

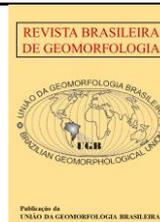


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, nº ESPECIAL (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i00.2325>



Artigo de Pesquisa

Estabilização de erosão hídrica em Antropossolos com técnicas de bioengenharia na Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente, SP, Brasil

Stabilization of water erosion in Anthroposols with bioengineering techniques in the Environmental Protection Area of Timburi, municipality of Presidente Prudente, SP, Brazil

João Osvaldo Rodrigues Nunes ¹, Maria Cristina Perusi ², Melina Fushimi ³, Mariana dos Santos Moreno ⁴, Leonardo da Silva Thomazini ⁵

¹ Universidade Estadual Paulista (FCT-UNESP), Departamento de Geografia (Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos), Presidente Prudente, Brasil. joao.o.nunes@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3924-4056>

² Universidade Estadual Paulista (Campus Ourinhos), Curso de Geografia (Laboratório de Geologia e Pedologia "Ana Primavesi"), Ourinhos, Brasil. cristina.perusi@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3216-0140>

³ Universidade Estadual Paulista (Instituto de Geociências), Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental, Rio Claro, Brasil. melina.fushimi@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3682-4701>

⁴ Universidade Estadual Paulista (FCT-UNESP), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Presidente Prudente, Brasil. m.moreno@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6001-8219>

⁵ Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Curso de Geografia, Foz do Iguaçu, Brasil. leosthomazini@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3146-8357>

Recebido: 07/12/2022; Aceito: 15/09/2023; Publicado: 26/09/2023

Resumo: As formas de relevo estão diretamente relacionadas com a deflagração de processos erosivos, os quais fazem parte da dinâmica da natureza. Com avanço da ação humana sobre os diversos ambientes do Planeta Terra, foi proposta a criação de uma nova idade do Holoceno, designada de Antropoceno. Neste sentido, destaca-se a antropomorfogênese e a formação de novas paisagens; ocasionando o surgimento e expansão dos Antropossolos. Esta classe de solo apresenta características físicas, químicas e morfológicas muito distintas das originais e maior vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos. O presente artigo tem por objetivo apresentar o trabalho de estabilização de processos erosivos lineares em duas propriedades rurais com áreas de ravinas e voçorocas, em Antropossolos, na Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente, SP, Brasil. Para tanto, implantou-se técnicas de bioengenharia na forma de estruturas de paliçadas em processos erosivos lineares do tipo ravina e voçorocas. Os Antropossolos foram classificados até o terceiro nível categórico a partir da descrição morfológica, análises físicas e químicas. Nas duas propriedades rurais onde foram instaladas as estruturas de bioengenharia, mesmo nos meses de maior pluviosidade, novembro a fevereiro, em setores classificados como

de alta a muito alta vulnerabilidade ambiental não ocorreu expansão dos focos erosivos, mostrando a eficácia das técnicas. Em relação aos Antropossolos, predominantemente Sômicos, os resultados de campo e laboratório revelaram um elevado grau de degradação principalmente dos indicadores químicos de qualidade do solo.

Palavras-chave: Geomorfologia; Compartimentos de relevo; Formas de relevo; Uso da terra; Estabilização de áreas degradadas.

Abstract: The landforms are directly related to the initiation of erosion processes, which are part of the dynamics of nature. With the advancement of human actions in different environments on Planet Earth, the concept of a new geological epoch called the Anthropocene has been proposed. In this context, anthropomorphogenesis and the formation of new landscapes are prominent, leading to the emergence and expansion of Anthroposols. This soil class exhibits physical, chemical, and morphological characteristics that differ significantly from the original ones and are more environmentally vulnerable to erosion processes. This article aims to present the work on stabilizing linear erosion processes on two rural properties with ravines and gullies in Anthroposols within the Environmental Protection Area and Sustainable Use of Timburi, in the municipality of Presidente Prudente, SP, Brazil. To achieve this goal, bioengineering techniques in the form of palisade structures were implemented to address linear erosion processes like ravines and gullies. Anthroposols were classified up to the third categorical level based on morphological descriptions and physical and chemical analyses. In the two rural properties where the bioengineering structures were installed, even during months with the highest rainfall, from November to February, in areas classified as having high to very high environmental vulnerability, there was no expansion of erosion sites. This demonstrates the effectiveness of the techniques. Regarding Anthroposols, primarily identified as "Somic," field and laboratory results revealed a high degree of degradation, particularly in chemical soil quality indicators.

Keywords: Geomorphology; Landform compartments; Landforms; Land use; Degraded areas stabilization.

1. Introdução

O Antropoceno, proposta da mais recente Época na escala do tempo geológico, surgiu da formulação dos cientistas Paul Crutzen e Eugene Stoermer nos anos 2000, sob a afirmação de que as forças humanas em relação ao planeta estavam aumentando significativamente. Entretanto, essas constatações já haviam sido feitas por George-Louis Leclerc, em 1775; George Marsh, em 1864; Antonio Stoppani, em 1873; e Vladimir Vernadsky, em 1926, que registraram o fato de que as ações humanas haviam se expandido enormemente (CRUTZEN; STOERMER, 2000). Para esses autores, o aumento da população mundial, o incremento no número de cabeças de gado, a urbanização, o esgotamento dos combustíveis fósseis, o uso exacerbado de água e as aceleradas taxas de extinção de outras espécies, são expressões inteligíveis do novo papel da humanidade na geologia e ecologia da Terra.

O marco inicial dessa Época ainda é controverso. Alguns estudos elegem o final do século XVIII como prelúdio; outros, o ano de 1950, com a "Grande Aceleração", com o surgimento da agricultura, há aproximadamente 11.700 anos; impacto causado pelas populações humanas à superfície terrestre, e o período da "Pequena Idade do Gelo", marcado pela expansão europeia por vários continentes e a consequente dizimação de povos nativos (PÁDUA, 2015; SILVA; ARBILLA, 2018; HERNÁNDEZ, 2021).

Independente do marco inicial, fato é que em consequência da intensa e desmedida degradação do meio ambiente pelas ações humanas, os estudos geomorfológicos relacionados às dinâmicas de formação dos processos erosivos lineares e laminares têm sido recorrentes. No Antropoceno, conceito basilar deste trabalho, assiste-se ao decréscimo da biodiversidade; à destruição de ecossistemas globais; alterações climáticas; e à redução da superfície de água no planeta que, somente no Brasil, foi de 15,7% desde o início dos anos 1990, área equivalente a quatro vezes o estado do Rio de Janeiro (OWENS, 2020; ELMQVIST et al., 2021; MAPBIOMAS, 2021), situações que potencializam o modelo degradante.

A geomorfologia não se encontra isenta da lógica antropocênica e, atualmente, os processos em vertente são cada vez mais acelerados. A mudança na cobertura da terra, comparada a outras formas de interferência antrópica na paisagem, acelera as taxas de escoamento superficial e diminuem a infiltração da água (AGUILAR; OWENS; GIARDINO, 2020). Nesse sentido, é imprescindível que as ações antrópicas sejam adicionadas aos estudos teóricos e aplicados, possibilitando novas abordagens analíticas (SUERTEGARAY, 2002). Com isso, Szabó, Dávid e Lóczy (2010), salientam que as alterações no relevo podem acontecer de forma direta ou indireta, sendo que esta última fica implícita na paisagem na forma de intensos processos erosivos acelerados.

A erosão é um fenômeno natural, sendo um dos processos exógenos responsáveis pela formação do relevo, bem como das rochas sedimentares e dos solos aluviais. No entanto, as dinâmicas erosivas são intensificadas e/ou desencadeadas pelas atividades econômicas, por meio do uso intenso da terra, promovendo a degradação ambiental e dos solos *on-site* e *off-site* (LAL, 1998; VANMAERCKE et al., 2016; BERTONI; LOMBARDI NETO; 2017). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2021), cerca de 33% dos solos em nível global, incluindo o Brasil, apresentam-se moderados ou altamente degradados, com perda de 20 a 37 milhões de toneladas de sedimentos por ano.

Historicamente, embora a ocorrência da erosão acelerada seja um fenômeno mundial antigo, como apontado por Bertoni e Lombardi Neto (2017) teve início na Mesopotâmia, próximo aos rios Tigre e Eufrates. Já os primeiros estudos sobre as feições erosivas, especificamente voçorocas, mostram que estas remontam ao final de 1920 (RUBEY, 1989). No Brasil, Barreto, Barros e Sparovek (2008) indicam que os primeiros trabalhos acerca do tema surgiram somente na década de 1940, sobretudo a partir de 1990, quando aproximadamente um terço das publicações objetivaram desenvolver técnicas de minimização da erosão em um contexto agrícola, em pesquisas regionalizadas.

No estado de São Paulo, sobretudo no extremo Oeste paulista, diante do cenário de monoculturas, como café, algodão e, no atual momento histórico, cana-de-açúcar, assim como o uso da terra pela pecuária extensiva, com inexpressivas práticas conservacionistas, tem-se um quadro expressivo de degradação pela erosão acelerada, sendo um dos fatores de depauperamento da fertilidade dos solos. Sob essas circunstâncias, pesquisas sobre a temática vêm sendo realizadas ao longo dos anos na região, a citar Marques, Bertoni e Barreto (1961), Baldassarini e Nunes (2018), Zanatta, Lupinacci e Boin (2017), Fushimi e Nunes (2018) e Julian e Nunes (2020).

Também os mapas de vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil na escala 1:250.000 dos anos de 1986 e 2019, elaborados pelo Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil (PRONASOLOS, 2022) demonstram que no Extremo Oeste Paulista, os setores de moderada, alta e muito alta vulnerabilidade avançaram sobre as áreas de muito baixa e baixa vulnerabilidade ao longo do recorte temporal analisado de 33 anos.

Pode-se associar a vulnerabilidade dos processos erosivos aos problemas socioambientais, como salientado por Guerra e Jorge (2013) ao relacionarem as elevadas taxas de perdas com a falta de práticas conservacionistas, gerando consequências tanto para os meios físico quanto para o social. Sendo assim, destacam-se os estudos geomorfológicos, que nas palavras de Ross (1995, p. 68) “[...] pelo seu papel integrador nas ciências da terra, é uma disciplina que muito atende aos interesses da geografia e do planejamento territorial/ ambiental”, produzindo, conforme Carvalho et al. (2001, p. 59), “diagnósticos de situações bem como subsídios para o planejamento territorial em suas diversas escalas [...]”.

No município de Presidente Prudente, SP, onde localiza-se a área de estudo, Fushimi et al. (2013) elaboraram o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares na escala 1:25.000 e identificaram o predomínio da alta vulnerabilidade (66% do recorte de análise) em solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos e solos rasos – associação Neossolos Litólicos, com a presença de feições erosivas aceleradas, sulcos e ravinas, no compartimento da vertente. Somente na Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável do Timburi (APA), Moreira et al. (2020) mapearam 78 sulcos e ravinas, situadas preferencialmente em áreas antrópicas agrícolas, com declividades entre 5 e 10%.

Para a estabilização dos processos erosivos e, conseqüentemente, a conservação dos solos, podem ser utilizadas técnicas de bioengenharia que, segundo Martins (2013), são obras caracterizadas pela simplicidade na elaboração e eficientes na estabilização das margens e encostas. Estas técnicas, além de terem grande sucesso em atingir seus objetivos, também auxiliam no aumento do teor de matéria orgânica e na biodiversidade da área. Segundo Santana (2011), as metodologias utilizadas na bioengenharia são vantajosas principalmente pelos aspectos técnicos, pois possibilitam aumento da proteção da superfície degradada contra os processos erosivos superficiais, tanto laminares, como lineares, bem como melhoram a estabilidade das encostas. Ecologicamente, propicia melhores condições para o desenvolvimento de coberturas vegetais, melhorando os regimes hídricos do solo, a estrutura do solo, assim como criando habitats para espécies da fauna e da flora, pois utiliza materiais biodegradáveis.

No aspecto econômico, reduzem custos de construção e manutenção de obras de contenção onerosas, e fazem com que as áreas voltem a ser produtivas do ponto de vista ecológico. No plano estético, as estruturas mecânicas

e edáficas montadas, interagem com a paisagem, auxiliando na restauração e conservação de encostas e margens de cursos e corpos d'água.

Em processos erosivos lineares de pequeno e médio porte são utilizadas estruturas mecânicas de contenção, visando reter, regular ou controlar o movimento da enxurrada. Desta forma, diminuem a velocidade do escoamento e o carreamento de sedimentos, aumentando a infiltração e, conseqüentemente, estabilizando o processo erosivo, possibilitando o estabelecimento da cobertura vegetal no entorno (CAPECHE et al., 2008; TEIXEIRA; GUIMARÃES, 2012; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

A utilização de paliçadas de bambu é uma alternativa de baixo custo empregada em vários trabalhos, devido a sua eficiência para contenção das erosões, disponibilidade de acesso e facilidade na construção e manutenção das barreiras de contenção (CAPECHE et al., 2008; BARBOSA, 2009, 2012; SANTANA, 2011; TEIXEIRA; GUIMARÃES, 2012). Posteriormente, é possível a utilização de técnicas edáficas através do plantio de mudas nativas, a fim de auxiliar no processo de estabilização das erosões e na formação de uma área de preservação permanente (APP) desempenhando papel essencial para manutenção dos recursos hídricos e da biodiversidade local (EMBRAPA, 2009).

