

**FRAGILIDADE AMBIENTAL DOS
SOLOS À EROSIÃO LINEAR EM
SETORES DE PASTAGEM: ESTUDO DE
CASO EM PARTE DOS MUNICÍPIOS DE
PRESIDENTE PRUDENTE, MARABÁ
PAULISTA E PRESIDENTE EPITÁCIO,
REGIÃO EXTREMO OESTE DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

*THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF
SOILS TO LINEAR EROSION IN PASTURE
SECTORS: THE CASE STUDY IN PARTS OF
THE MUNICIPALITY OF PRESIDENTE
PRUDENTE, MARABÁ PAULISTA AND
PRESIDENTE EPITÁCIO, EXTREME WEST
REGION OF SÃO PAULO STATE*

*FRAGILIDAD AMBIENTAL DE LOS SUELOS
A EROSIÓN LINEAR EN SECTORES DE LOS
PASTOS: ESTUDIO DEL CASO EN PARTE
DE LOS MUNICIPIOS DE PRESIDENTE
PRUDENTE, MARABÁ PAULISTA Y
PRESIDENTE EPITÁCIO, REGIÓN DEL
EXTREMO OESTE DE LO ESTADO DE SÃO
PAULO*

MELINA FUSHIMI

Departamento de História e Geografia –
Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA), São Luís/MA.
E-mail: melinafushimi@yahoo.com.br

JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

Departamento de Geografia – Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Presidente
Prudente/SP.
E-mail: joao.o.nunes@unesp.br

Resumo: O objetivo do presente artigo foi analisar a fragilidade ambiental dos solos à erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas) em setores de pastagem de parte dos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, região do Extremo Oeste do estado de São Paulo, a partir de descrições gerais e análises morfológicas e texturais dos solos (argila, silte e areia), bem como os aspectos de uso da terra. Para tal, foram realizados trabalhos de campo, análises laboratoriais e a elaboração de representações cartográficas e gráficas por meio de quatro pontos representativos de amostragem (Pontos 1, 2, 3 e 4). Os resultados indicaram que a fração areia prevalece em todos os perfis pedológicos analisados, em comparação à argila e ao silte, o qual é pouco representativo. Dessa forma, os solos presentes na área de estudo configuram-se como arenosos e naturalmente frágeis à dinâmica erosiva linear. O uso intenso pela pastagem, sem medidas conservacionistas adequadas, promove o aparecimento e/ou aceleração destes processos erosivos, gerando um expressivo quadro de degradação dos solos e ambiental.

Palavras-chave: fragilidade ambiental, solos arenosos, erosão linear, pastagem.

Abstract: This work aimed to analyze the environmental fragility of soils to linear erosion (rills, ravines and gullies) in pasture sectors in parts of the municipality of Presidente Prudente, Marabá Paulista and Presidente Epitácio, in the Extreme West region of São Paulo State, based on general descriptions and morphological and textural analysis of soils (clay, silt and sand), as well as aspects of land use. Therefore, fieldwork, laboratory analyses and cartographic and graphic representations were carried out by four representative points of sampling (Points 1, 2, 3 and 4). The results indicated that the sand prevails in all the pedological profiles analyzed, compared to clay and silt, which is not representative. Thus, the soils in the study area are sandy and naturally fragile to linear erosive dynamics. The intense use of pasture, without adequate conservationist support practices, provides the appearance and/or acceleration of these erosive processes, generating an expressive condition of soils and environmental degradation.

Keywords: environmental fragility, sandy soils, linear erosion, pasture.

Resumen: El objetivo de lo presente estudio fue analizar la fragilidad ambiental de los suelos a la erosión linear (surcos, cárcavas y grandes erosiones) en sectores de los pastos de parte de los municipios de Presidente Prudente, Marabá Paulista y Presidente Epitácio, región del extremo oeste de lo Estado de São Paulo, a partir de descripciones generales y análisis morfológicas y texturales de los suelos (arcilla, limo y arena), ben como los aspectos del uso de la tierra. Para esto, fueron realizados trabajo de campo, análisis de laboratorio y la elaboración de representaciones cartográficas y gráficas por medio de cuatro pontos representativos de muestreo (Pontos 1, 2, 3 y 4). Los resultados indicaran que la fracción arena prevalece en todos los perfiles pedológicos analizados, en comparación a la arcilla y a lo limo, lo cual es poco representativo. De esa manera, los suelos presentes en la área del estudio se configuran como arenosos y naturalmente frágil a la dinámica erosiva linear. El uso intenso por el pastos, sien medidas conservacionistas adecuadas, promueve el surgimiento y/o aceleración de este procesos erosivos, generando un expresivo cuadro de la degradación en los suelos y ambiental

Palabras clave: fragilidad ambiental, suelos arenosos, erosiones lineares, pastos.

Introdução¹

Em meio às diversas pesquisas realizadas no âmbito da ciência geográfica têm-se os estudos ambientais, os quais caracterizam, analisam e discutem os fenômenos relacionados e decorrentes da interpenetração das dinâmicas da sociedade e das dinâmicas da natureza no ambiente. De acordo com Nunes (2014, p. 40),

A partir da compreensão de que tanto a área das humanidades (Geografia Humana) quanto a área ambiental (Geografia Física) da Geografia trabalham com noções de temporalidades diferenciadas, o conceito de ambiente deve ser entendido como o espaço em que a natureza humana vive e interage em sociedade, de modo harmônico ou conflituoso com a natureza naturata (biótica e abiótica) ou com a natureza tecnificada.

A partir da perspectiva integrada por intermédio da relação sociedade-natureza, Souza (2018) discorre sobre a “Geografia Ambiental”, sendo caracterizada, de maneira simplificada, como um “terreno intermediário” ou um “conjunto interseção” entre as Geografias ditas “Físicas” e “Humanas”, sem desconsiderar a relevância das ciências da natureza e da sociedade em suas particularidades.

Com base nessa concepção, a Geografia Ambiental valoriza a proposição de temas e problemas “híbridos” (SOUZA, 2018), como riscos, fragilidades e vulnerabilidades associados aos movimentos de

¹ Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), bolsa de mestrado referente ao Projeto “Geomorfologia do município de Presidente Prudente – SP”, Processo 2010/03688-5, assim como pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bolsa de doutorado referente ao Projeto “Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP”.

massa, enchentes, inundações, enxurradas, alagamentos, mineração, depósitos tecnogênicos e, neste trabalho, erosão dos solos.

