

CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA PEDOLÓGICA AO LONGO DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA SITUADA NO DISTRITO DO SUMARÉ EM PARANAÍ-PR

CHARACTERIZATION OF PEDOLOGICAL COVERAGE THROUGH A TOPOSSEQUENCE LOCATED IN THE DISTRICT OF SUMARÉ IN PARANAÍ-PR

CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA PEDOLÓGICA A LO LARGO DE UNA SECUENCIA DE TOPOSECUENCIA UBICADA EN EL DISTRITO DE SUMARÉ EN PARANAÍ-PR

Maria Carolina Beckauser¹

Hélio Silveira²

Resumo: O objetivo desse trabalho é caracterizar a cobertura pedológica de uma topossequência situada em um vale em berço localizado no distrito de Sumaré, no município de Paranaíba-PR. A área de estudo encontra-se no Terceiro Planalto Paranaense, sob o arenito da Formação Caiuá. A metodologia utilizada foi a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica. Através das amostras de solos coletadas durante o trabalho de campo foram determinadas a granulometria e argila natural. Os resultados mostraram três classes de solos presentes na topossequência, ao qual foi dividida em setores. O setor I é composto por Latossolos Vermelhos de textura média, no setor II ocorrem os Argissolos Vermelhos de textura média, e no sopé da vertente (setor III) verificam-se os Neossolos Quartzarênicos. Concluiu-se que ao longo da topossequência ocorrem duas frentes de transformação: a primeira ocorre do topo até a média vertente, quando o horizonte Bt avança de forma remontante sob o horizonte Bw; e a segunda acontece pelo avanço remontante do horizonte E dos Neossolos Quartzarênicos do sopé sob o horizonte Bt dos Argissolos da média vertente.

Palavras-chave: Arenito Caiuá, Noroeste Paranaense, Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.

Abstract: The objective of this work is to characterize the pedological coverage of a topossequence situated in a valley located in the district of Sumaré, in Paranaíba-PR. The study area is located in the Third Plateau of Paraná, under the sandstone of the Caiuá Formation. The methodology used was the Structural Analysis of Pedological Coverage. Through soil samples collected during field work, granulometry and natural clay were determined. The results showed three classes of soils present in the topossequence, which was divided into sectors. Sector I is composed of medium-textured Red Latosols, in sector II there are medium-textured Red

¹ Mestre em Geografia. Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR. E-mail: mariacarolinabeckhauser@hotmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/7768522098002460>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-3642-8327>.

² Doutor em Geociências e Meio Ambiente. Docente na Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR. E-mail: hesilveira70@hotmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1351597266517062>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-4674-1237>.

Argisols, and at the foot of the slope (sector III) there are Quartzarenic Neossols. It was concluded that along the toposequence there are two fronts of transformation: the first occurs from the top to the middle slope, when the Bt horizon advances in a remounting way under the Bw horizon; and the second happens due to the remounting advance of the horizon E of the Quartzarenic Neossols of the foothills under the horizon Bt of the Argisols of the medium slope.

Keywords: Caiuá Sandstone, Northwest of Paraná, Structural Analysis of Pedological Coverage.

Resumen: El objetivo de este trabajo es caracterizar la cobertura pedológica de una toposequencia ubicada en un valle en cuna ubicado en el distrito de Sumaré, en el municipio de Paranaíba-PR. El área del estudio se encuentra en la Tercera Terraza Paranaense, bajo la arenisca de Formación Caiuá. La metodología utilizada fue el Análisis estructural de la cobertura pedológica. A través de muestras de suelo recolectadas durante el trabajo de campo, se determinaron la granulometría y la arcilla natural. Los resultados mostraron tres clases de suelo presentes en la toposequencia, los cuales fueron divididos en sectores. El sector I es compuesto por Latosoles Rojos de textura media, en el sector II se producen Argisoles Rojos de textura media, y al pie de la vertiente (sector III) son verificados Neosoles Quartzarenicos. Se concluyó que a lo largo de la toposequencia se producen dos frentes de transformación: la primera ocurre desde la parte superior hasta la media de la vertiente, cuando el horizonte Bt avanza de manera reafirmando bajo el horizonte Bw; y la segunda sucede debido al avance del horizonte E de los Neosoles Quartzarenicos desde el pie bajo el horizonte Bt de los Arcisoles de la vertiente media.

Palabras Clave: Arenito Caiuá, Noroeste Paranaense, Análisis de Cobertura Estructural Pedológica.

Introdução

O mau uso dos solos tem gerado uma preocupação global com o seu manejo. O avanço das atividades agropecuárias, tem causado sérias consequências aos solos, como: perda da fertilidade natural, degradação de suas propriedades físicas e hídricas, perda de solos por processos erosivos, dentre outras. A busca por tentar solucionar ou minimizar esses problemas tem sido um foco global, tais fatos justificam cada vez mais a necessidade de se realizar estudos dos solos de forma integrada.