As técnicas de bioengenharia na forma de estruturas de paliçadas são alternativas viáveis para a recuperação de erosões lineares, com benefícios no âmbito da implantação, diante da simplicidade na elaboração e instalação (MARTINS, 2013); da ecologia, propiciando melhores condições para o desenvolvimento da cobertura vegetal, melhorando os regimes hídricos do solo, o aumento da matéria orgânica, diretamente associada com importantes indicadores físicos e químicos de qualidade do solo, além de criar habitats para espécies da fauna e da flora; e econômico, por reduzir custos de construção e manutenção de obras de contenção onerosas.

Neste aspecto, o objetivo principal é apresentar o trabalho de estabilização de processos erosivos lineares em duas propriedades rurais com a presença de sulcos, ravinas e voçorocas em Antropossolos na Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente, SP, Brasil.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A ocupação do Oeste-Paulista ocorreu no início do século XX sob a influência das atividades cafeeiras que se iniciavam devido ao estabelecimento das estradas de ferro na região. Com grande incentivo governamental e econômico, as terras do Oeste-Paulista tiveram uma ocupação acelerada, com a substituição das coberturas vegetais de Floresta Estacional Semidecidual, Bioma Mata Atlântica e de Cerrados, por pastagens e cultivos agrícolas (QUEIROZ NETO, 2001). Após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento significativo no valor e no consumo de carne, tanto internamente como externamente ao país, fazendo muitas atividades agrícolas serem substituídas por pastagens (SCHLESINGER, 2009), fator que ainda exerce influência nas atividades do Brasil. As atividades cafeeira e pecuária, desde seu início, salientaram o aspecto econômico e se desenvolveram sem considerar os aspectos conservacionistas, o que acarretou na degradação de diversos ecossistemas (VARCACEL; SILVA, 1997). Essa degradação é identificada pelos processos erosivos presentes no Oeste Paulista, inclusive no município de Presidente Prudente e na APA do Timburi.

A Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi é a primeira APA criada no município de Presidente Prudente, SP, entre as coordenadas geográficas aproximadas de 22°01'S e 51°24'W e 21°57'S e 51°19'W, tendo surgido após um longo e conflituoso debate sobre a instalação de um projeto de aterro sanitário em uma área localizada próxima à comunidade de proprietários rurais do Timburi, denominada Fazenda Santa Apolônia. A área total é de 4.608,2 hectares, com o predomínio de pastagem em sua maior parte, sendo observadas as maiores ocorrências de processos erosivos nas cabeceiras de drenagens, em forma de anfiteatro, e nos terraços e planícies aluviais. Foram identificados 127 fragmentos de mata residual, compreendendo uma área de 518,12 há ou 11,24%. Conforme Donaton (2013), a APA do Timburi engloba, além do Bairro do Timburi, também o Primeiro de Maio, com em torno de 82 produtores rurais. A economia da APA é baseada na agropecuária, com predomínio de pecuária de corte, leiteira e produção de hortaliças, frutas e batata-doce.

A área de estudo abrange duas propriedades rurais situadas na referida APA (Figura 1). Sua escolha justifica-se pela presença de sulcos, ravinas e voçorocas, bem como de Antropossolos, sendo estas condições consideradas representativas diante do contexto dos processos erosivos lineares.

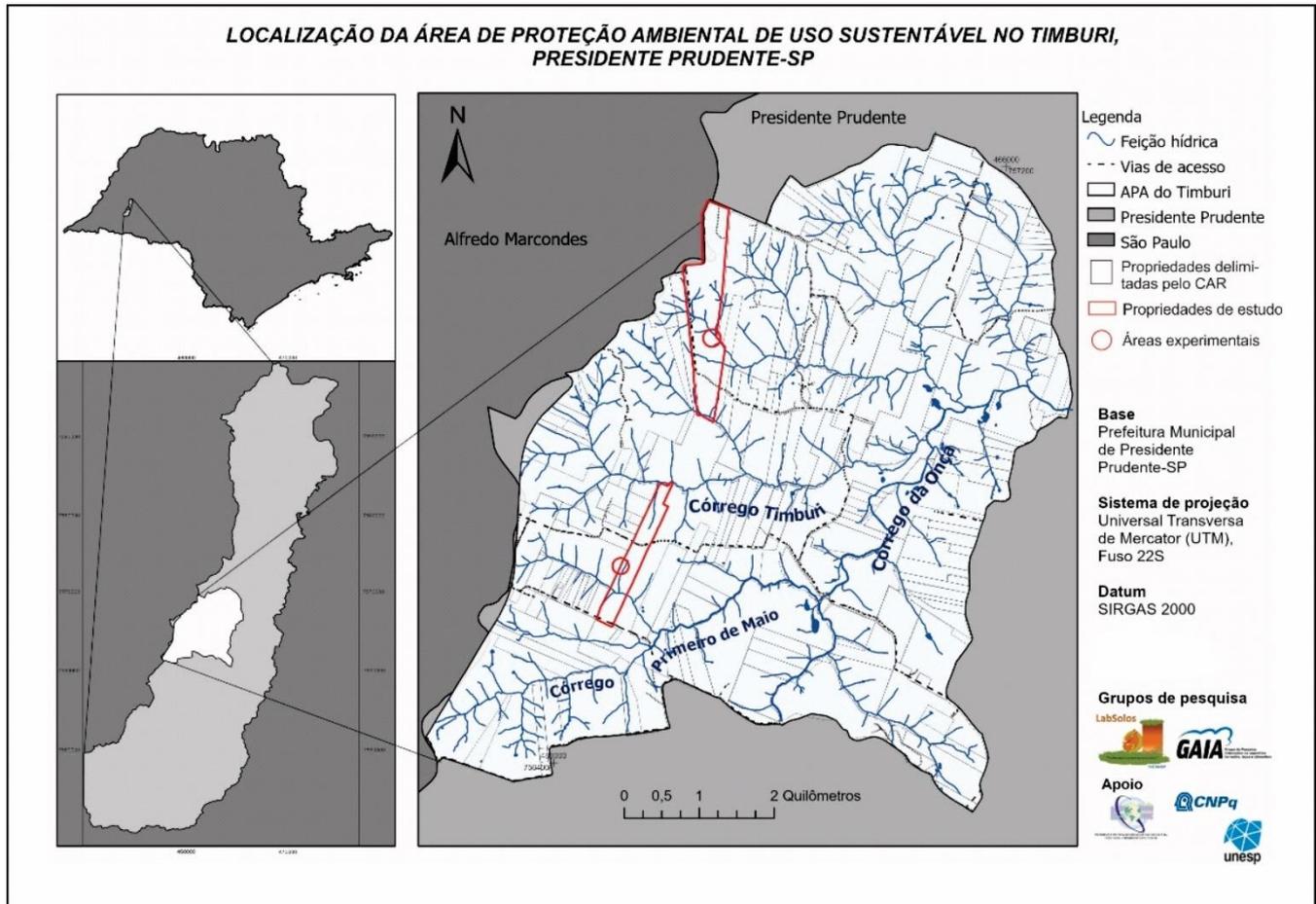


Figura 1. Localização da APA do Timburi e das duas propriedades rurais (áreas de estudo) no município de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

2.2 Elaboração dos mapas e identificação das erosões

A elaboração dos mapas permitiu uma leitura mais atenta da espacialização dos diversos componentes físicos e sociais existentes na APA do Timburi, onde localiza-se as áreas de estudo.

O mapa de cobertura vegetal e uso e ocupação da terra foi elaborado com base nas imagens CBERS-04A do ano de 2021, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de 2 metros, utilizando a versão Pro 2.5 do *software* ArcGIS®, na escala de 1:25.000. As classes de áreas de vegetação natural, pastagem e cultura temporária foram escolhidas com base nos usos observados a partir da imagem de satélite e confirmadas em trabalhos de campo. Para análise da imagem, foi levado em consideração a textura, a rugosidade e a tonalidade. Essas classes, bem como suas cores, foram definidas de acordo com a Tabela de Classes da Cobertura e do Uso da Terra Níveis I e II do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

O mapa geomorfológico foi elaborado na escala 1:25.000 por meio da fotointerpretação de feições geomorfológicas de fotografias aéreas do ano de 1995. Posteriormente, trabalhos de campo foram realizados com o objetivo de verificar e atualizar as informações mapeadas. A legenda baseou-se em Tricart (1965), Verstappen e Zuidam (1975) e no Mapa geomorfológico do município de Presidente Prudente, SP (FUSHIMI; NUNES, 2011).

O esboço simplificado das principais classes de solos na escala de 1:25.000 foi elaborado no programa CorelDRAW X4® e georeferenciado no Global Mapper 11®, a partir dos mapas geomorfológico e clinográfico do município de Presidente Prudente, SP, nos perfis topográficos e nos trabalhos de campo.

O esboço geológico na escala de 1:25.000 foi elaborado com base no mapa geológico do IPT (1981) e suas unidades de mapeamento Ka4 e Ka5 e em trabalhos de campo para averiguação em loco.

O mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares foi elaborado no SPRING 5.2®, em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) através do cruzamento dos dados temáticos geomorfologia, geologia, uso da terra e cobertura vegetal, clinografia, solos e curvatura do terreno, com o uso do Método *Analytic*

Hierarchy Process (Técnica AHP), gerando quatro distintos níveis de vulnerabilidade (baixo, médio, alta e muito alta).

Os perfis topográficos das propriedades rurais foram elaborados no ArcGIS PRO 2.5, usando como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) de Presidente Prudente, disponibilizado pelo TOPODATA, com tamanho de pixel de 30 metros (VALERIANO; ROSSETTI, 2012).

2.3 Coleta das amostras de solos e análises físico-químicas

A avaliação da qualidade do solo, embora seja um conceito muito complexo e controverso, só é possível se as propriedades que o compõe forem consideradas de forma integrada (SILVA et al., 2020). De acordo com os referidos autores, ao utilizar parâmetros mensuráveis como textura, densidade do solo, condutividade hidráulica, CTC, SB, entre outros, é possível compreender seus limites e potencialidades, assim como são a base para tomada de medidas para sua recuperação em caso de degradação.

Neste aspecto, as partículas minerais do solo são originárias do material parental (rochas sedimentares da Formação Adamantina), cujo processo de desagregação física e decomposição química permitem enquadrá-las em diferentes classes texturais, de acordo com o predomínio de um ou outro tamanho de partícula, a saber: areia (2,00 - 0,053 mm); silte (0,053 - 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm). Desta forma, a textura representa a proporção relativa dessas frações “e determina, em grande parte, o valor econômico da terra” (KLEIN, 2012, p. 13). Demarchi e Piroli (2020) acrescentam que a textura é uma das propriedades usadas para determinar a erodibilidade do solo e, conseqüentemente, à suscetibilidade a erosão. Por erodibilidade do solo entende-se como a capacidade desse bem ambiental resistir às forças desagregadoras (THOMAZ, 2019), seja pelo vento ou pela água, conseqüentemente, vulnerável ao transporte, via de regra, vertente abaixo. Outrossim, Demarchi e Piroli (2020) concluíram que solos com predomínio de textura arenosa e média, originários do arenito da Formação Adamantina, por exemplo, apresentam índices de erodibilidade que variam de médio a alto.

De acordo com Centeno et al. (2017), com a determinação da textura do solo, é possível inferir seu comportamento quanto à dinâmica da água, resistência à tração, compactação, capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de nutrientes, agregação, suscetibilidade à erosão, entre outros. Desta forma, além da intrínseca relação que essa propriedade guarda com outros atributos físicos, químicos e mesmo biológicos, Freire (2006) acrescenta que esta não sofre alterações mesmo que o solo seja intensamente cultivado.

Dessa forma, amostras de solo foram obtidas com o trado do tipo Holandês (Figura 2), levando em consideração a camada superficial (profundidade de 0-20 cm) onde a erosão inicialmente ocorre. Ao total, foram coletadas 15 amostras simples a montante dos barramentos implantados nas erosões das duas propriedades rurais, sendo: 7 na Propriedade A; e 8 na Propriedade B. Em seguida, as amostras compostas de cada propriedade, foram submetidas às análises químicas pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺, Al³⁺, MO, CO realizaram-se no Laboratório Ciência em Solo, município de São José do Rio Preto, SP, conforme o Sistema IAC de análise de Solos. A granulometria e as classes texturais foram feitas no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP/Câmpus de Presidente Prudente, SP, utilizando o método da pipeta (EMBRAPA, 1997).



Figura 2. Coleta de amostras de solos com trado do tipo Holandês.

2.4 Montagem das estruturas de bioengenharia

Para contenção da dinâmica erosiva linear foram montadas estruturas de bioengenharia nas duas propriedades (denominadas de Propriedade A e Propriedade B), com a utilização de método proposto pela Embrapa (2009), por meio da montagem de barramentos de bambu em faixas e instalação de manta de sombrite de polietileno na parte frontal para controle do processo erosivo. A escolha desta técnica deve-se ao fato que nas propriedades rurais existem bambuzais (*Bambusa vulgaris*), facilitando a aquisição dos materiais de baixo custo. O objetivo foi o de diminuir a velocidade de escoamento da água, retendo-a para que haja tempo para percolar no solo e interceptar os sedimentos transportados de montante (CAPECHE et al., 2008).