A erosão, em seu aspecto físico, é a realização de trabalho no desprendimento do material de solo e no seu transporte e o processo se inicia quando as gotas de chuva embatem a superfície do solo e destroem os agregados e, adiante, as partículas de solo se soltam e são transportadas e depositadas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017). Sob o enfoque químico, a erosão é a decomposição química pelas águas correntes, uma vez que se considere no sentido amplo a destruição das formas salientes (GUERRA; GUERRA, 2009).

A erosão natural ou geológica ocorre há milhões de anos, isto é, anterior ao aparecimento do ser humano, com participação essencial na esculturação da superfície terrestre, na formação dos solos aluviais e das rochas sedimentares (WEILL; PIRES NETO, 2007; OLIVEIRA, 2014).

[...] ravinas e voçorocas são feições erosivas que caracterizam, no Brasil e em outras partes do mundo, antigos depósitos sedimentares cuja idade pode atingir mais de 20.000 AP (Hugget, 1974; Oliveira, 1989; Camargo, 1998), sendo portanto, no que nos diz respeito, anteriores aos primeiros humanos documentados na América do Sul (Mello e Alvim, 1972). Conseqüentemente, ravinas e voçorocas podem ser vistas como canais incisivos naturais que resultam de desequilíbrios naturais ou induzidos pelo homem (OLIVEIRA, 2014, p. 58).

No entanto, os usos intensos da terra conduzidos pelo modo de produção capitalista podem ocasionar o surgimento e/ou incremento de feições erosivas, também denominadas de erosão acelerada, antrópica ou antropogenética (OLIVEIRA, 2014), causando a degradação dos solos.

Segundo relatório publicado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO*) e pelo Painel Técnico Intergovernamental de Solos (*Intergovernmental Technical Panel on Soils – ITPS*) no ano de 2015, 33% dos solos mundiais estão degradados em decorrência de variados processos, dentre eles, a erosão. No território brasileiro, o Ministério do Meio Ambiente sugere a existência de 140 milhões de hectares de solos degradados que corresponde a 16,5% da área total (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2016).

Por efeito da erosão, o estado de São Paulo apresenta perda de cerca de 130.000.000 de toneladas de solos anualmente, correspondente à aproximadamente 25% do total no Brasil (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

Na região do Extremo Oeste Paulista, historicamente, em razão das transformações ambientais, a princípio, por meio de monoculturas (em particular, café e algodão) e, *a posteriori*, atividade pastoril e cultivo de cana de açúcar, sem a implantação de medidas conservacionistas adequadas, proporcionaram o predomínio do escoamento superficial, com fluxos laminares e lineares em solos naturalmente frágeis à erosão.

Quando, partindo de São Paulo, toma-se um dos trens que levam até as barrancas do rio Paraná, atravessam-se umas após outras, as regiões conquistadas pelo homem. Depois do relevo de morros desmatados, próximos da capital, por exemplo na direção de Campinas, aparecem cafezais abandonados, numa topografia menos acidentada. Ainda mais longe, transposto o escarpamento de basaltos e arenitos, que limita os planaltos ocidentais, a leste, lá onde a ferrovia já não encontra obstáculos, e começa a descer lentamente no rumo do rio Paraná, atravessa-se

uma paisagem na qual se alternam pastagens, mirradas plantações de café e lavouras de algodão, cujos solos trazem os sulcos da erosão bem à mostra (MONBEIG, 1984, p. 22).

Ross (1994), ao tratar da fragilidade dos ambientes naturais, discorre que:

A fragilidade dos ambientes naturais face as intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais. (ROSS, 1994, p. 63).

No Brasil, face aos problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas predatórias, ao desperdício dos recursos naturais e à degradação generalizada, Ross (1994) evidencia a importância de um planejamento territorial ambiental que leve em consideração não somente o desenvolvimento econômico e tecnológico, como também as potencialidades dos recursos e, em especial, as fragilidades dos ambientes naturais perante às distintas inserções da sociedade na natureza.

Em consonância com Pedro Miyazaki (2014) e Fushimi (2012; 2016), a fragilidade ambiental procura avaliar o estado de equilíbrio dinâmico dos processos naturais e está atrelada à vulnerabilidade ambiental, a qual se diferencia pela incorporação da ação da sociedade, por intermédio dos usos da terra, que intervém em detrimento dos seus interesses econômicos sob o modo de produção capitalista.

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo foi analisar a fragilidade ambiental dos solos à erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas) em setores de pastagem de parte dos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, região do Extremo Oeste do estado de São Paulo, a partir de descrições gerais e análises morfológicas e texturais dos solos (argila, silte e areia), bem como os aspectos de uso da terra.

Fatores relacionados à erosão

Os sulcos, ravinas e voçorocas são decorrentes da erosão hídrica, ou seja, estão associados à água da chuva que, ao interagir com os fatores substrato rochoso, relevo, cobertura vegetal, uso da terra e solo, intervêm no grau de desenvolvimento do processo erosivo, conforme discutido por Weill e Pires Neto (2007) e Bertoni e Lombardi Neto (2017).

O substrato rochoso é caracterizado pela constituição, textura e estrutura; as rochas mais alteráveis, como os arenitos, propiciam a formação de horizontes pedológicos desenvolvidos, disponibilizando maior quantidade de material para remoção, transporte e deposição.

As formas do relevo desempenham papel relevante na circulação da água pluvial, de modo que, nos topos das colinas tabulares e aplainadas, por exemplo, predomina a infiltração, enquanto em áreas mais íngremes, como nas vertentes com declividades acentuadas, prevalece o escoamento superficial e/ou subsuperficial.

A cobertura vegetal promove a dispersão da água, interceptando-a e favorecendo sua evaporação antes de alcançar o solo e a proteção direta contra a ação do *splash* ou “erosão por

salpicamento” (GUERRA, 2009). A vegetação também atua indiretamente, à medida que a incorporação de raízes no perfil pedológico e sua posterior decomposição contribuem no acúmulo de matéria orgânica no solo, com efeito sobre a estrutura, agregação e fertilidade e a formação de macroporos de origem biológica, o que possibilita a infiltração. Já o uso da terra interfere na forma e intensidade de atuação da dinâmica erosiva. A Tabela 1 demonstra a relação entre uso da terra e cobertura vegetal e perdas de solo e água de chuva para três tipos de solo do estado de São Paulo. O algodão se destaca, seguido do cafezal e da pastagem e, indicando valores inferiores, cobertura de mata.

Tabela 1: Efeito do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão.

Tipo de uso	Perdas de	
	Solo (t/ha)	Água (% de chuva)
Mata	0,004	0,7
Pastagem	0,4	0,7
Cafezal	0,9	1,1
Algodão	26,6	7,2

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2017).