De acordo com Queiroz Neto (2002), até pouco tempo atrás os estudos dos solos ocorriam somente de forma vertical, sendo algo mais isolado e limitado. Somente em meados de 1930 que Milne introduz a noção de catena, onde buscava a visão de sucessão dos solos ao longo da vertente, expressando uma variação lateral, relacionando-as com as condições topográficas, porém ainda era algo muito limitado.

Diante desse cenário, Boulet et. al. (1982 a.b.) propôs uma representação da distribuição espacial das organizações pedológicas ao longo da vertente, denominando-a de “Análise Estrutural da Cobertura Pedológica”, que envolve uma representação bidimensional das

organizações dos solos e seus horizontes em uma topossequência representativa, porém para a representação tridimensional é necessário realizar outras topossequências de forma paralela à principal onde os limites entre os horizontes dos solos são cartografados através das curvas de isodiferenciação. Pesquisas dessa natureza, aplicadas em solos tropicais, trouxeram contribuições para uma melhor compreensão da pedogênese associando-as com as características do relevo.

O estado do Paraná também foi palco de vários estudos envolvendo a aplicação da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, principalmente na região Noroeste, que possui solos de textura média e arenosa oriundos do arenito da Formação Caiuá, que quando mal manejados de forma incorreta, apresentam intensos processos erosivos, seja no meio urbano ou rural. É diante desse cenário que se manifesta a necessidade de entender a dinâmica dos solos na região.

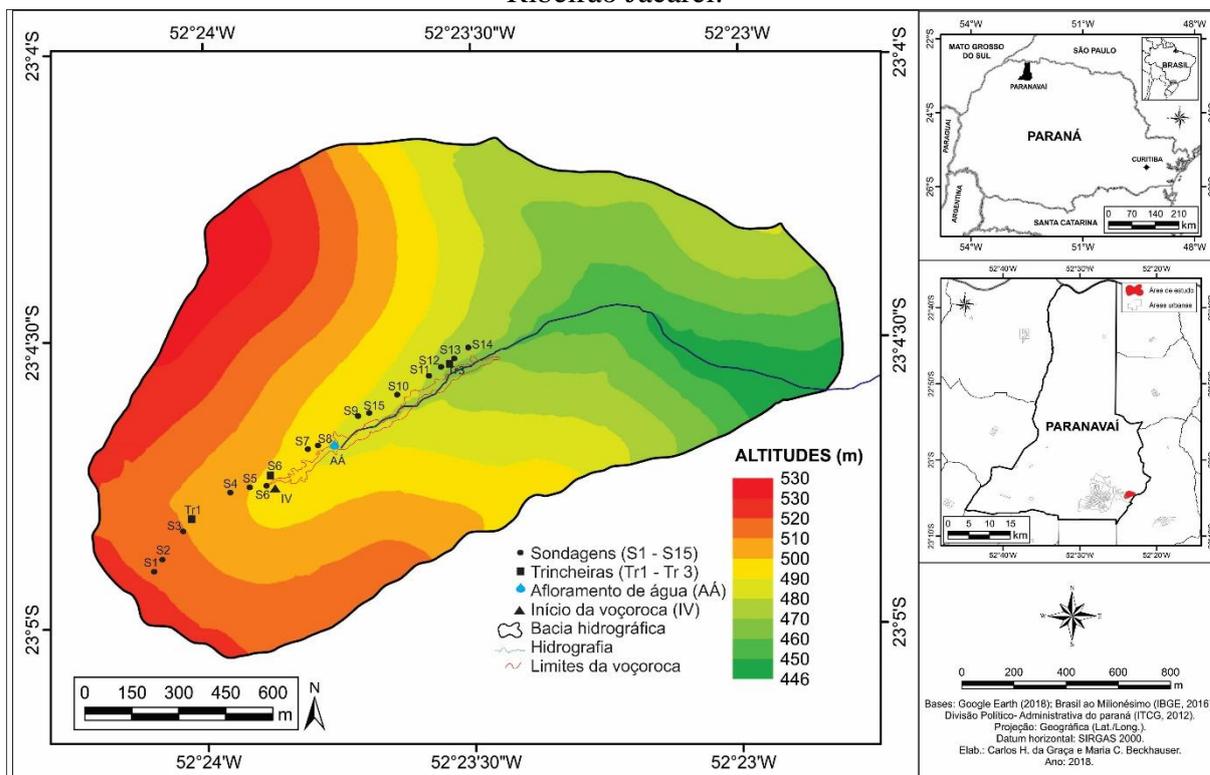
Cabe destacar algumas pesquisas que aplicaram a metodologia proposta por Boulet et al. (1982 a.b.) no Brasil, a fim de compreender a relação do relevo, do tempo e do material de origem na variação e distribuição de solos. Nakashima (1999) verificou os principais sistemas pedológicos da região Noroeste e os mapeou, a fim de compreender as transformações pedológicas, a dinâmica hídrica e o grau de suscetibilidade a erosão.