A definição do local de construção e do distanciamento entre os barramentos está associada às pequenas rupturas ou degraus de abatimento existentes a montante e dentro das erosões. Quando identificadas as rupturas em campo, os barramentos foram construídos à montante, ocasionando a quebra da energia do escoamento concentrado, a retenção dos sedimentos e, conseqüentemente, impedindo o avanço da erosão. As diferenças de espaçamentos, de dimensões das larguras e alturas entre os barramentos, montados nas propriedades A e B, foram resultantes das diferenças de forma, tamanho e dimensões das erosões (Figura 3). Todos estes aspectos estão relacionados ao histórico de uso da terra, e aos diferentes tipos de solos e formas de relevo. Em relação as características geológicas, estas são semelhantes entre as duas áreas estudadas.

A montagem dos barramentos das estruturas de bioengenharia inicia-se com o corte das paliçadas de bambus, a partir das medidas de largura das erosões realizadas anteriormente em campo com uso de trena. Após são instaladas estacas verticais de apoio para fixação e amarração com arame dos bambus na posição horizontal. Para finalizar são instaladas as mantas de sombrite de polietileno na parte frontal, cujo objetivo é diminuir a velocidade do escoamento superficial em período de chuva, bem como, a contenção de sedimentos e demais materiais vegetais (galhos, folhas etc.).



Figura 3. Sequência de montagem das estruturas de bioengenharia (barramentos) com o uso de paliçadas de bambus e mantas de sombrites de polietileno.

Na Propriedade A (Figura 4), o setor a montante das erosões é constituído por um antigo relevo de planície, que foi totalmente assoreado por sedimentos advindos das áreas degradadas de montante, ocasionando o entulhamento do canal fluvial. No topo, e em parte das vertentes, devido aos intensos processos erosivos ocorridos, parte dos solos superficiais foram decapitados, constituindo os Neossolos Litólicos. E nos setores da média a baixa vertente, predominam os Argissolos. Já no setor aplainado pela deposição dos sedimentos, onde foram montados os barramentos, ocorre o Antropossolo Sômico Camático Aquíco (MORENO et al., 2022). Geologicamente predominam os arenitos da Formação Adamantina (IPT, 1981), unidade de mapeamento Ka4, constituída por arenitos finos a muito finos quartzosos, de pequena quantidade de feldspato e sílica amorfa, minerais opacos e micas. Os arenitos apresentam boa seleção, com matriz argilosa em porcentagens variadas. No topo e média baixa vertente predominam as pastagens, com presença de gado bovino. Na média alta vertente existe um capão de mata residual com existência de várias nascentes.

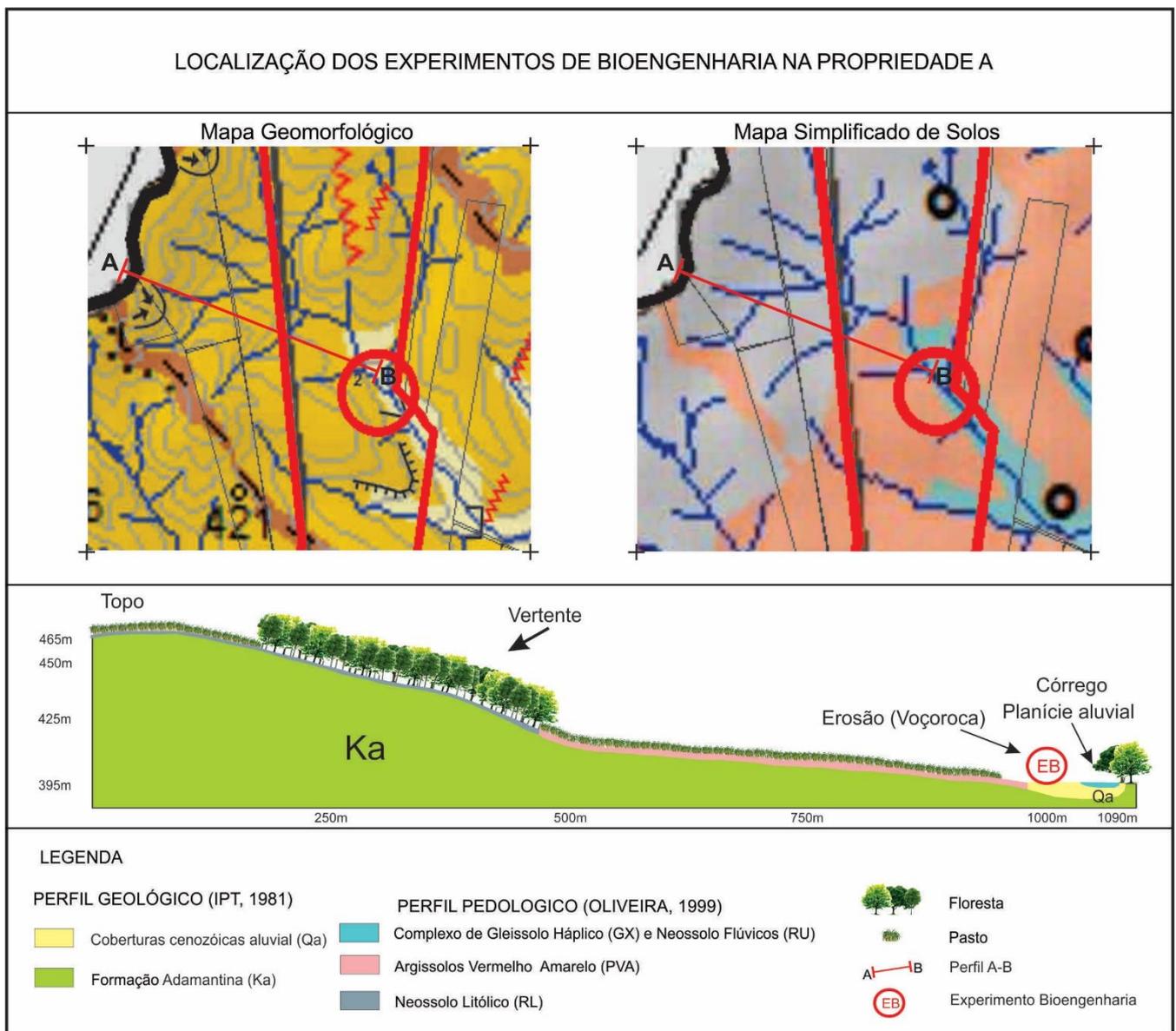


Figura 4. Perfil morfológico com a localização da área experimental na propriedade A.

Na propriedade B (Figura 5), a maior parte da área é constituída por gramíneas, com uso intensivo para pastagem bovina. O setor a montante da voçoroca apresenta uma vertente com aproximadamente 670 metros de extensão com presença de Latossolo no topo da colina e de Argissolo na alta e média vertente. Foram montadas 8 estruturas de bioengenharia, subdivididos em ravina 1 e 2 na borda de uma voçoroca em estágio de regeneração da cobertura vegetal decorrente do cercamento da erosão pelo proprietário. No setor onde foram montados os

barramentos, identificou-se um Antropossolo Sômico Camático (MORENO et al., 2022). Semelhante a propriedade A, também predominam os arenitos da Formação Adamantina (IPT, 1981), unidade de mapeamento Ka4. No topo e média vertente predominam as pastagens, com presença de gado bovino. Na média baixa vertente existe um fragmento de mata ciliar ao longo do Córrego Primeiro de Maio.

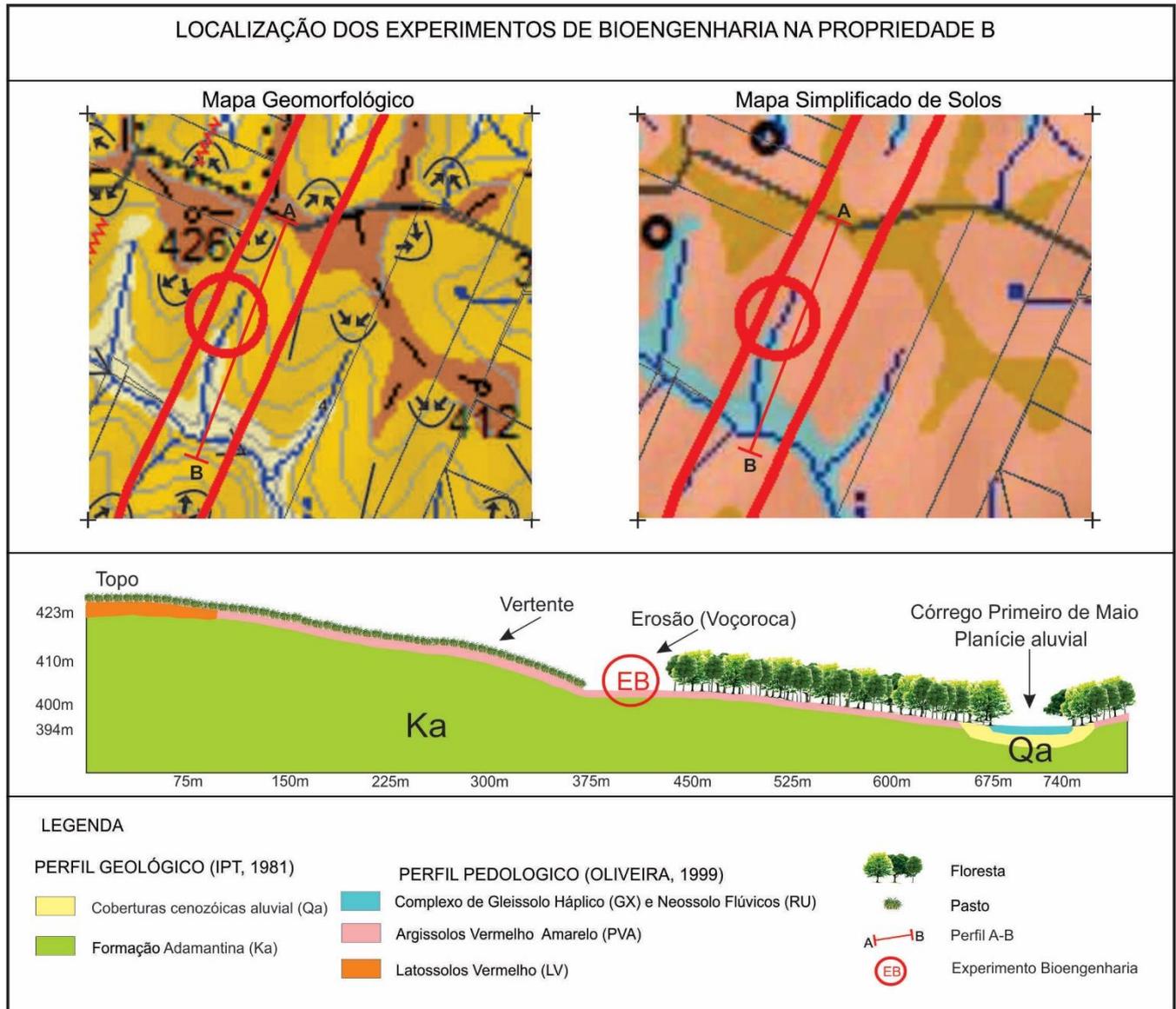


Figura 5. Perfil morfológico com a localização da área experimental na propriedade B.

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização Geoambiental

Na APA do Timburi e nas duas áreas de estudo, predominam, geomorfologicamente, colinas de topos estreitos, com vertentes convexas e concavas (Figura 6) e várias cabeceiras de drenagem em anfiteatros, onde ocorre afloramento dos arenitos da Formação Adamantina (IPT, 1981), e conseqüentemente, a surgência do aquífero freático suspenso.