As propriedades físicas dos solos, principalmente textura, estrutura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas, exercem diferentes influências na erosão.

A respeito da textura, ao comparar solos arenosos, argilosos e terra roxa sob 1.300 mm de chuva e declives entre 8,5 e 12,8%, Bertoni e Lombardi Neto (2017) quantificaram as perdas de solo, com

realce para os solos arenosos (21,1 t/ha), e de água, cujo dado mais elevado foi de 9,6% para os solos argilosos (Tabela 2).

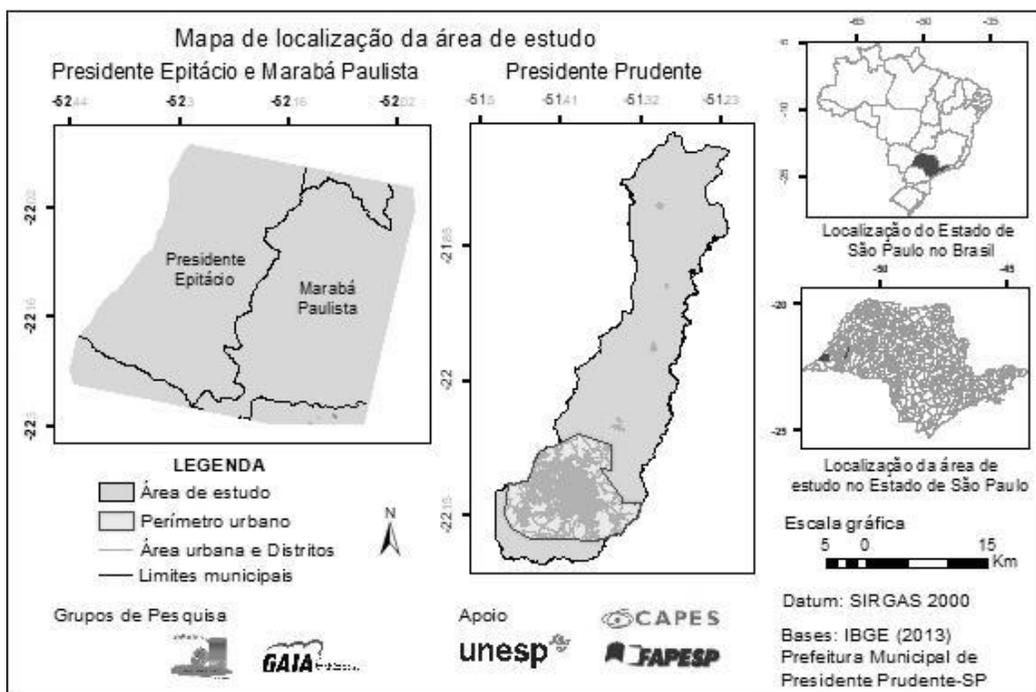
Tabela 2: Efeito do tipo de solo nas perdas por erosão.

Solo	Perdas de	
	Solo (t/ha)	Água (% de chuva)
Arenoso	21,1	5,7
Argiloso	16,6	9,6
Terra roxa	9,5	3,3

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2017).

Área de estudo

Os municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio localizam-se no Extremo Oeste Paulista (Figura 1). Suas unidades territoriais dispõem de 560,637 km², 919,519 km² e 1.260,281 km², respectivamente, e suas populações estimadas em 2018 foram de 227.072, 5.757 e 44.006 habitantes, nessa ordem (IBGE, 2019).

Figura 1: Localização da área de estudo.

Elaboração: dos autores (2019).

A delimitação do recorte de trabalho levou em consideração o intenso quadro erosivo da região, em que a área de estudo apresenta alta susceptibilidade, em conformidade com o mapa de erosão por ravinas e boçorocas do estado de São Paulo na escala 1:250.000, desenvolvido sob coordenação do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE e Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (KERTZMAN et al., 1995; IPT, 2012).

No Extremo Oeste de São Paulo foram cadastradas 104 erosões lineares urbanas, com 51 ravinas e 53 voçorocas e 3.261 rurais, sendo 783 ravinas e 2.478 voçorocas (IPT, 2012). A quantidade de manifestações erosivas lineares urbanas e rurais nos municípios estudados encontra-se na Tabela 3:

Tabela 3: Erosões lineares urbanas e rurais nos municípios estudados.

Municípios	Erosões urbanas	Erosões rurais	Total
Marabá Paulista	2	371	373
Presidente Epitácio	6	132	138
Presidente Prudente	26	26	52
Total	34	529	563

Fonte: IPT (2012).

Com base no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 1999), no esboço simplificado das principais classes de solos do município de Presidente Prudente-SP na escala 1:25.000 (FUSHIMI, 2012) e no esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP na escala 1:50.000 (FUSHIMI, 2016; FUSHIMI et al., 2017), as principais classes de solos possuem características de Latossolos, Argissolos, Neossolos, Planossolos e Gleissolos (1º nível categórico – ordens, EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos são “[...] solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura” (EMBRAPA, 2018, não paginado).

No tocante aos Argissolos,

[...] são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou

com argila de atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos:

a) Horizonte plântico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolos;

b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolos. (EMBRAPA, 2018, não paginado).

Acerca dos Neossolos,

[...] são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei, plântico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica para as classes Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente. (EMBRAPA, 2018, não paginado).

Os Planossolos “[...] são solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Horizonte plânico sem caráter sódico perde em precedência taxonômica para o horizonte plântico” (EMBRAPA, 2018, não paginado).

Enfim, os Gleissolos

[...] são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo, ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam horizonte vértico em posição diagnóstica para Vertissolos ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir

da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Horizonte plânico, horizonte plântico, horizonte concrecionário ou horizonte litoplântico, se presentes, devem estar à profundidade maior que 200 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018, não paginado).

No mais, ocorrem depósitos tecnogênicos, especialmente, depósitos sedimentares induzidos aluviais que se referem aos “depósitos sedimentares relacionados às redes de drenagem atuais” (PELOGGIA et al., 2014, p. 36).

Em consonância com Nunes (2002), Nunes et al. (2006), Fushimi (2012) e Fushimi (2016), na área estudada os Latossolos constituem-se solos desenvolvidos oriundos dos arenitos da Formação Caiuá (Grupo Bauru) ou dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina (Grupo Bauru) e ocorrem nos topos das colinas tabulares e aplainadas, das colinas amplas suavemente onduladas e das colinas onduladas, tal como no domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas.

