os quais, podem chegar a possuir 30 cm de profundidade, segundo Thomaz e Dias (2009) (Figura 8b).



Figura 8. a) Pisoteamento do gado em área com lâmina d'água b) caminho do gado

4.3. Técnicas de controle de erosão

Na sub-bacia estudada existem duas técnicas de controle de erosão, a primeira trata-se de terraços, que são compostos por um canal e um camalhão, cujo objetivo é interceptar a água e promover sua infiltração no solo lentamente. A partir da Figura 9 pode-se observar as dimensões do terraço, bem como o espaçamento entre eles, na sub-bacia.

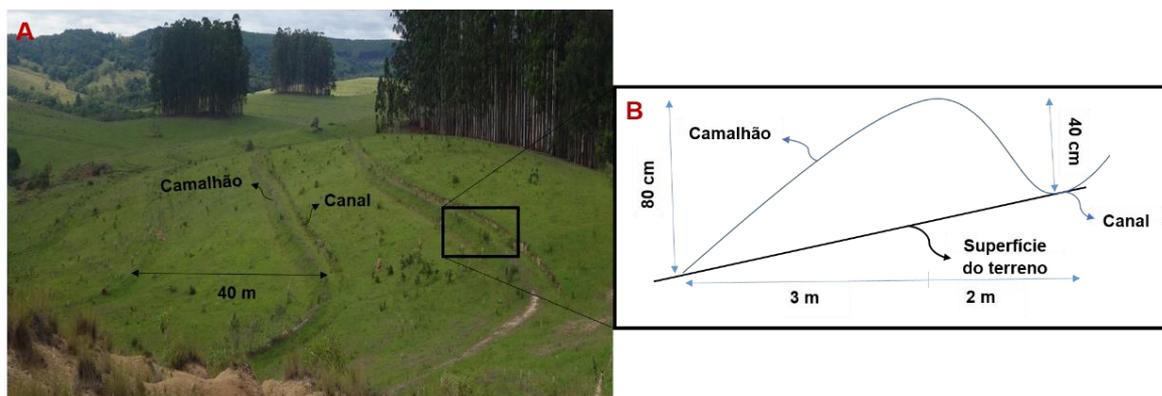


Figura 9. a) Terraços na área de cabeceira da sub-bacia de estudo. b) Esquema representativo das dimensões dos terraços da sub-bacia.

O dimensionamento dos terraços deve ser feito de acordo com inúmeros parâmetros, por exemplo, o tipo de solo, relevo, declividade, uso do solo, potencial de infiltração de água no solo, dentre outros. Porém, durante os trabalhos de campo, constatou-se que diversos terraços se romperam, gerando novos processos erosivos, indicando que estes não foram construídos levando em consideração todos os aspectos necessários. Além disso, o desenho dos mesmos em alguns pontos do terreno não era compatível com o relevo natural, de modo que os pontos associados à maior volume de escoamento superficial não eram aqueles preparados para tal.

A segunda técnica de controle de erosão presente na área de estudo é a barreira de galhos (*brush barrier*), que utiliza materiais vegetais como barramento de sedimentos e da imposição de um obstáculo ao escoamento superficial. Na Figura 10 observa-se uma das barreiras de galhos existentes, sendo estas aplicadas na encosta, fazendo limite com a erosão, no ano de 2019.



Figura 10. A) Barreira de galhos aplicada em uma das ramificações da principal feição erosiva da sub-bacia. b) Detalhe das dimensões e condições da barreira de galhos.

Assim como no terraceamento, para utilizar a técnica de barreira de galhos, existem alguns aspectos a serem respeitados, por exemplo, a altura da barreira deve variar entre 0,9 a 1,5 metros, e a largura da base deve estar entre 1,5 a 4,6 metros. Além disso, é importante que os materiais utilizados não ultrapassem 15 cm de diâmetro a fim de não criar espaços vazios pelos quais os sedimentos possam ser carreados com facilidade pelo escoamento superficial (ALASKA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND PUBLIC FACILITIES, 2001). Como pode-se observar pela Figura 10, as barreiras de galhos existentes na sub-bacia não estão de acordo com nenhuma das especificações citadas, tendo os galhos sido depositados de forma aleatória, e com grande espaçamento, não sendo estas, portanto, capazes de cumprir a função esperada.

Vale ressaltar, que apesar das técnicas de controle existentes na sub-bacia, as feições erosivas continuam ativas. A partir de trabalhos de campo realizados em 2019 e 2020 foram observados aspectos que indicam sua evolução, mesmo que de forma mais lenta, como o desprendimento de partículas de solo das paredes da voçoroca e sua deposição ao fundo da mesma. A Figura 11 mostra a evolução do processo erosivo na cabeceira de uma das ramificações da erosão principal, no período de janeiro a julho de 2020.



Figura 11. Feição erosiva associada a Latossolo Vermelho. a) Estágio evolutivo em Janeiro de 2020. b) Estágio evolutivo em Julho de 2020.