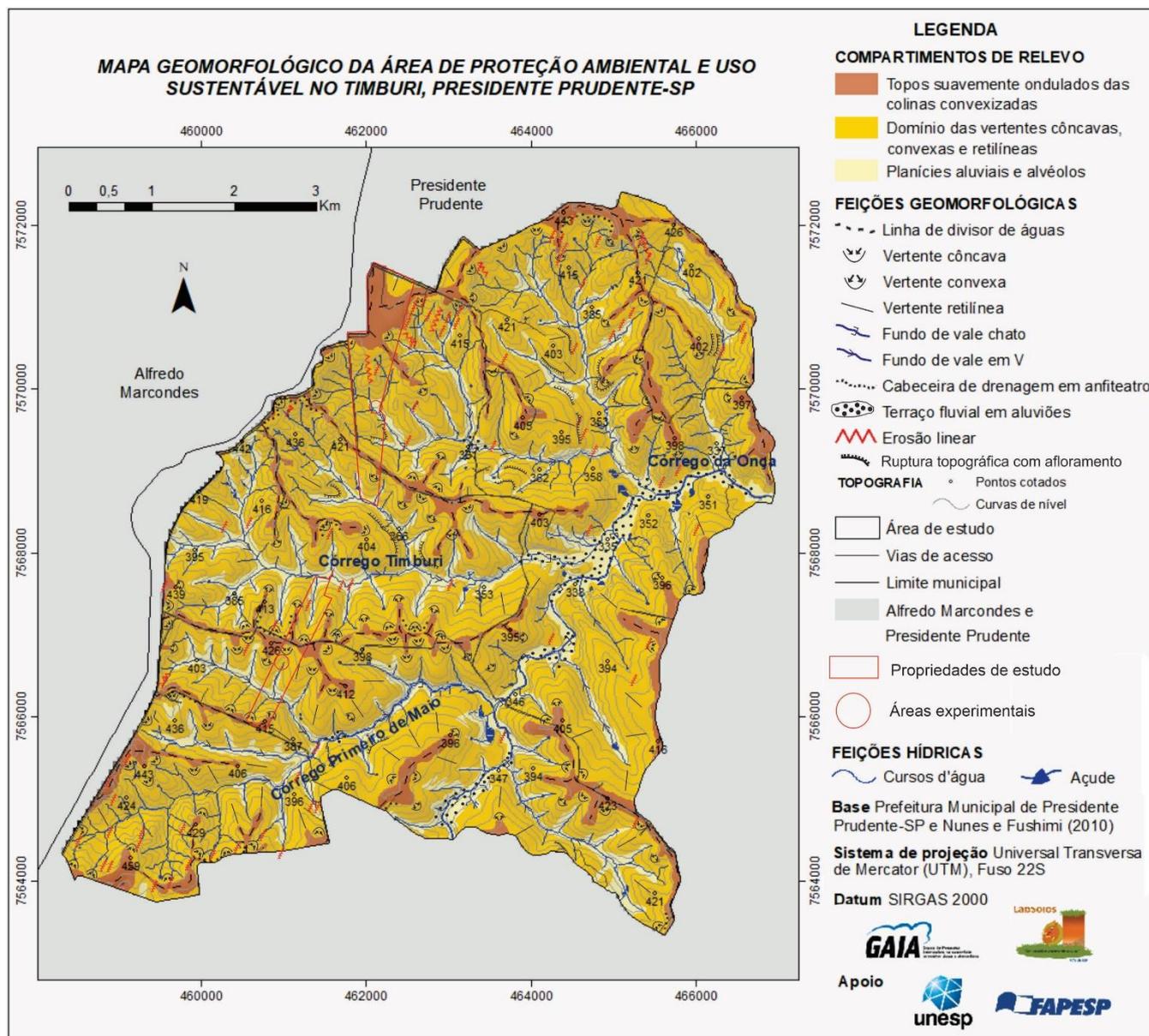


Figura 6. Mapa geomorfológico da APA do Timburi e das áreas de estudo, município de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, no qual destaca-se os compartimentos de relevo dos topos estreitos das colinas, cujas vertentes convexas, em alguns setores, apresentam rupturas topográficas com afloramento do aquífero freático suspenso. As vertentes côncavas estão associadas as cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatros onde situam-se as principais nascentes dos córregos. No Córrego da Onça predominam amplas planícies aluviais com terraços fluviais. Devido a histórico do uso da terra identifica-se vários processos erosivos lineares nas vertentes.

Especialmente nos setores Norte, Oeste e Sudoeste da APA estão os maiores focos erosivos, apresentando rugosidade topográfica média, sendo de colinas de topos estreitos, convexas, com predomínio de declividades de 10 a 15% e vertentes convexas e retilíneas, sendo que as côncavas são mais preponderantes nos setores de cabeceiras de drenagem em anfiteatros, vinculados aos canais de primeira ordem fluvial. Isto se reflete nas densidades de drenagem com padrões dendríticos e morfologias de fundos vales encaixados em V. Nestas formas de relevos são predominantes os Argissolos Vermelhos e os Neossolos Litólicos (Figura 7), com classes texturais Areia e Areia-Franca. Apresentam mais de 700 g.kg⁻¹ da fração areia nos horizontes de superfície, o que potencializa o desenvolvimento processos erosivos.

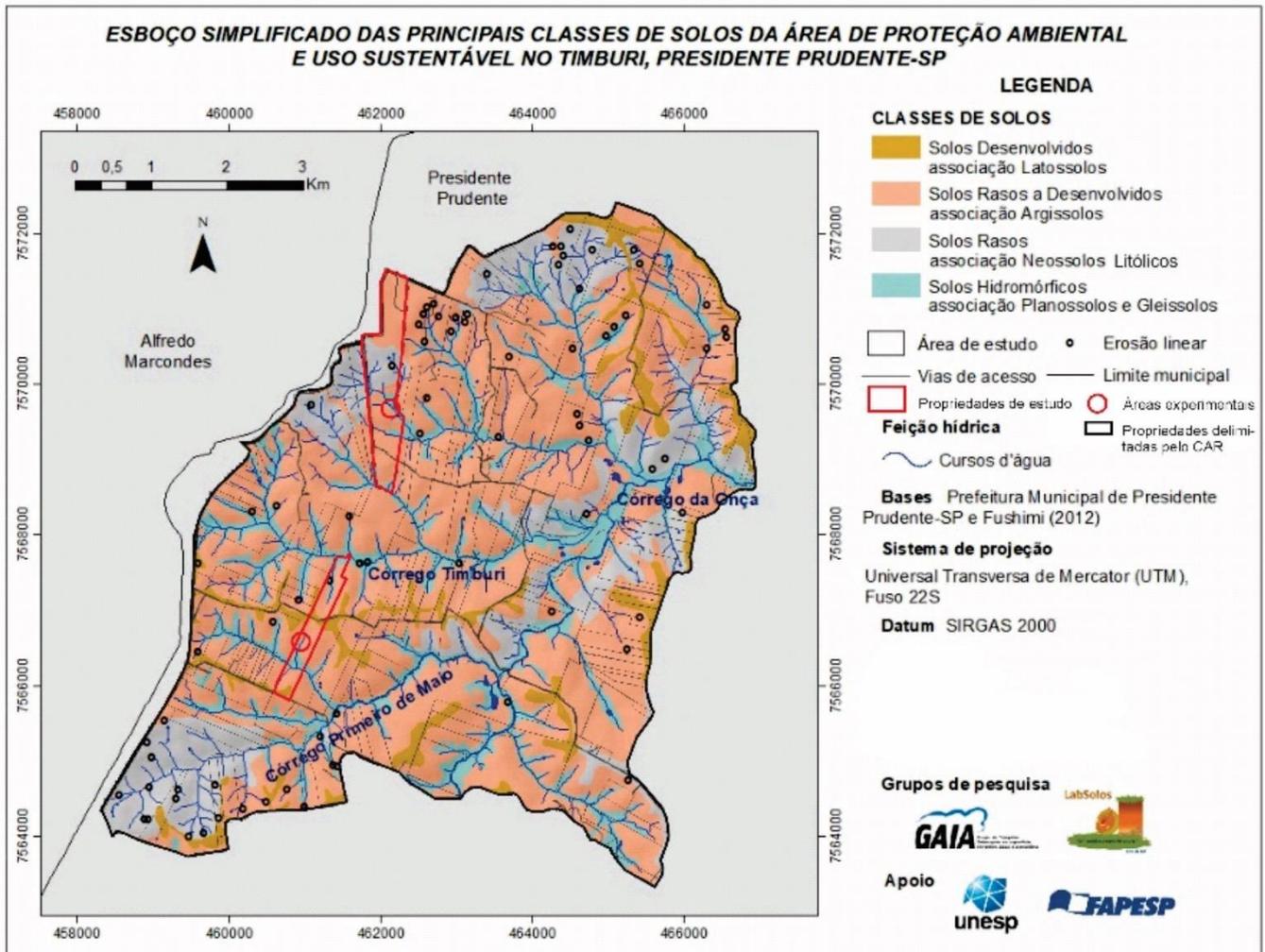


Figura 7. Mapa do esboço simplificado das principais classes de solos da APA do Timburi e das áreas de estudo, município de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, com predomínio de Latossolos nos topos das colinas e Argissolos e Neossolos Litólicos nas vertentes. Nas planícies e terraços identifica-se os Planossolos e Gleissolos Hidromórficos. A maior parte dos processos erosivos lineares estão vinculados aos Argissolos e Neossolos Litólicos.

Os setores Centro e Leste são as áreas com menos presença de processos erosivos, ao possuir baixa rugosidade topográfica, com colinas maiores de topos aplanados, associados a vertentes longas e retilíneas, declividade entre 5 e 10%, densidades de drenagem esparsa e amplas dimensões interfluviais, com presença de planícies e terraços fluviais e aluviões com morfologias de fundo de vale chato (Figura 6). Os solos predominantes são os Latossolos Vermelhos e os Argissolos Vermelhos com textura Franco-Arenosa (Figura 7).

As rochas sedimentares da Formação Adamantina (Grupo Bauru) compreendem as Unidades de mapeamento Ka4 e Ka5. A Unidade Ka4 é predominante na APA do Timburi, sendo constituída por siltitos arenosos a argilosos e arenitos muito finos com matriz argilosa (IPT, 1981). Já a Unidade Ka5, localizada em pequeno setor a sudeste, é formada por arenitos finos a muito finos dispostos em bancos pouco espessos com frequente cimentação carbonática (IPT, 1981). É justamente na Unidade de mapeamento Ka4, onde estão confinados os aquíferos freáticos suspensos ou comumente denominadas de nascentes ou olhos d'água, da Formação Adamantina (Figura 8).

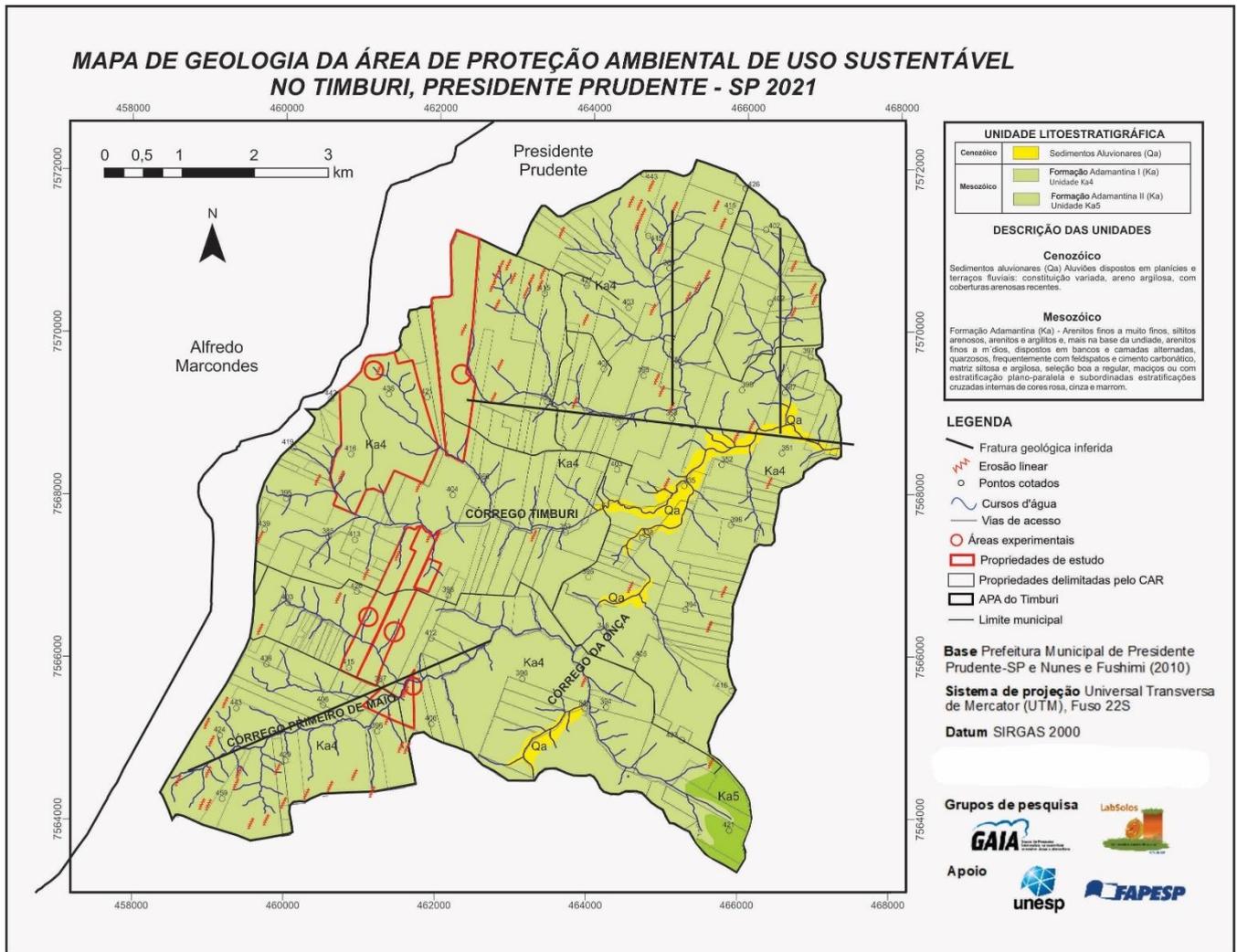


Figura 8. Mapa geológico da APA do Timburi e das áreas de estudo, município de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, com predomínio dos arenitos da Formação Adamantina (Ka), constituídos pelas unidades de mapeamento Ka4 e Ka5. Nas planícies aluviais e terraços fluviais predominam os sedimentos aluvionares quaternários (Qa).

De modo geral, as vertentes pertencentes às drenagens dos córregos Timburi e Primeiro de Maio, afluentes do principal curso de água da região, o Córrego da Onça, com uma rede de drenagem de 118,89 km de extensão, encontram-se muito degradadas por processos erosivos lineares e laminares.