Os Argissolos são solos rasos a desenvolvidos e os Neossolos configuram-se como solos rasos. Ambos se espacializam, preferencialmente, nas vertentes côncavas, convexas e retilíneas. Em alguns setores, têm-se os afloramentos dos arenitos da Formação Caiuá (Grupo Bauru) ou dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina (Grupo Bauru).

Os solos hidromórficos, Planossolos e Gleissolos, e os materiais sedimentares de origem tecnogênica encontram-se nas planícies aluviais e alveolares, onde os arenitos da Formação Caiuá (Grupo Bauru) ou os arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina (Grupo Bauru) também afloram em algumas áreas.

Procedimentos metodológicos

Trabalho de campo

Em trabalhos de campo ocorreram levantamentos de quatro pontos representativos de amostragem. A escolha dos pontos considerou as características dos solos, o uso da terra pela pastagem e suas inter-relações no ambiente.

Nesse sentido, foram feitas caracterizações morfológicas e descrições dos solos em setores de pastagem baseado no manual técnico de Pedologia (IBGE, 2015a) e manual técnico de Pedologia: guia prático de campo (IBGE, 2015b). Coletaram-se dez amostras de solos (Tabela 4) dos horizontes identificados em cortes de estrada e, na sua ausência, manuseado o trado do tipo holandês (Figura 2), conforme recomenda o manual de descrição e coleta de solo no campo de Lemos e Santos (1996).

Tabela 4: Quantidade de amostras de solos coletadas e localização dos perfis pedológicos (Pontos 1, 2, 3 e 4).

Ponto	Quantidade de amostra de solo	Localização (município)
1	3	Presidente Prudente-SP
2	3	Presidente Prudente-SP
3	3	Marabá Paulista-SP
4	1	Presidente Epitácio-SP

Elaboração: dos autores (2019).

Figura 2: Coleta de amostra de solo com o trado do tipo holandês.



Foto: dos autores, trabalho de campo (2014).

Análise laboratorial

Adiante, no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente, as amostras de solos coletadas em trabalhos de campo passaram pela análise textural, sendo o procedimento adaptado do manual de métodos de análise de solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997). Segundo Freire (2006), a textura é a principal propriedade do solo, pois dela dependem todas as outras propriedades e é expressa pela participação em g.kg^{-1} das partículas constituintes do solo (argila, silte e areia), separadas por tamanho (Figura 3).

Figura 3: Constituintes do solo separados por tamanho.

Argila	< 0,002 mm
Silte	0,002 - < 0,05 mm
Areia fina	0,05 - < 0,2 mm
Areia grossa	0,2 - < 2 mm

Fonte: IBGE (2015b).

Em seguida, os resultados obtidos foram agrupados em classes texturais mediante o triângulo textural proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015a).

Representação cartográfica e gráfica

O mapa de localização da área de estudo foi elaborado no ArcGIS 10.5[®] por meio das bases digitais disponibilizadas pelo IBGE (2013) e pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente-SP.

As representações dos perfis pedológicos realizaram-se no CorelDRAW 2018[®] e os gráficos foram feitos no Excel 2013[®].

Resultados e Discussão

Nos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, as vegetações originais de Floresta Estacional Semidecidual (Bioma Mata Atlântica) e de cerrados foram desmatadas e, nos dias atuais, a gramínea (*Brachiaria decumbens*) para pastagem prevalece (Figura 4), cujo pisoteio do gado acelera a compactação do solo em formato de caminhos, promovendo a redução da infiltração das águas pluviais e o incremento do fluxo linear

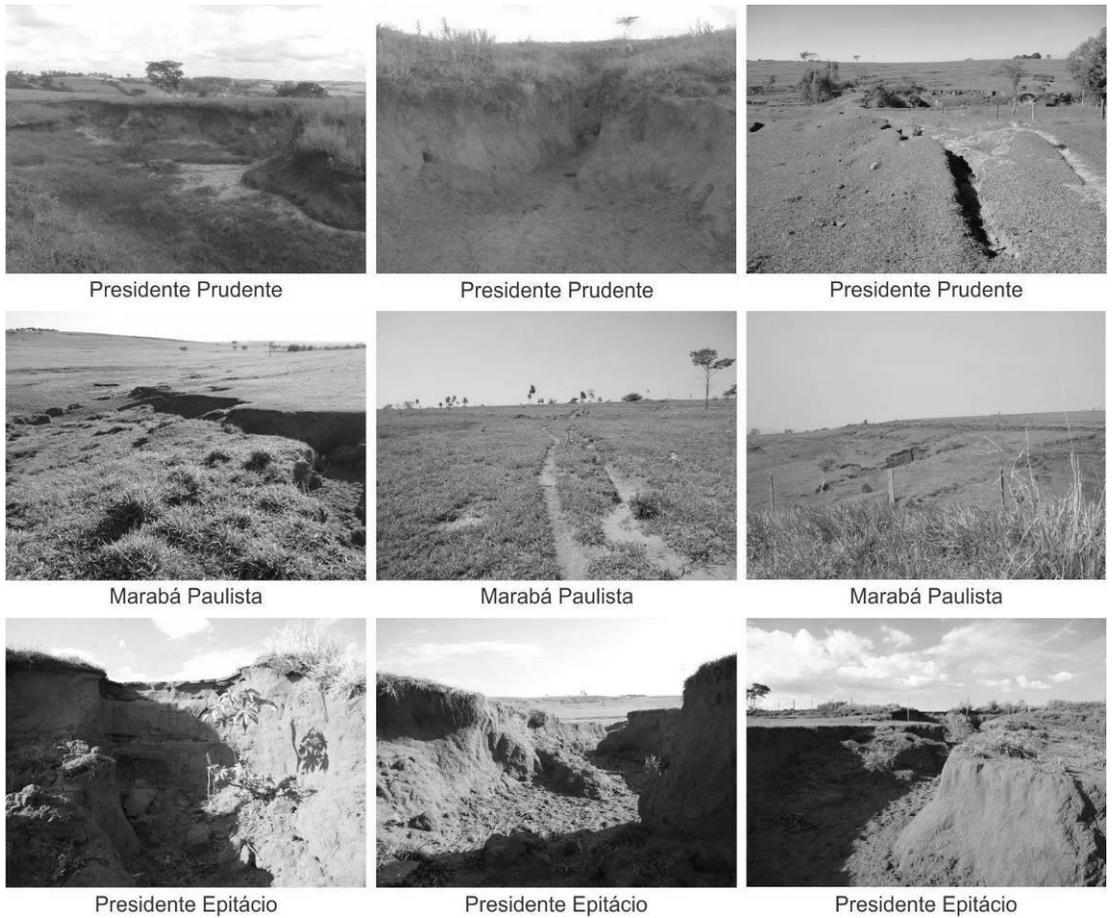
(erosão hídrica). A princípio, formam-se feições erosivas do tipo sulcos e podem evoluir para ravinas e voçorocas (Figura 5).