5. CONCLUSÃO

A existência dos processos erosivos na sub-bacia se justifica em função dos aspectos geológico-geotécnicos da área, que possuem, em especial, características arenosas e de baixa coesão. Associado a isso, a sub-bacia é utilizada como pastagem de gado a muitos anos, fator que contribui com a compactação do solo e criação de caminhos preferenciais que facilitam o carreamento de partículas do solo por meio do escoamento superficial. Soma-se a ausência de vegetação que deixa o solo desprotegido e sem barreiras para conter o escoamento e os sedimentos que estão sendo transportado. Tais condições, associadas a declividade ondulada, favorecem o desenvolvimento de processos erosivos de grandes dimensões, como é o caso da voçoroca existente na sub-bacia.

Apesar da existência de dois métodos de controle de erosão, esta continua ativa. Foi verificado que os terraços existiam, pelo menos, desde o ano de 2011; todavia, até 2020, os processos erosivos evoluíram cerca de 48% em área, sendo que alguns se desenvolveram justamente em função do rompimento de terraços, o que nos permite afirmar que essa técnica não tem sido efetiva. Tal fato pode se justificar em função da falta de planejamento na construção dos mesmos, utilizando-se dimensões inadequadas para o tipo de solo, para o tipo de uso, para a declividade, dentre outros.

Com relação as barreiras de galhos, foi possível observar que estas também foram feitas sem planejamento, onde os galhos foram distribuídos de forma aleatória e descontínua, deixando inúmeros espaços vazios que diminuem o barramento do escoamento superficial e das partículas de solo. Diante do exposto, bem como das evidências de evolução da erosão, tais como o destacamento de solo das paredes da voçoroca, seu transporte e deposição, conclui-se que a técnica de barreiras de galhos também não tem sido efetiva no controle dos processos erosivos.

REFERÊNCIAS

- ALASKA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND PUBLIC FACILITIES (2001) “*Erosion and sediment control*” in http://www.dot.state.ak.us/stwddes/desbridge/pop_hwydrnman.shtml. Acesso em 10 set. 2020.
- BLACK, T.A.; MONTGOMERY, D.R. (1991) “*Sediment transport by burrowing mammals*” in *Earth Surface Process and Landforms*, v.16, p. 163-172.
- BLACKBURN, W.H. (1984) “*Impacts of grazing intensity and specialized grazing systems on watershed characteristics and responses*” in *Natural Research Council/National Academy of Sciences*, Westview Press, p. 927-983.
- BRIZZI, R.R.; SOUZA, A.P.; COSTA, A.J.S.T. (2017) “*Influência do manejo agrícola na suscetibilidade dos solos à erosão na sub-bacia hidrográfica do rio São Romão, Nova Friburgo/RJ*” in *Estudos Geográficos*, v.15, p.171-191.
- EMBRAPA (2006) “*Sistema brasileiro de classificação de solos*”. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 306f.
- EMBRAPA (2013) “*Prosa Rural – Erosão do solo, seus efeitos e práticas de controle*” in <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2289436/prosa-rural---erosao-do-solo-seus-efeitos-e-praticas-de-controle>. Acesso em: 03 set. 2020.
- EMBRAPA (2015) “*Artigo: Conservação do solo e da água para pastagens tropicais – uma abordagem sistêmica*” in <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8625191/artigo-conservacao-do-solo-e-da-agua-para-pastagens-tropicais---uma-abordagem-sistemica>. Acesso em 10 set. 2020.
- GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M. (1996) “*Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos*” in *Anuário do Instituto de Geociências*, v.19, p.93-114.
- IBGE (2020a) “*Números do censo de 2020*” in <https://censo2020.ibge.gov.br/sobre/numeros-do-censo>. Acesso em: 03 set. 2020.
- IBGE (2020b) “*Rebanho bovino reduz em 2018, em ano de crescimento do abate e exportação*” in <https://censo2020.ibge.gov.br/2012-agencia-de-noticias/noticias/25483-rebanho-bovino-reduz-em-2018-em-ano-marcado-por-altas-no-abate-e-exportacao.html>. Acesso em: 03 set. 2020.
- KÖPPEN, W. (1948) *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 478 p
- SALOMÃO, F.X.T.; IWASA, O.Y. (1995). Erosão e ocupação rural e urbana. In BITAR, O.Y. “*Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*”, São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p.31-57.
- THOMAS, E.L.; DIAS, W.A. (2009) “*Bioerosão – evolução do rebanho bovino brasileiro e implicações nos processos geomorfológicos*” in *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.10, n.2, p. 3-11.
- TRIMBLE, S.W.; MENDEL, A.C. (1995) “*The cow as a geomorphic agent: a critical review*” in *Geomorphology*, v.13, p.233-253.
- VERDUM, R.; VIEIRA, C.L.; CANEPPELE, J.C.G. (2016) “*Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo*”. *Geographys Laboratório de Geografia Física, Porto Alegre*, 54f.