A expansão desses processos na área de estudo, em decorrência das formas inapropriadas de uso e ocupação da terra, tem gerado sérios problemas ambientais, com destaque para a perda de fertilidade dos solos, a destruição de nascentes e o intenso assoreamento dos cursos d'água. Parte destas informações podem ser visualizada no mapa de uso da terra e cobertura vegetal da APA (Figura 9), no qual, a maior parte das erosões lineares são identificadas em área de cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatros, vinculadas aos canais de primeira ordem, cujo uso da terra predominante é a pastagem, em sua maior parte muito degradada.

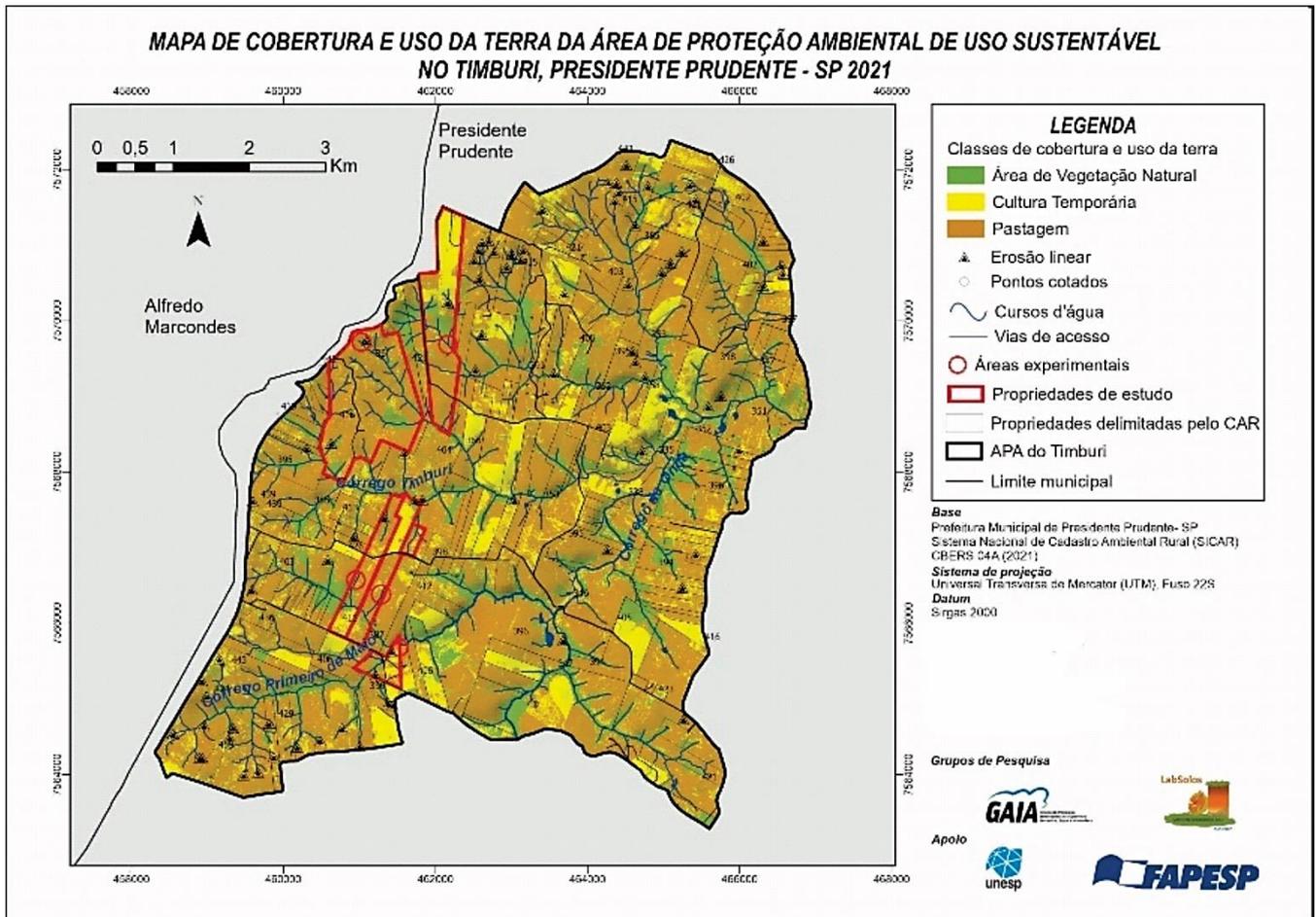


Figura 9. Mapa de cobertura vegetal e uso da terra da APA do Timburi e das áreas de estudo, município de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, cujo predomínio maior são das pastagens para criação de gado de corte e leiteiro, e culturas temporárias como milho e a batata-doce. As mata residuais predominam nas vertentes, e as ciliares nos fundos de vales dos Córregos Primeiro de Maio, Timburi e da Onça.

Neste aspecto, a partir da inter-relação dos elementos e dos mapas físicos e sociais (uso da terra) foram identificados diferentes níveis de alterações ambientais ocorridas na APA, especializados no mapa de Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP (Figura 10), cujos níveis de vulnerabilidade predominantes são de alta a muita alta intensidade a processos erosivos.

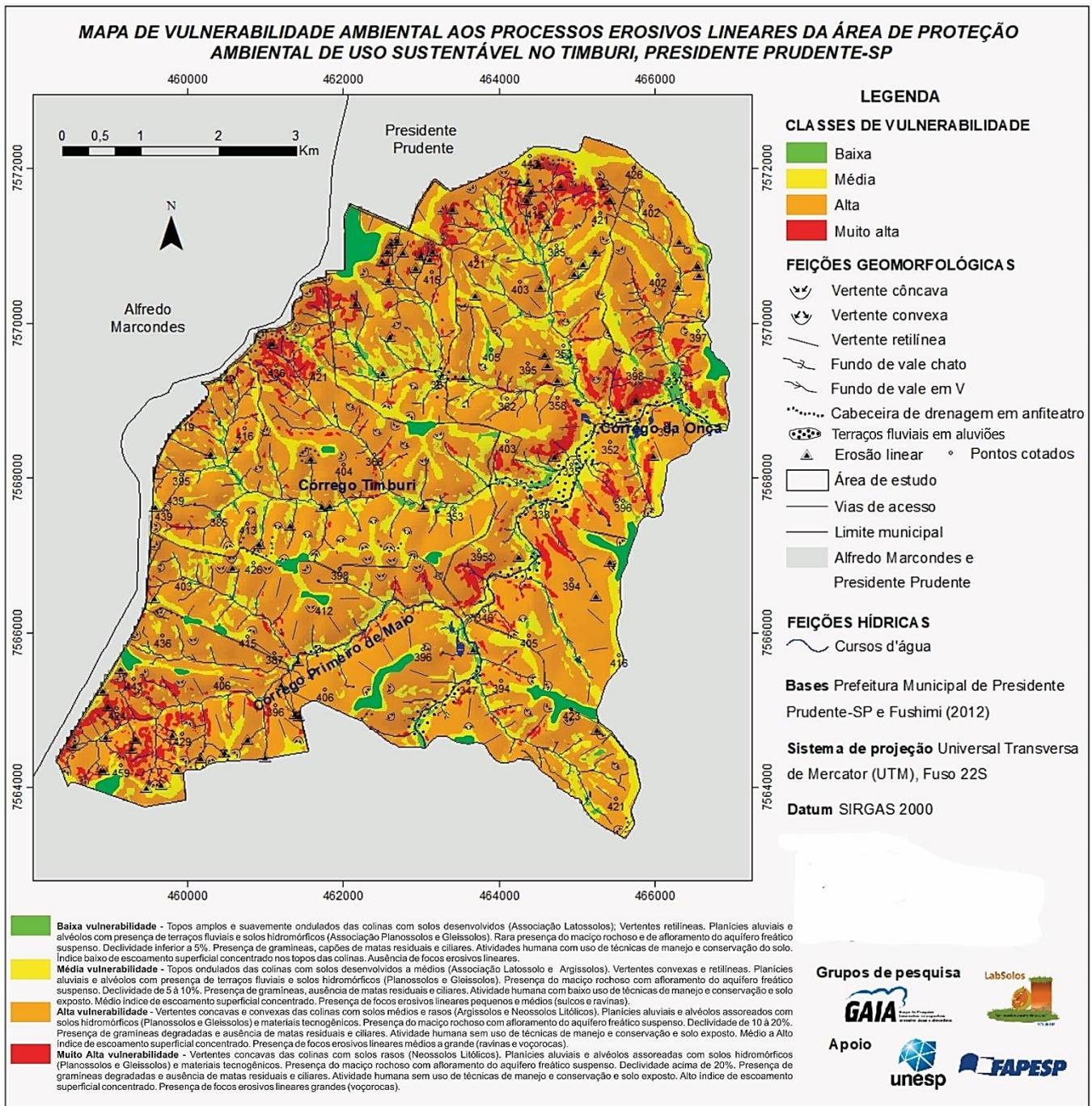


Figura 10. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares da APA do Timburi e das áreas de estudo, município de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

3.2 Resultados da análise granulométrica

Como é possível observar na Tabela 1, nas amostras coletadas de 0-20 cm, onde os processos erosivos são deflagrados, predomina a classe textural areia-franca, com mais de 700 g.kg⁻¹ da fração areia, compatível com a geologia da região (IPT, 1981). Nessas condições, essas camadas apresentam pouca resistência à mecanização e aos mecanismos envolvidos na erosão: desagregação; transporte, principalmente pelas águas pluviais e consequente deposição em ambientes agradacionais. Com essas características, caso medidas conservacionistas não sejam adotadas, certamente se estabelecerão graves quadros de degradação, seja física, química e/ou biológica.

Tabela 1. Resultado da análise granulométrica dos solos das propriedades A e B.

Propriedade	Profundidade	areia	silte	Argila	Classe textural
	cm		g.kg ⁻¹		
A	0-20	740	231	29	Areia-franca
B	0-20	798	177	25	Areia-franca

As amostras analisadas apresentaram valor muito baixo de argila. Sobre esse assunto, Carvalho et al. (2019), ao determinarem a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Claro, município de Santa Rita do Passa Quatro, SP, concluíram, entre outros aspectos, que a fragilidade ambiental alta está diretamente associada a solos de textura arenosa, com menos de 150 g.kg⁻¹ da fração argila. Essa fração desenvolve funções extremamente importantes no solo, apesar do tamanho ínfimo, inferior a 0,002 mm (CURI et al., 1993). Em linhas gerais, são responsáveis pela maior Capacidade de Troca de Cátions (CTC), principalmente as orgânicas, garantindo assim que os solos sejam um reservatório de nutrientes para as plantas (AZEVEDO, 2004).

Portanto, o predomínio da fração areia em detrimento do complexo coloidal, responsável pela maior agregação, estabilidade dos agregados e percolação da água, evitando o deflúvio acelerado, certamente é um fator preponderante a ser considerado quando da implantação dos processos erosivos, em especial, em áreas de pastagem. Nesse caso, o adensamento do solo pelo pisoteio do gado resulta na diminuição dos macroporos, preenchidos pela argila eluviada, comprometendo a entrada do ar e da água, tornando-o anaeróbio, tóxico para as plantas (PRIMAVESI, 2016), o que resulta num processo em cadeia de degradação biológica, química e física.

Há que se destacar que a análise granulométrica, por si só, pode não ser suficiente para prever o comportamento do solo frente aos diferentes usos e manejo. Desta forma, é fundamental que outros atributos sejam considerados, como os químicos que, por sua vez, guardam relação com os mineralógicos e mesmo biológicos, merecendo ser citados embora não seja escopo desse trabalho.

3.3 Resultado das análises físico-químicas

A distribuição de partículas minerais do solo tem influência direta nas características químicas. De acordo com Curi e Kämpf (2015), solos de textura arenosa resultam em altas taxas de infiltração e percolação, conseqüentemente, maior lixiviação, removendo cátions básicos, principalmente Ca²⁺ e Mg²⁺, acidificando-os. Os referidos autores afirmam ainda que a reação do solo (pH), com valores entre 4 e 5, considerados muito ácidos, apresentam concentrações elevadas e tóxicas de alumínio e manganês, o que compromete o trabalho de bactérias decompositoras de matéria orgânica do solo (MOS) e fixadoras de nitrogênio. Acrescenta-se a essas informações, o fato de que o potencial de hidrogênio do solo é corrigido pela atividade de microrganismos que decompõe a matéria orgânica a um pH de 5,6, portanto, esse valor é o ideal para a maioria das culturas em solos tropicais (PRIMAVESI, 2016).

No caso das amostras de solos analisadas nas propriedades rurais A e B (Tabela 2), os valores de pH estão abaixo do esperado. Aliás, todos os parâmetros químicos analisados (P, K, Ca, Mg, MO e CO) nessas propriedades encontram-se comprometidos quanto à disponibilidade de nutrientes para as plantas, predominantemente gramíneas, o que configura um quadro de degradação química, que potencializa a degradação física, manifestada na forma de erosão hídrica.

Tabela 2. Resultado da química básica dos solos das propriedades A e B.