Figura 4: Gramínea para pastagem.



Fotos: dos autores, trabalho de campo (2016).

Figura 5: Feições erosivas lineares.



Fotos: dos autores, trabalho de campo (2016).

A Tabela 5 representa a extensão da pastagem na área de estudo, a qual foi quantificada a partir das imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), datadas de 2009, e atualizada com a realização de trabalhos de campo e imagens do *Google Earth*[®].

Tabela 5: Extensão da pastagem na área de estudo.

Municípios	Extensão da pastagem	
	Km ²	%
Marabá Paulista	423,81	67,13
Presidente Epitácio	509,52	80,74
Presidente Prudente	318,48	56,80

Elaboração: dos autores (2019).

Cabe mencionar, conforme afirma Bertoni e Lombardi Neto (2017), que a gramínea auxilia o controle da erosão hídrica mediante sua capacidade de diminuir a intensidade da enxurrada e prender as partículas de solo contra a pressão da água, formando pequenas rugosidades no terreno que retardam o movimento da água. Contudo, a atividade pastoril é intensa e a revegetação natural é lenta, principalmente com a presença do gado.

Com a finalidade de analisar a fragilidade ambiental dos solos aos sulcos, ravinas e voçorocas em setores de pastagem foram caracterizados quatro pontos representativos de amostragem, denominados de Ponto 1, 2, 3 e 4.

O Ponto 1 encontra-se em corte da estrada Raimundo Maiolini, em Presidente Prudente, nas coordenadas 463705.54 m E e 7559881.18 m S, no topo das colinas amplas suavemente onduladas (Figura 6) e declives entre 5 a 10%.

Figura 6: Topo das colinas amplas suavemente onduladas.

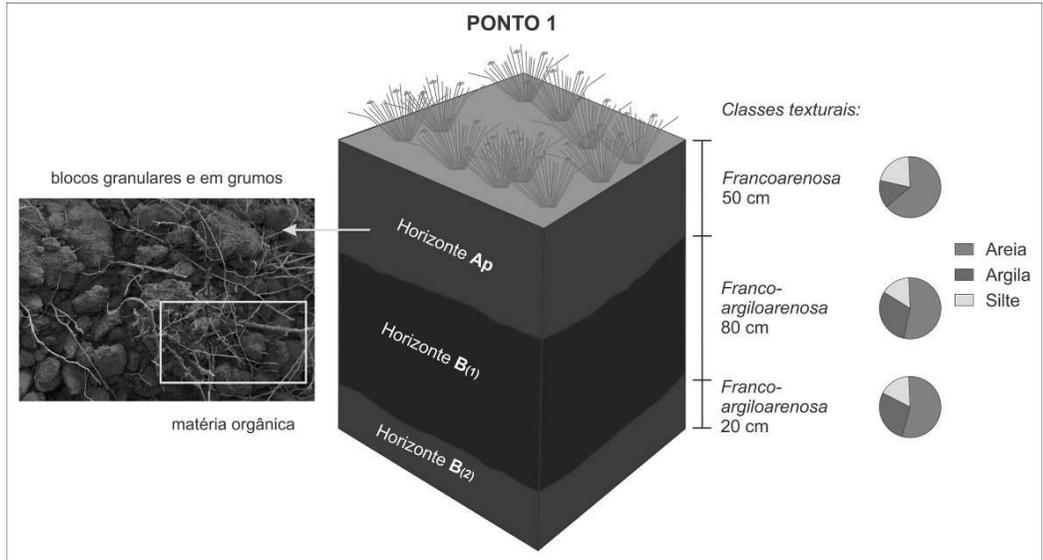


Foto: dos autores, trabalho de campo (2012).

Os solos são desenvolvidos, com profundidades superiores a 150 cm, e apresentam três horizontes pedológicos, um horizonte Ap ($p = plowed$, em inglês: arado, isto é, alterado pela ação da sociedade) e dois horizontes B ($B_{(1)}$ e $B_{(2)}$) em avançado estágio de intemperização. Em todos os horizontes, a areia prevalece, com 634 g.kg^{-1} , 535 g.kg^{-1} e 548 g.kg^{-1} e classe textural “Francoarenosa”, “Franco-argiloarenosa” e “Franco-argiloarenosa”, nessa ordem (Figuras 7 e 8).

A vegetação de gramínea, com sua densidade de hastes e sistema radicular, propiciou a presença de matéria orgânica no horizonte Ap. Além do mais, os blocos são granulares e em grumos, típicos de horizontes superficiais ou de alguns horizontes profundos, como o latossólico. Quando ocorrem nos horizontes superficiais de solos cultivados, sofrem a influência das práticas de manejo das culturas (FREIRE, 2006).

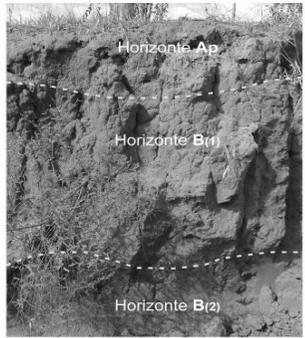
Figura 7: Representação do perfil pedológico e classes texturais do Ponto 1.



Elaboração: dos autores (2016).

Figura 8: Descrição geral, caracterização morfológica e resultados da análise textural do Ponto 1.

PONTO 1				
Identificação	Solos desenvolvidos			
Localização	Próximo ao Distrito de Montalvão, Presidente Prudente-SP			
Situação e declive	Localizado no topo com declividades de 5 a 10%			
Coordenadas	463705.54 m E e 7559881.18 m S			
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Estacional Semidecidual e de cerrados e graminea			
Altitude	424 m			
Litologia e Formação	Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)			
Cronologia	Cretáceo Superior			
Relevo local	Colinas amplas suavemente onduladas			
Drenagem	Bem drenado ¹			
Uso atual	Pastagem			
Descrito e coletado por	Autores			
Horizontes	Ap	B(1)	B(2)	
Profundidade (cm)	0-50	51-130	131-150+	
Características morfológicas	Marrom (2.5YR 4/4); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	Vermelho (2.5YR 3/6); transição gradual; plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; cerosidade; grau de desenvolvimento: fraco; quantidade: pouco; consistência em solo seco: dura; em solo úmido: muito firme.	Vermelho (2.5YR 4/8); transição gradual; plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: ligeiramente dura; em solo úmido: firme.	
Análise textural	Areia	634	535	548
	Argila	154	303	274
	Silte	212	162	178
	Classe Textural	Francoarenosa	Franco-argiloarenosa	Franco-argiloarenosa



¹Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: dos autores (2016).