Propriedade	Prof. cm	QUÍMICAS									
		pH	P	K	Ca	Mg	Al*	M.O	CO	CTC	(V)
		CaCl2	mg/dm ³		mmolc/dm ³			g/kg ⁻¹	mmol/dm ³	%	
A	0-20	5,40	19,60	1,10	25,00	9,00	0,00	11,90	6,90	35,10	67,00
B	0-20	5,00	9,30	3,10	8,00	6,00	1,20	8,30	4,81	17,10	51,40

Esses valores de pH estão diretamente associados à baixa capacidade dos solos arenosos de reter as bases, em especial Ca²⁺, Mg²⁺ e K²⁺. Os solos da propriedade A são os que apresentam os melhores resultados quanto ao P,

capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO), embora abaixo do esperado para solos agrícolas. A presença de Al^{3+} na propriedade B indica fator limitante para as trocas químicas e retenção das bases, macro e micronutriente.

Urge destacar que todas as amostras apresentam argila de atividade baixa (Tb), $CTC < 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ou $270 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A CTC refere-se à quantidade total de cátions retidos à superfície dos coloides em condição permutável ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+}$). No caso apresentado, infere-se que esse comportamento pode estar relacionado com o predomínio da caulinita, argilomineral do tipo 1:1 (CURI et al., 1993), típica de solos tropicais, muito intemperizados e lixiviados, de baixa reatividade que, somado ao baixo aporte de matéria orgânica, com valores inferiores a $1,7 \text{ g dm}^{-3}$ e acidez pronunciada, reduzem a capacidade de troca de catiônica, inviabiliza a disponibilidade de fosfatos para as plantas, entre outras implicações (FREIRE, 2006; CURI; KÄMPF, 2015).

De acordo com Jank et al. (2017), o Brasil tem o segundo maior rebanho bovino do mundo, “ocupando uma área de 170 milhões de hectares”. Essa atividade, predominantemente extensiva, é desenvolvida sobre pastagens nativas ou cultivadas, comumente de baixa qualidade (FERNANDES et al., 2019), também relacionada com a degradação de atributos químicos e biológicos dos solos, como os apresentados anteriormente. Essa característica, entre outras, está diretamente relacionada com a deficiência de fósforo (P) no solo e nas plantas, o que leva a perda em produção de massa seca, parte aérea, área foliar e radicular. De acordo com os referidos autores, esse macronutriente atua no crescimento das raízes e favorece a absorção de água e nutrientes, estando diretamente associado à fotossíntese. A propriedade A apresenta teores adequados de P.

A mais forte aliada para que seja mantida a qualidade desse sistema é a matéria orgânica do solo (MOS), seja como componente biológico, fração viva, que atua na agregação e estabilidade dos agregados, fundamental para a resistência à erosão hídrica (SILVA et al., 2018); seja a fração não viva, responsável, entre outras funções, pela proteção do solo contra a energia desagregadora das chuvas, radiação solar e vento. Além disso, garante ambiente e alimento para macro e microrganismos, essenciais para a prestação dos serviços ecossistêmicos, como o aumento da CTC, fundamental nos solos tropicais predominantemente cauliniticos (KÄMPF; MARQUES; CURI, 2015) e, conseqüentemente, para sua capacidade produtiva. Ademais, estão diretamente relacionados com a:

(...) ciclagem de nutrientes; regulação da dinâmica da matéria orgânica do solo; modificação da estrutura física e do regime de água do solo; favorecimento do aumento de nutrientes disponíveis às plantas e regulação da densidade populacional de organismos indesejáveis (por exemplo, insetos-praga e fitopatógenos) (SILVA et al., 2018, p. 66).

Como pode ser observado na Tabela 2, em todas as amostras analisadas, o valor da MOS não ultrapassa $11,9 \text{ g/kg}^{-1}$, muito baixo inclusive para solos arenosos e muito aquém do ideal para solos agrícolas, que é em torno de 30 a 40 g/kg^{-1} , como preconizado por Lepsch (2010) e Freire (2006). Nessas condições, apesar da inquestionável importância e relação direta com os outros indicadores de qualidade do solo, o inexpressivo aporte de MOS compromete a quantidade de carbono orgânico (CO), um dos seus principais constituintes.

Santos et al. (2017), ao analisarem o comportamento do carbono orgânico de solos sob pastagem nativa e cultivada em solos de textura média, considerando a classificação textural simplificada, encontraram maiores valores de CO nas profundidades de 0,0 – 0,10 m, o que era esperado, mas com uma redução de mais de 15% quando usadas para pastagens nativas, o que indica que a intervenção deste uso contribui para a degradação do CO, chamando a atenção para a necessidade de manejo conservacionista.

O V% ou saturação por bases refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis. Essa característica está associada a fertilidade do solo, onde a expressão alta saturação se aplica a solos com saturação por bases igual ou superior a 50%, (eutróficos ou férteis), e baixa saturação para valores inferiores a 50% (distróficos ou menos férteis). Além disso, esse parâmetro é usado para fins de adubação de solos agrícolas (SANTOS; ZARONI, s.d.). Nas amostras analisadas, o melhor resultado foi obtido na propriedade A, possivelmente relacionado com a maior CTC, pH mais próximo do esperado, maior quantidade de MO e CO. Em síntese, de acordo com Ronquim (2010, p. 10), “[...] a maioria das culturas apresenta boa produtividade quando no solo é obtido valor V% entre 50 e 80 % e valor de pH entre 6,0 e 6,5 [...]”.

3.4 Resultado da implantação das estruturas de bioengenharia

Na propriedade A foram montadas 7 estruturas de bioengenharia (Figura 11) em duas ravinas, denominadas de Ravina 1 e Ravina 2. As distâncias entre os barramentos com as respectivas medidas de altura e largura e as coordenadas UTM e altitudes estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4. A construção dos barramentos ocorreu em novembro de 2019.

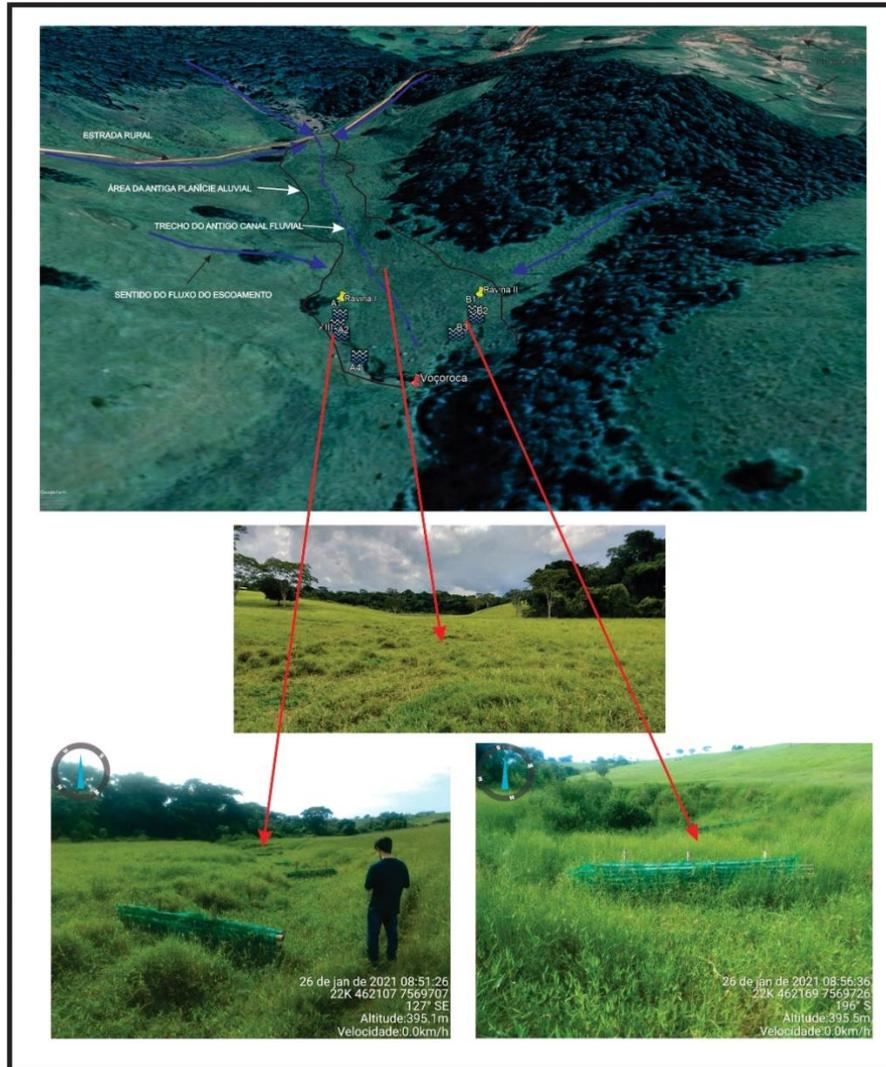


Figura 11. Localização dos barramentos na propriedade A. No setor a montantes dos barramentos localiza-se a área da antiga planície aluvial, que devido ao histórico do uso da terra foi assoreada pelos sedimentos dos setores à montante. Na ravina 1 são apresentados os barramentos A1, A2, A3 e A4, e na ravina 2 os barramentos B1, B2 e B3.

Tabela 3. Medidas das dimensões e distâncias entre os barramentos das Ravinas 1 e 2 em área experimental na propriedade A.

Ravina 1				Ravina 2			
Barramento	Dimensões		Distância	Barramento	Dimensões		Distância
	Comprimento	Altura			Comprimento	Altura	
	m				m		
A1	4	0,75	B1-B2	B1	5,80	0,8	B1-B2
			11				5,30
A2	4	0,67	A2-A3	B2	4,6	0,9	B2-B3
			9,20				12,70

A3	2,30	0,70	A3-A4	B3	9,2	1,0	B1-B3 Total
			19				18
A4	5,2	0,70	A1-A5 Total				
			32,20				

Tabela 4. Coordenadas UTM e altitudes dos 7 barramentos em área experimental na propriedade A.

Barramentos	Coordenadas (Zona 22 K)		Elevação (m)
	E (m)	S (m)	
A1	462.114,00	7.569.702,00	397
A2	462.129,00	7.569.694,00	397
A3	462.127,00	7.569.689,00	396
A4	462.145,00	7.569.680,00	396
B1	462.165,00	7.569.733,00	398
B2	462.169,00	7.569.728,00	398
B3	462.168,00	7.569.714,00	396

A vegetação predominante é de gramíneas e, durante o período de chuvas intensas, entre dezembro e fevereiro, parte das águas pluviais infiltra na antiga planície. Todavia, quando atinge o ponto de saturação, inicia-se o escoamento superficial concentrado, gerando a formação de braços ravinados na cabeceira da voçoroca. Após dois anos de implementação das estruturas de bioengenharia (2019-2021), constatou-se, qualitativamente, o crescimento de gramíneas, a deposição de sedimentos e restos de materiais vegetais como folhas e galhos à montante dos barramentos e a consequente recuperação das erosões lineares, sendo possível observar na Figura 12 o antes e depois, mostrando que não ocorreu expansão do processo erosivo.

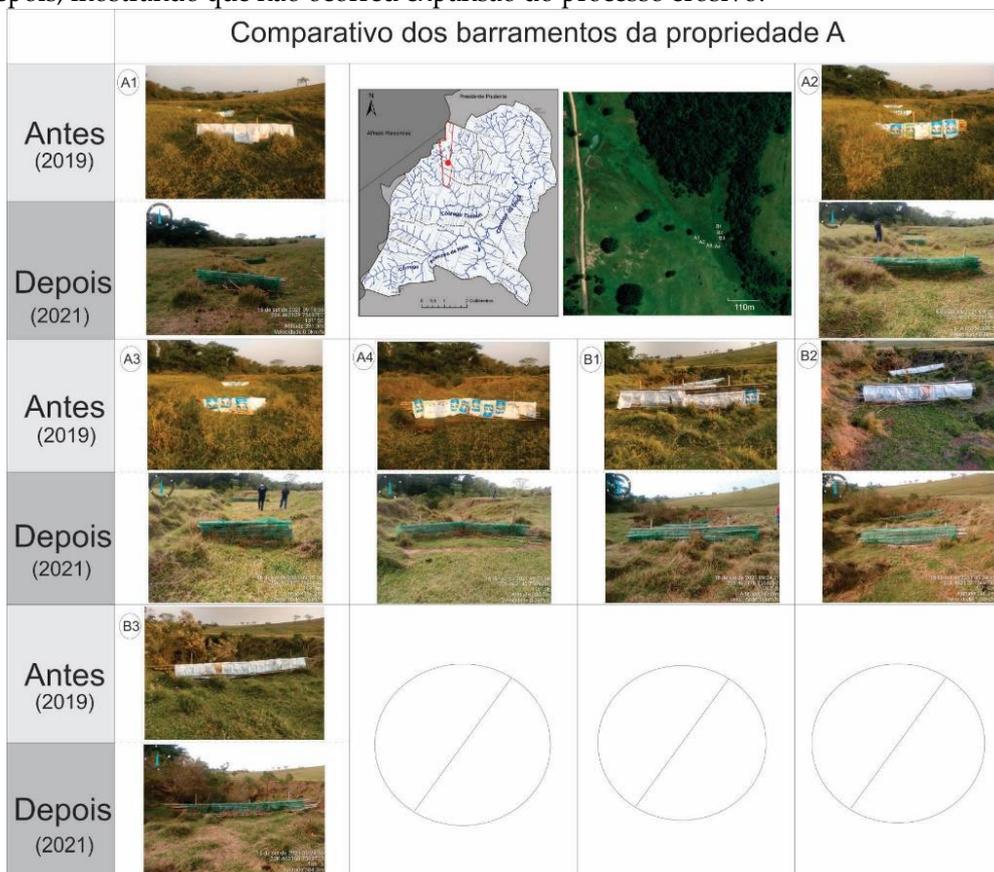


Figura 12. Comparativo do antes e depois da implementação das técnicas de bioengenharia na Propriedade A.