No Ponto 2, em corte de estrada vicinal não pavimentada, em Presidente Prudente, coordenadas 464624.79 m E e 7564120.23 m S, na média vertente com declividades entre 10 a 15% das colinas amplas suavemente onduladas (Figura 9), verificou-se que o horizonte Ap foi removido pela erosão. Assim, aflora na superfície o horizonte eluvial E (horizonte onde ocorre perda de materiais, argilas e/ou óxidos de ferro e húmus, translocados para o horizonte B, LEPSCH, 2010) e dois horizontes B, denominados B₍₁₎ e B₍₂₎.

Figura 9: Localização do perfil pedológico do Ponto 2.

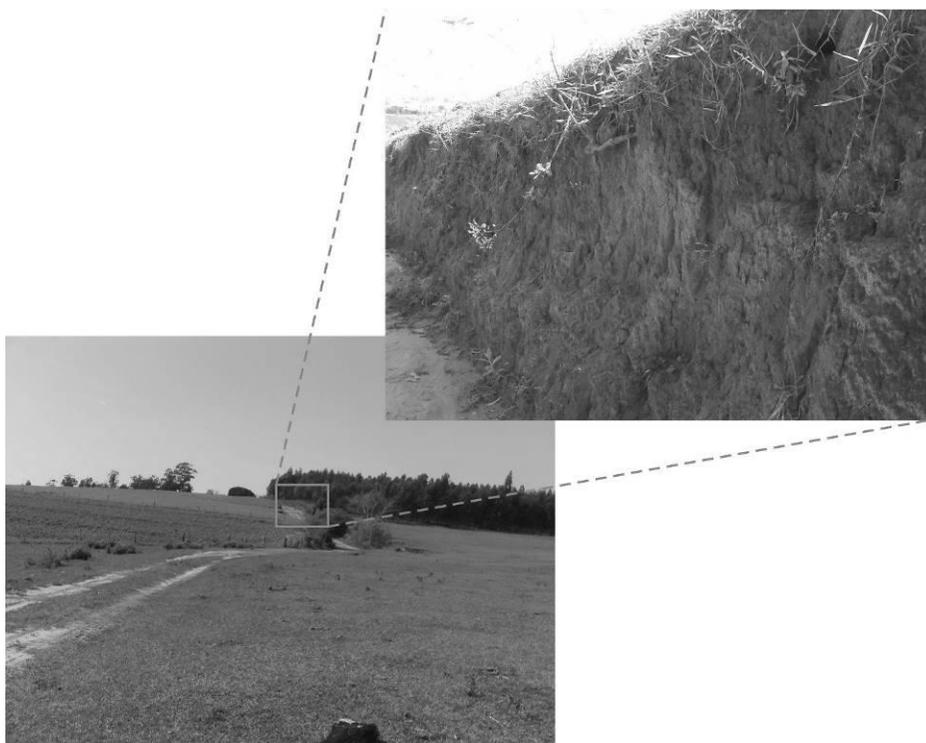


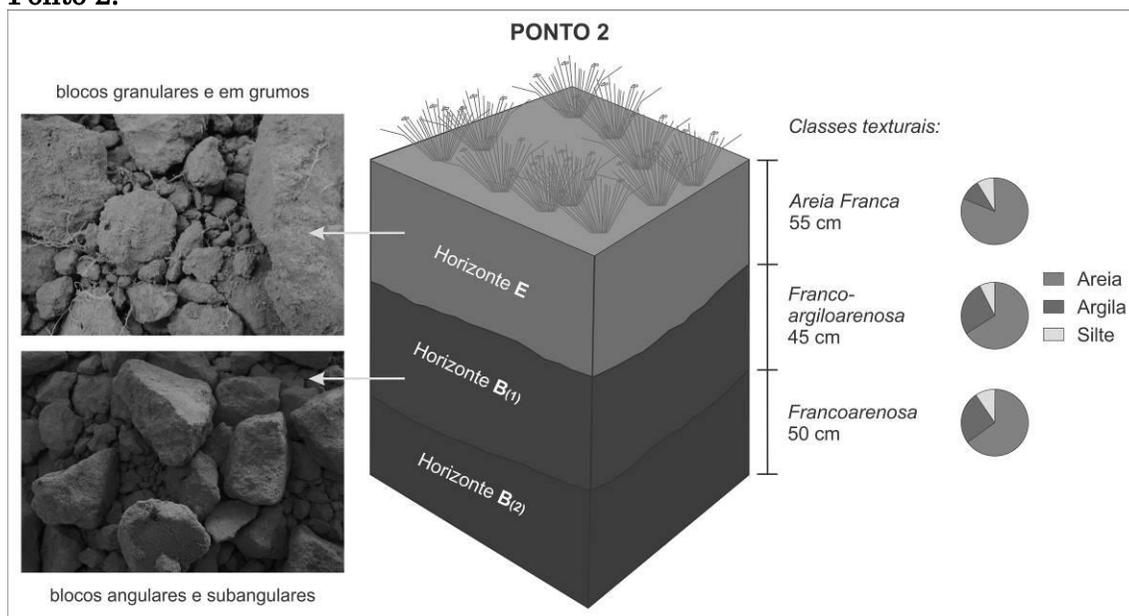
Foto: dos autores, trabalho de campo (2012).

A partir da caracterização morfológica nos trabalhos de campo, constatou-se que no horizonte E as estruturas são granulares

e em grumos, enquanto nos horizontes B₍₁₎ e B₍₂₎, os blocos são angulares e subangulares.

No que se refere à análise textural em laboratório, o horizonte E detém significativa quantidade de areia (815 g.kg⁻¹ e classe textural “Areia Franca”), no horizonte B₍₁₎ ocorreu seu decréscimo (653 g.kg⁻¹) e incremento da argila (classe textural “Franco-argiloarenosa”) e no horizonte posterior B₍₂₎, a areia aumenta (726 g.kg⁻¹ e classe textural “Francoarenosa”) (Figuras 10 e 11).

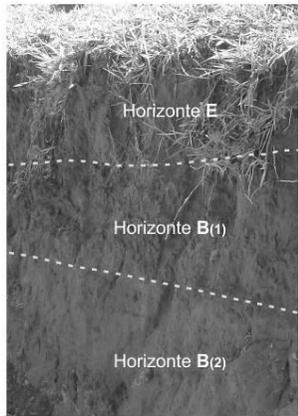
Figura 10: Representação do perfil pedológico e classes texturais do Ponto 2.



Elaboração: dos autores (2016).

Figura 11: Descrição geral, caracterização morfológica e resultados da análise textural do Ponto 2.

PONTO 2				
Identificação	Solos rasos a desenvolvidos			
Localização	Próximo ao Distrito de Floresta do Sul, Presidente Prudente-SP			
Situação e Declive	Localizado na média vertente com declividades de 10 a 15%			
Coordenadas	464624.79 m E e 7564120.23 m S			
Cobertura Vegetal Primária e Atual	Floresta Estacional Semidecidual e de cerrados e gramínea			
Altitude	402 m			
Litologia e Formação	Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)			
Cronologia	Cretáceo Superior			
Relevo local	Colinas amplas suavemente onduladas			
Drenagem	Bem drenado ¹			
Uso atual	Pastagem			
Descrito e coletado por	Autores			
Horizontes	E	B(1)	B(2)	
Profundidade (cm)	0-55	56-100	101-150+	
Características morfológicas	Marrom (5YR 6/4); transição abrupta; não plástica; blocos granulares e em grumos; poros comuns; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	Vermelho (5YR 5/6); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; poros comuns; cerosidade grau de desenvolvimento: fraca, quantidade: pouco; consistência em solo seco: ligeiramente dura; em solo úmido: firme.	Vermelho (2,5YR 5/8); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; poros comuns; cerosidade grau de desenvolvimento: fraca, quantidade: pouco; consistência em solo seco: ligeiramente dura; em solo úmido: firme.	
Análise textural	Areia	815	653	726
	Argila	99	268	171
	Silte	86	79	103
	Classe Textural	Areia Franca	Franco-argiloarenosa	Francoarenosa



¹Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: dos autores (2016).

No Ponto 3, em corte da estrada SP-272, coordenadas 383095.00 m E e 7541981.00 m S, em Marabá Paulista, as colinas são onduladas e as vertentes, pouco íngremes (abaixo de 5%), possuem formatos côncavos e convexos. No presente ponto de amostragem tem-se o pastoreio do gado sobre a gramínea, entretanto, nas proximidades ocorre o plantio de cana de açúcar (Figura 12). O uso intensivo da terra proporcionou sinais de queimada em todo o perfil pedológico estudado (horizontes Ap, B₍₁₎ e B₍₂₎).

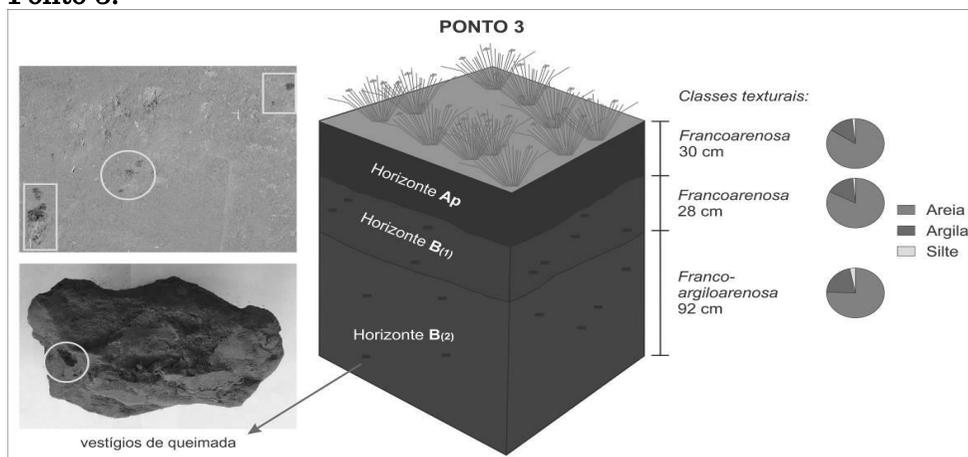
Figura 12: Pastagem e gramínea no Ponto 3 e plantio de cana de açúcar nas proximidades.



Foto: dos autores, trabalho de campo (2016).

Ao analisar em laboratório a textura (argila, silte e areia) das amostras de solos coletadas em campo, nota-se que a fração areia decresce de forma gradativa, comparando o horizonte superficial Ap (844 g.kg⁻¹) em relação aos horizontes subsuperficiais B₍₁₎ (826 g.kg⁻¹) e B₍₂₎ (756 g.kg⁻¹). Desse modo, a classificação textural passa de “Francoarenosa” nos horizontes Ap e B₍₁₎ para “Franco-argiloarenosa” no horizonte B₍₂₎ (Figuras 13 e 14).

Figura 13: Representação do perfil pedológico e classes texturais do Ponto 3.



Elaboração: dos autores (2016).

Figura 14: Descrição geral, caracterização morfológica e resultados da análise textural do Ponto 3.

PONTO 3					
Identificação		Solos desenvolvidos			
Localização		Áreas rurais de Marabá Paulista-SP			
Situação e declive		Localizado na vertente com declividades inferiores a 5%			
Coordenadas		383095.00 m E e 7541981.00 m S			
Cobertura vegetal primária e atual		Floresta Estacional Semidecidual e de cerrados e gramínea			
Altitude		322 m			
Litologia e Formação		Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)			
Cronologia		Cretáceo Superior			
Relevo local		Colinas onduladas			
Drenagem		Bem drenado ¹			
Uso atual		Pastagem			
Descrito e coletado por		Autores			
Horizontes		Ap	B(1)	B(2)	
Profundidade (cm)		0-30	31-58	59-150+	
Características morfológicas		7.5YR 4/6 (bruno forte); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	10YR 4/6 (bruno amarelado escuro); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	7.5YR 5/8 (bruno forte); transição gradual; plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: ligeiramente dura; em solo úmido: firme.	
Análise textural	Areia	gkg ⁻¹	844	826	756
	Argila		138	158	211
	Silte		18	16	33
	Classe Textural		Francoarenosa	Francoarenosa	Franco-argiloarenosa



¹Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: dos autores (2016).

O Ponto 4 se situa em corte da estrada SPV-035, em Presidente Epitácio, coordenadas 371274.00 m E e 7571814.00 m S, nas vertentes retilíneas das colinas tabulares e aplainadas (Figura 15), com declividades suaves e inferiores a 5%. Ao utilizar o trado, amostras de solos do horizonte superficial foram coletadas e observou-se que estas apresentam coloração mosqueada, indicando possível hidromorfismo, visto que o ponto está distante cerca de cinco quilômetros do rio Paraná (Figura 16).

Figura 15: Colinas tabulares e aplainadas. Figura 16: Rio Paraná.