Na propriedade B foram organizadas 8 estruturas de bioengenharia (Figuras 13) em duas ravinas, denominadas de Ravina 1 e Ravina 2. As distâncias entre os barramentos com as respectivas medidas de altura e largura e as coordenadas UTM e altitudes estão apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

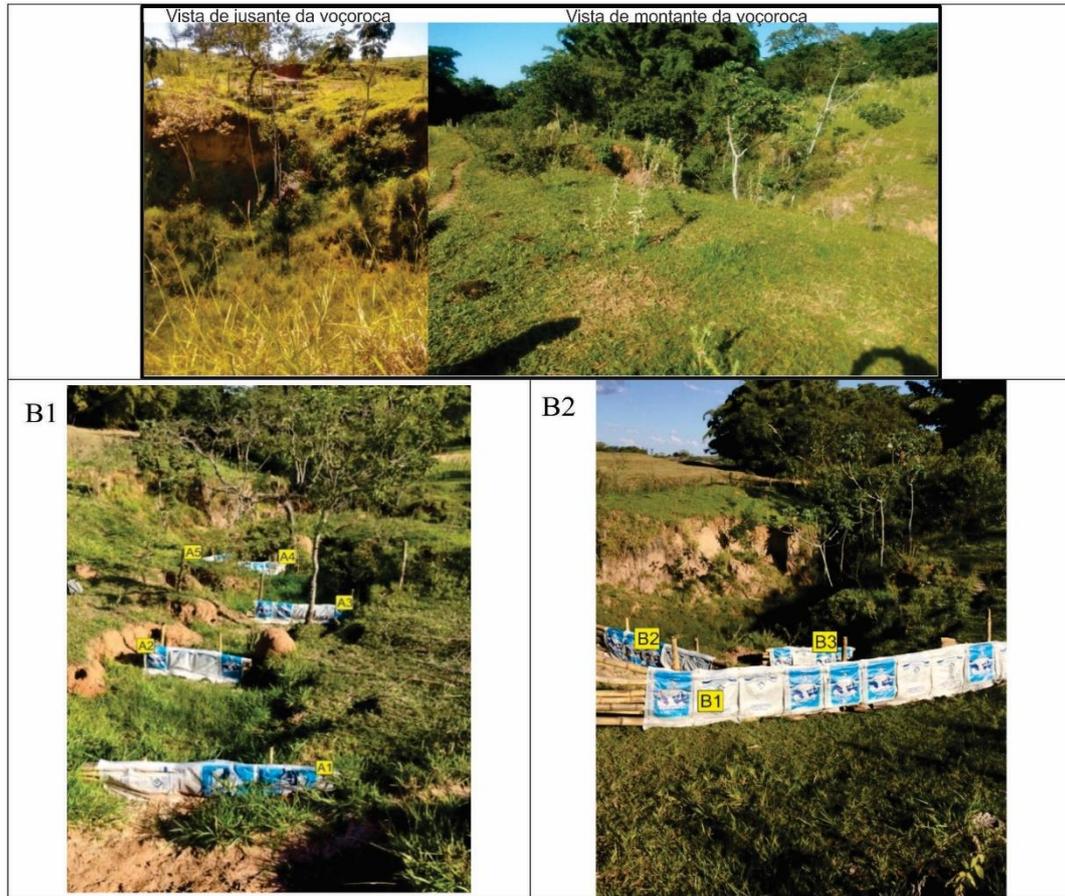


Figura 13. Erosões trabalhadas na propriedade B com a vista dos setores de montante e de jusante. Em B1 são apresentados os barramentos A1, A2, A3, A4 e A5 da Ravina 1, e em B2 os barramentos B1, B2 e B3 da Ravina 2.

Tabela 5. Medidas das dimensões e distâncias entre os barramentos em área experimental na propriedade B.

Ravina 1				Ravina 2			
Barramento	Dimensões		Distância	Barramento	Dimensões		Distância
	Comprimento	Altura			Comprimento	Altura	
	m	m	m		m	m	m
A1	2,8	0,5	A1-A2 4,35	B1	6,65	0,8	B1-B2 2,8
A2	2,20	0,6	A2-A3 3,8	B2	3,2	0,7	B2-B3 (Desalinhado)
A3	2,75	0,65	A3-A4 5,1	B3	2,25	0,7	B1-B3 4,8
A4	2,2	0,8	A4-A5 2,85				
A5	2,5	0,66	A1-A5 Total 16,1				

Tabela 6. Coordenadas UTM e altitudes dos 8 barramentos em área experimental na propriedade B.

Barramentos	Coordenadas (Zona 22 K)		Elevação (m)
	E (m)	S (m)	
A1	460.966,00	7.566.578,00	404
A2	460.965,00	7.566.573,00	403
A3	460.660,00	7.566.571,00	403
A4	460.960,00	7.566.565,00	402
A5	460.962,00	7.566.563,00	402
B1	460.950,00	7.566.565,00	403
B2	460.950,00	7.566.565,00	402
B3	460.948,00	7.566.561,00	401

Assim como na Propriedade A, qualitativamente, observou-se o crescimento de gramíneas e a recuperação das erosões lineares na Propriedade B. A Figura 14 demonstra o antes e o depois da implementação das técnicas de bioengenharia, no qual também não ocorreu expansão do processo erosivo.

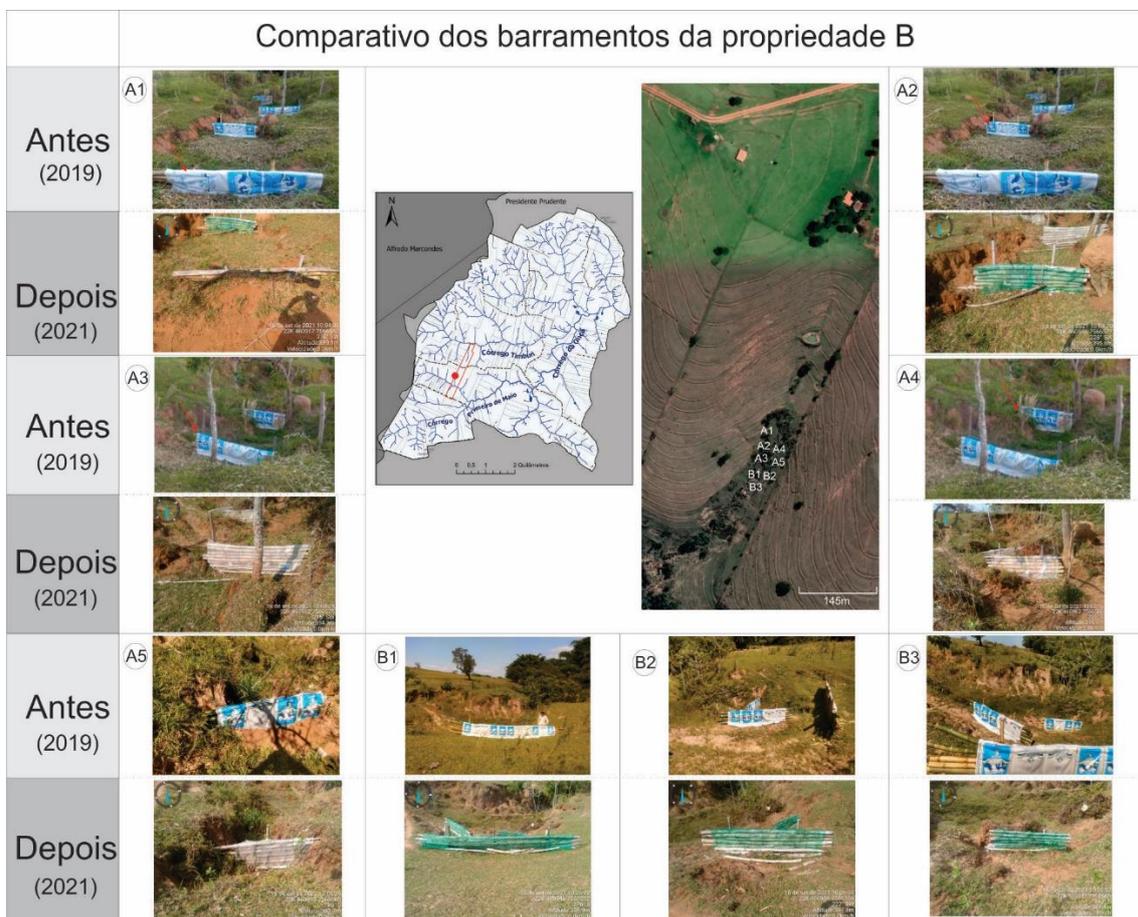


Figura 14. Comparativo do antes e depois da implementação das técnicas de bioengenharia na Propriedade B.

4. Conclusão

A partir dos levantamentos históricos realizados, identificou-se que o espaço geográfico da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável do Timburi, semelhante a outros locais do município de Presidente Prudente-SP, passaram nos últimos 100 anos por profundas alterações na sua cobertura vegetal nativa, outrora constituída na sua maior parte por Floresta Estacional Semidecidual, Bioma Mata Atlântica e por Cerrados, sendo atualmente por pastagens e cultivos agrícolas. Estas alterações levaram a um severo quadro de degradação ambiental ocasionado pelos processos erosivos lineares, mostrando claramente a transformação das paisagens pela

antropogeomorfologia. Neste aspecto, o Antropoceno é a época que melhor representa cenários como os identificados na APA do Timburi

Em relação aos dados das análises de solos realizadas em trabalho de campo e laboratório, revelaram um elevado grau de degradação com perdas físicas de horizontes pedológicos superficiais, e químicas, dos minerais básicos, de MOS e de CO por lixiviação. Os resultados das análises laboratoriais das propriedades das camadas superficiais dos solos não deixam dúvidas quanto ao quadro de degradação química e biológica que, potencializado pelo predomínio das classes texturais de areia-franca (mais de 700 g.kg⁻¹ da fração areia) nas Propriedades A e B, resultando na deflagração de processos erosivos lineares. Em ambas as áreas foi identificada a presença de Antropossolos Sômicos.

Em relação aos barramentos instalados nas duas propriedades rurais, sendo 7 na Propriedade A e 8 na Propriedade B, mesmo nos meses de maior pluviosidade (novembro a fevereiro), não ocorreu expansão dos focos erosivos. Isto mostra a eficácia das técnicas implantadas, seja na quebra da energia cinética gerada pelo escoamento superficial concentrado ao longo das vertentes sem cobertura vegetal, como na contenção dos sedimentos e materiais vegetais que se depositaram a montante deles. Isto possibilitou o crescimento das gramíneas a montante e a jusante, e a incorporação dos bambus no solo como matéria orgânica. Sem as paliçadas de bambus e as mantas de sombrites de polietileno, a tendência nos períodos de maior pluviosidade seria a do aumento do potencial e expansão dos focos erosivos. Um aspecto negativo é a baixa durabilidade dos materiais que se decompõem rapidamente gerando a necessidade de manutenção em curtos períodos. Isto indica que o mais adequado é o uso de biomantas de fibra de côco em substituição as mantas de sombrite de polietileno. Todavia, o valor das biomantas é muito elevado para ser custeado pelo produtor rural.

Os resultados apresentados mostraram a necessidade de ampliação e realização de trabalhos de pesquisa e de extensão junto aos proprietários rurais, com a implantação de técnicas de bioengenharia de baixo custo, para contenção dos processos erosivos. Também, do ponto de vista químico, como descrito anteriormente, identificou-se a necessidade de projetos em parcerias com os proprietários rurais para manter e melhorar a qualidade da matéria orgânica do solo (MOS), seja como componente biológico, fração viva, que atua na agregação e estabilidade dos agregados, fundamental para a resistência à erosão hídrica; seja a fração não viva, responsável, entre outras funções, pela proteção do solo contra a energia desagregadora das chuvas, radiação solar e vento. Além disso, a MO garante ambiente e alimento para macro e microrganismos, essenciais para a prestação dos serviços ecossistêmicos, fundamental nos solos tropicais predominantemente caulíníticos, aumentando sua capacidade produtiva.

Sendo assim, a análise dos elementos físicos e químicos do meio ambiente e suas relações com as práticas socioeconômicas torna-se fundamental para o entendimento da dinâmica geomorfológica da paisagem e que, na área em questão, se faz necessário a implementação de técnicas de bioengenharia para conter o avanço dos processos erosivos, as quais demonstraram resultados bastante satisfatórios.