Foto: dos autores, trabalho de campo, 2016.

Foto: dos autores, trabalho de campo, 2016.

Em virtude das amostras de solos serem coletadas por meio da tradagem, a caracterização morfológica e a representação do perfil pedológico não foram realizadas no Ponto 4. À vista disso, as informações são referentes à descrição geral e à análise textural que apresentou acúmulo de areia (845 g.kg^{-1}) em relação à argila (154 g.kg^{-1}) e ao silte (apenas 1 g.kg^{-1}) e classe textural “Francoarenosa” (Figura 17).

Figura 17: Descrição geral e resultados da análise textural do Ponto 4.

PONTO 4					
Localização	Áreas rurais de Presidente Epitácio-SP				
Situação e declive	Localizado na vertente com declividades inferiores a 5%				
Coordenadas	371274.00 m E e 7571814.00 m S				
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Estacional Semidecidual e de cerrados e gramínea				
Altitude	293 m				
Litologia e Formação	Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)				
Cronologia	Cretáceo Superior	Horizonte superficial			
Relevo local	Colinas tabulares e aplainadas	7.5YR 5/2 (bruno)			
Drenagem	Bem drenado ¹	Análise textural			
Uso atual	Pastagem	Areia	Argila	Silte	Classe Textural
Descrito e coletado por	Autores	g.kg ⁻¹			Francoarenosa
		845	154	1	
¹ Esta condição refere-se ao momento da observação.					

Elaboração: dos autores (2016).

A textura é um dos fatores que influencia na maior ou menor quantidade de solo transportado pela erosão hídrica. Nos solos arenosos, com espaços porosos grandes, durante uma chuva de pouca intensidade e duração, pode absorver toda a água, todavia, como possui baixa proporção de partículas argilosas que ligam as partículas grandes, pequenos volumes de enxurrada podem deslocar grande quantidade de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

Considerações finais

Diante das considerações realizadas, objetivando analisar a fragilidade ambiental dos solos à erosão linear em setores de pastagem de parte dos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, região do Extremo Oeste do estado de São Paulo, a partir de descrições gerais e análises morfológicas e

texturais dos solos (argila, silte e areia), bem como os aspectos de uso da terra, foram caracterizados quatro pontos representativos de amostragem. De maneira geral, a fração areia prevalece, em comparação à argila e ao silte, o qual é pouco representativo.

Dessa forma, os solos analisados configuram-se como arenosos, em que a coesão das partículas é menor e se desagregam mais facilmente que os solos argilosos e siltosos. Além disso, dispõem reduzida resistência à penetração das raízes e baixa fertilidade, dificultando a fixação da cobertura vegetal, a qual oferece proteção direta contra a atuação do *splash*, isto é, a ruptura dos agregados do solo causada pelo impacto das gotas da chuva na superfície.

Por conseguinte, conclui-se que os solos presentes na área de estudo são naturalmente frágeis ao desenvolvimento de sulcos, ravinas e voçorocas. O seu uso intenso pela pastagem, sem medidas conservacionistas adequadas, promove o aparecimento e/ou aceleração destes processos erosivos, gerando um quadro expressivo de degradação, com perda de nutrientes de solos férteis e agricultáveis e o assoreamento dos cursos d'água a jusante.

Enfim, vale mencionar que o trabalho em questão pode subsidiar a realização de pesquisas posteriores, como vulnerabilidade ambiental à dinâmica erosiva linear, técnicas de recuperação de áreas degradadas e erodibilidade dos solos, seja no âmbito da ciência geográfica quanto na perspectiva da interdisciplinaridade por meio do planejamento ambiental.

Referências bibliográficas

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 10. ed. São Paulo: Ícone, 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). *Degradação neutra de terra: o que significa para o Brasil?* Brasília, DF: 2016. 28 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA – CNPS. Documentos; 1).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS). *Status of the World's Soil Resources*. Roma, 2015.

FREIRE, O. *Solos das regiões tropicais*. Botucatu: FEPAF, 2006. 268 p.

FUSHIMI, M. *Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP*. 2012. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

FUSHIMI, M. *Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP*. 2016. 199 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R.; CASTOLDI, R. C. Caracterização dos solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP. *Revista Formação (Online)*, v. 1, n. 24, p. 114-135, 2017.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 149-209.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 652 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Manual Técnico de Pedologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Manual Técnico de Pedologia: guia prático de campo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015b.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. <<http://www.downloads.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

Institut de Pesquisas Tecnológicas (IPT). *Relatório Técnico nº 131.057-205 – B1-1/189*. São Paulo, 2012.

KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. *Rev. IG*, São Paulo, v. especial, p. 31-36, 1995.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84 p.

LEPSCH, I. F. *Formação e Conservação dos Solos*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MONBEIG, P. *Pioneiros e fazendeiros de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, Polis, 1984.

NUNES, J. O. R. *Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente-SP*. 2002. 209 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

NUNES, J. O. R. *Práxis geográfica e suas conjunções*. 2014. 150 p. Tese (Livre docência em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

NUNES, J. O. R.; FREIRE, R.; PERES, I. U. Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. *Anais...* Goiânia: União da Geomorfologia Brasileira; International Association of Geomorphologists, 2006.

OLIVEIRA, J. B. *Solos do Estado de São Paulo*: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 112 p.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo*: Legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999. 64 p. e mapa.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). *Erosão e conservação dos solos*: conceitos, temas e aplicações. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 57-99.

PEDRO MIYAZAKI, L. C. *Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo*: análise dos impactos e da vulnerabilidade nas cidades de Presidente Prudente/SP e Marília/SP. 2014. 265 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, A. A.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Rev. do Departamento de Geografia – FFLCH-USP*, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

SOUZA, M. L. de. Quando o trunfo se revela um fardo: reexaminando os percalços de um campo disciplinar que se pretendeu uma ponte entre o conhecimento da natureza e o da sociedade. *GEOUSP (Online)*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 274-308, mai./ago. 2018.

WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. Erosão e Assoreamento. In: SANTOS, R. F. (Org.). *Vulnerabilidade Ambiental*. Brasília: MMA, 2007. p. 39-58.

Submetido em: 09 de abril de 2019.

Devolvido para revisão em: 19 maio de 2019.

Aprovado em: 25 de maio de 2019.

Como citar este artigo:

FUSHIMI, Melina; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. Fragilidade ambiental dos solos à erosão linear em setores de pastagem: estudo de caso em parte dos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, região do extremo Oeste do estado de São Paulo. **Terra Livre**, v. 1, n. 52, p. 662-694, jan.-jun./2019.