Contribuições dos Autores: João Osvaldo Rodrigues Nunes: Concepção, metodologia, uso de software, pesquisa e curadoria de dados, preparação e redação do artigo, revisão, edição do texto e aquisição de financiamento. Maria Cristina Perusi: Concepção, metodologia, pesquisa e curadoria de dados, preparação e redação do artigo e revisão. Melina Fushimi: Concepção, metodologia, pesquisa e curadoria de dados, preparação e redação do artigo e revisão. Mariana da Silva Moreno: Concepção, metodologia, pesquisa e curadoria de dados, preparação e redação do artigo e revisão. Leonardo da Silva Tomazini: Concepção, metodologia, pesquisa e curadoria de dados, preparação e redação do artigo e revisão. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: A pesquisa foi apoiada pelo Projeto Regular FAPESP “RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL NO TIMBURI, MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP” (Processo 2019/12164-4), coordenado pelo primeiro autor. O quarto autor teve apoio financeiro da FAPESP (Processo 21/01719-5) durante a execução de sua Bolsa de Iniciação Científica. O quinto autor teve apoio financeiro da CAPES com Bolsa de Pós-Doc. pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente, SP.

Agradecimentos: Agradecemos as Professoras Doutoras Ana Luiza Coelho Netto, Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin e Selma Simões de Castro, pelo convite para submissão do artigo a RBG. A todas as pessoas que participaram da execução dos trabalhos de campos e discussão dos resultados, em especial a MOREIRA, E.S; LOPES, G.F e SILVA, L.C.M. Também ao suporte dado pelo Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Câmpus de Presidente Prudente, ao qual cumprimos pela pessoa do Sr. Victor Emmanuel Albertin Verissimo.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse. Os financiadores não tiveram interferência no desenvolvimento do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados.

Referências

- AGUILAR, R. G.; OWENS, R.; GIARDINO, J. R. The expanding role of Anthropogeomorphology in critical zone studies in the Anthropocene. *Geomorphology*, v. 366, p. 1-25, out. 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X20301379?casa_token=jnnUwJdrKpEAAAAA:aH0sbEjrLki2YvTo-WPmCu8dXCqWKXm-tCrSTXiHX8eXdrzXVJBvvUQgE--Pam29pj8HdT7K. Acesso em: 22 out. 2022.
- AZEVEDO, A. C. Funções ambientais do solo. In: AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. *Solos & Ambiente*. Santa Maria: Pallotti, 2004, p. 7-22.
- BALDASSARINI, J. S.; NUNES, J. O. R. Estimação da perda de solo por processos erosivos em parcelas de monitoramento utilizando pinos de erosão em propriedades rurais do interior do Estado de São Paulo. *Confins (Paris)*, v. 1, p. 1-23, 2018. DOI. 10.4000/confins.16084.
- BARBOSA, A. C. **Contenção de Processos Erosivos Resultantes de Acidente Ambiental na Serra da Mantiqueira, SP**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 31 mar. 2009.
- BARBOSA, A. C. Bioengenharia utilizando bambus em faixas para o controle de processos erosivos: uma análise qualitativa. *Polibotânica*, México, n. 33, 2012. Disponível em <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140527682012000100014&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 30 jul. 2015.
- BARRETO, A. G. O. P.; BARROS, M. G. E.; SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 32, p. 2443-2460, 2008.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 10. ed. São Paulo: Ícone, 2017.
- CAPECHE, L. C. et al. Degradação do solo e da água: impactos da erosão e estratégias de controle. In: TAVARES, S.; LUCENA, R. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicações de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008, p.105-132.
- CARVALHO, A. P. P. et al. Fragilidade ambiental à erosão em uma bacia hidrográfica antropizada no nordeste do estado de São Paulo, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*. Rio de Janeiro, v. 42, n.3, p. 7-18, 2019. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13436>>. Acesso em: 25 set. 2021.
- CARVALHO, P. F.; MENDES, I. A.; ARRUDA, E.; SIQUEIRA, M. C. Contribuição da Análise Geomorfológica para o Planejamento Urbano. In: CARVALHO, P. F.; BRAGA, R. (Org.). *Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias, LPM, Deplan – IGCE – Unesp: Rio Claro*, 2001. p. 55-65
- CENTENO, L. N. et al. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*. Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, jul. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/article/view/11576/7912>>. Acesso em: 25 set. 2021.
- CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. **The Anthropocene**. Global Change Newsletter. 2000. p. 17-18. Disponível em: http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL4_1.pdf. Acesso em: 01 set. 2022.
- CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993, 90 p.
- CURI, N.; KÄMPF, N. Caracterização do solo. In: KER, J. C. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa: SBCS, 2015, p. 147-166.
- DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L. Modelagem de erosão e aporte de sedimentos em bacia hidrográfica com o modelo WaTEM/SEDEM. *Revista Caminhos de Geografia*. Uberlândia, v. 21, n. 78, p. 117-137, dez. 2020. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/53059/30193>> Acesso em: 05 out. 2021.
- DONATON, G. **Estratégias de reprodução social e econômica em pequenas unidades produtivas rurais: o caso dos Bairros Rurais 1º de Maio/Timburi e Ponte Alta/córrego da Onça no município de Presidente Prudente (SP)**. Monografia (bacharelado em Geografia). 2013. 112 f. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.
- ELMQVIST, T. et al. Urbanization in and for the Anthropocene. *Urban Sustain*. v. 1, n. 6. 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s42949-021-00018-w>>. Acesso em: 22 out. 2022.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPq). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA – CNPq. Documentos; 1).
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Forma de controle da erosão linear. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br>> Acesso em: 15 de jan. 2009.
- FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point**. Synthesis report 2021. Rome, 2021. DOI. 10.4060/cb7654en
- FERNANDES, A. L. S.; BRACHTVOGEL, E. L.; REIS, L. L. Produção de massa seca, volume radicular e eficiência nutricional de fósforo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*). *Revista*

- PesquisAgro.** Confresa/MT, v. 2, n. 2, p. 32 – 49, jul/dez. 2019. Disponível em: <<http://200.129.244.167/periodicos/index.php/agro/article/view/582/188>>. Acesso em: 08 out. 2021.
22. FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Área de Concentração: Produção do Espaço Geográfico. Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Presidente Prudente/SP. 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96735>>. Acesso em: 03 set. 2021.
 23. FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. Geomorfologia do Município de Presidente Prudente-SP, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-16, 2011.
 24. FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 14, n. 23, p. 5-27, jan./abr. 2018. DOI. 10.5418/RA2018.1423.0001.
 25. FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R.; NAKAMURA, R. Y.; TAKATA, L. T. O. Vulnerabilidade ambiental e aplicação de técnicas de contenção aos processos erosivos lineares em áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 343-356, 2013.
 26. FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais.** Botucatu: FEPAF, 2006. 268 p.
 27. GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 66 - 94
 28. HERNÁNDEZ, J. L. S. El debate sobre el Antropoceno como oportunidad para repensar la Geografía y su enseñanza. **Editorial Universidad de Granada**, v. 60, n. 3, 2021, p. 297-315. Disponível em: <<https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/18390>>. Acesso em: 03 fev. 2022.
 29. IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Manual Técnico de Uso da Terra.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
 30. IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS). **Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000.** São Paulo: IPT, vol. I, p.46-8; 69, 1981.
 31. JANK, L. et al. **O capim-BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens.** Comunicado Técnico 138. Brasília/DF: Embrapa Gado de Corte, p. 1-17, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165106/1/Capim-BRS-Quenia-Panicum-maximum-Jacq..pdf>>. Acesso em: 08 out. 2021.
 32. JULIAN, C.; NUNES, J. O. R. Uso de VANT e Geoprocessamento para cálculo de solo erodido em voçoroca localizada no distrito de Amadeu Amaral. Marília/SP - Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, p. 835-845, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i4.1818
 33. KÄMPF, N.; MARQUES, J. J.; CURI, N. Mineralogia de solos brasileiros. In: KER, J. C. et al. (Ed.). **Pedologia: fundamentos.** Viçosa: SBCS, 2015, p. 82 – 102.
 34. KLEIN, V. A. **Física do solo.** 2. ed. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2012, 240 p.
 35. LAL, R. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 17, n. 4, p. 319-464, 1998. DOI. 10.1080/07352689891304249
 36. LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solo.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 216 p.
 37. MAPBIOMAS. **A dinâmica da superfície de água do território brasileiro: principais resultados do mapeamento anual e mensal da superfície de água no Brasil entre 1985 até 2020.** 2021. Disponível em: <https://mapbiomas-br.site.s3.amazonaws.com/MapBiomass_A%CC%81gua_Agosto_2021_22082021_OK_v2.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.
 38. MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2013.
 39. MOREIRA, M. S.; THOMAZINI, L. S.; NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M.; SANTOS, C. A. M. Análise da ocorrência de feições erosivas lineares na Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi, Presidente Prudente (SP). **Geografia (Rio Claro Online)**, v. 45, p. 163-184, 2020.
 40. MORENO, M. S. et al. Solos do antropoceno: classificação de Antropossolo em área degradada por erosão acelerada na APA do Timburi, município de Presidente Prudente/SP. **Anais... In: IV Encontro Paulista de Ciência do Solo (IV EPCiS).** ESALQ/USP, Piracicaba/SP, 2022. Disponível em: <<https://www.epcis.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Pedologia-e-Geotecnologia-do-solo-resumos.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2022.
 41. OWENS, P. N. Soil erosion and sediment dynamics in the Anthropocene: a review of human impacts during a period of rapid global environmental change. **J Soils Sediments**, 20, 2020. p. 4115-4143. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-020-02815-9>>. Acesso em: 21 ago. 2022.
 42. PÁDUA, J. Vivendo no antropoceno: incertezas, riscos e oportunidades. In: MUSEU DO AMANHÃ. **De onde viemos? Quem somos? Onde estamos? Para onde vamos?** Rio de Janeiro: Museu do amanhã, 2015, p. 60-66. Disponível em: <https://museudoamanha.org.br/livro/Livro_Mda_DIGITAL_PORTUGUES.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.
 43. PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio.** 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016, 205 p.

44. PROGRAMA NACIONAL DE LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS NO BRASIL (PRONASOLOS). 2022. Disponível em: <<https://geoportal.cprm.gov.br/pronasolos/>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
45. QUEIROZ NETO, J. P. de. Erosão dos solos tropicais e seu controle: o exemplo do estado de São Paulo. **Anais... In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia, p.1-11, 2001.
46. RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26 p.
47. ROSS, J. L. S. Análise na Abordagem Geográfica Integrada da Pesquisa para o Planejamento
48. Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.9, p.65-75, 1995
49. RUBEY, W. W. Gullies in the Great Plains formed by sinking of the ground. **American Journal of Science**, v. 5-15, p. 417-422, 1989. DOI. 10.2475/ajs.s5-15.89.417
50. SANTANA, C. J. **Técnicas de bioengenharia aplicadas às áreas de preservação permanente urbanas – Presidente Prudente, São Paulo**. 2011. 100 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 05 dez. 2011.
51. SANTOS, F. A. S. et al. Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em Campos de Murundus. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 18, n. 2, abr./jun., 2017, p. 43-53. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/995/99551919005.pdf>> Acesso em: 10 out. 2021.
52. SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018, 356 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>> Acesso em: 08 out. 2021.
53. SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. Saturação por bases. Brasília: Embrapa, s.d. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_21_2212200611544.html> Acesso em? 10 out. 2021.
54. SCHLESINGER, S. **O gado bovino no Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://www.boell-latinoamerica.org/web/592.html>> Acesso em: 30 mar. 2015.
55. SILVA, C.; ARBILLA, G. Antropoceno: os desafios de um novo mundo. **Rev. Virtual Quim.**, 2018, v. 10, n. 6, p. 1619-1647. Disponível em: <http://rvq.sbgq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=883> Acesso em: 09 set. 2021.
56. SILVA, M. O. et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, jul. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13360/11223>> Acesso em 07 out. 2021.
57. SILVA, V. M. et al. Biologia do solo: construindo a fertilidade dos solos velhos, lixiviados, pobres e malfadados dos trópicos. In: CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. (Ed.). **Solos e agroecologia**. Brasília/DF: Embrapa, 2018, p. 61 - 99.
58. SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia: uma (re)leitura**. 2002. 112 p.
59. SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds). **Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-made Landforms**. Springer Science, Business Media B.V.: Dordrecht. Pécs, Hungary, 2010.
60. TEIXEIRA, N. C.; GUIMARÃES, C. D. C. **Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil**. UFSJ/MG. 2012. 14 p. Disponível em: http://www.iptan.edu.br/publicacoes/saberes_interdisciplinares/pdf/revista10/METODOS_D_E_CONTENCAO.pdf. Acesso em: 17 fev. 2022.
61. THOMAZ, E. L. **Erosão do solo: teorias, métodos e perspectivas**. Curitiba: CRV, 2019. 260 p.
62. TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson & Cie, 1965.
63. VALERIANO, M.M.; ROSSETTI, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300-309, 2012. DOI: 10.1016/j.apgeog.2011.05.004
64. VANMAERCKE, M. et al. How fast do the gully headcuts retreat? **Earth-Science Reviews**, v. 154, p. 336-355, 2016. DOI. 10.1016/j.earscirev.2016.01.009
65. VARCACEL, R.; SILVA, Z. de S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 12, p. 101-114. 1997.
66. VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van. **ITC System of geomorphological survey**. Netherlands: Manuel ITC Textbook, vol.VII. 1975.
67. ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M. N. Morfometria do relevo e dinâmica erosiva linear em área rural degradada no Oeste Paulista. **RA'E GA (UFPR)**, v. 41, p. 82-97, 2017. DOI. 10.5380/raega



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