Já Karling (2000) realizou seus estudos no município de Cidade Gaúcha – PR, com o levantamento de três topossequências, onde foram verificadas as transformações laterais e verticais dos solos e suas relações com os processos erosivos na região.

Portanto, o objetivo desse trabalho é caracterizar a cobertura pedológica de uma topossequência, situada em um vale em berço, localizado no distrito de Sumaré, no município de Paranaíba-PR.

Área de estudo

Conforme a hierarquia proposta por Strahler (1957), a topossequência estudada encontra-se na bacia de primeira ordem de ramificação, tributária do Ribeirão Jacareí, localizada no distrito do Sumaré, pertencente ao município de Paranaíba, no Noroeste do estado do Paraná. A bacia de primeira a qual pertence a topossequência estudada, encontra-se nas coordenadas geográficas de 23°04'6.33" e 23°04'57.93" de latitude sul e 52°22'51,27" e 52°24'12.86" de longitude Oeste (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de Localização da Topossequência na Bacia de primeira ordem tributária do Ribeirão Jacareí.

Devido a ocorrência de problemas erosivos no Noroeste do Paraná, foi selecionada como área de estudo uma vertente na cabeceira de drenagem de um vale em berço, que possui uma voçoroca instalada, a topossequência estudada encontra-se margeando a parte ativa dessa voçoroca.

Conforme Maack (2012), a região Noroeste do Paraná está inserida no Terceiro Planalto Paranaense. Nessa região, no período Jurássico-Triássico da Era Mesozoica ocorreu derramamentos de magmas básicos toleíticos decorrentes de um processo de vulcanismo fissural. Sobre esse derramamento houve a deposição sedimentar arenosa denominada atualmente como o arenito da Formação Caiuá. De acordo com a Almeida et. al. (1981) essa Formação é composta por arenitos finos a médios, arroxeados, com estratificação cruzada de grande porte.

As principais classes de solos encontradas no município de Paranaíba são formadas a partir da alteração do arenito da Formação Caiuá, sendo eles: os Latossolos Vermelhos de textura média, os Argissolos Vermelho típicos ou abruptos de textura média, os Neossolos Quartzarênicos e os Gleissolos Hápicos (FASOLO et, al. 1988; NAKASHIMA, 1999; EMBRAPA, 2007).

De acordo com a classificação climática de Köppen (1936), o clima da região é Subtropical Úmido Mesotérmico, com verões quentes e úmidos (CAVIGLIONE et al. 2000). Conforme Roderjan et al. (2002), as formações fitogeográficas nativas presentes no município é a Floresta Estacional Semidecidual.

Segundo o IBGE (2010) atualmente a economia de Paranavaí está voltada para o setor terciário, que envolve atividades do segmento de comércios e serviços. Conforme o IPARDES (2019) a população total de Paranavaí em 2018 é de 87.813 habitantes distribuídos em 1.202,151 Km², com uma densidade demográfica de 73 habitantes por Km².

Procedimentos metodológicos

Para o levantamento da cobertura pedológica utilizou-se as orientações metodológicas propostas por Boulet et al. (1982 a.b.). Esse método exige que seja realizado o levantamento dos solos ao longo de uma vertente representativa, com auxílio de um trado holandês, para identificação dos horizontes e suas transições verticais e laterais. As sondagens à trado são realizadas do topo em direção ao sopé da vertente, até que se encontre a transição dos horizontes pedológicos. As sondagens intermediárias são realizadas para identificar o local onde ocorre a transição (QUEIROZ NETO, 2002).

Para execução do levantamento topográfico, realizou-se medições do ângulo de inclinação e da elevação do terreno, com leituras em até 10 m de distância, iniciando-se na baixa vertente em direção à montante, com o auxílio do clinômetro de bolso, uma régua de 2 metros de altura e uma trena, conforme exposto por Marques et al. (2000). As coordenadas geográficas foram coletadas com a utilização de aparelho GPS. Para a elaboração do perfil topográfico, os dados coletados em campo foram tabelados e tratados nos programas *Excel 2016* e *CorelDraw X7*.

O levantamento pedológico foi realizado com o auxílio do trado holandês, iniciando as sondagens na alta vertente em direção à jusante. As amostras foram coletadas de 10 em 10 cm, até 200 cm de profundidade. As amostras coletadas foram armazenadas em pedocomparadores e em sacos plásticos, para a posterior determinação do tamanho das partículas dos solos, por meio da análise granulométrica.

Com base no levantamento das sondagens à trado, foram selecionadas as áreas para a abertura de trincheiras, em cada classe de solo identificada ao longo da topossequência. Nas

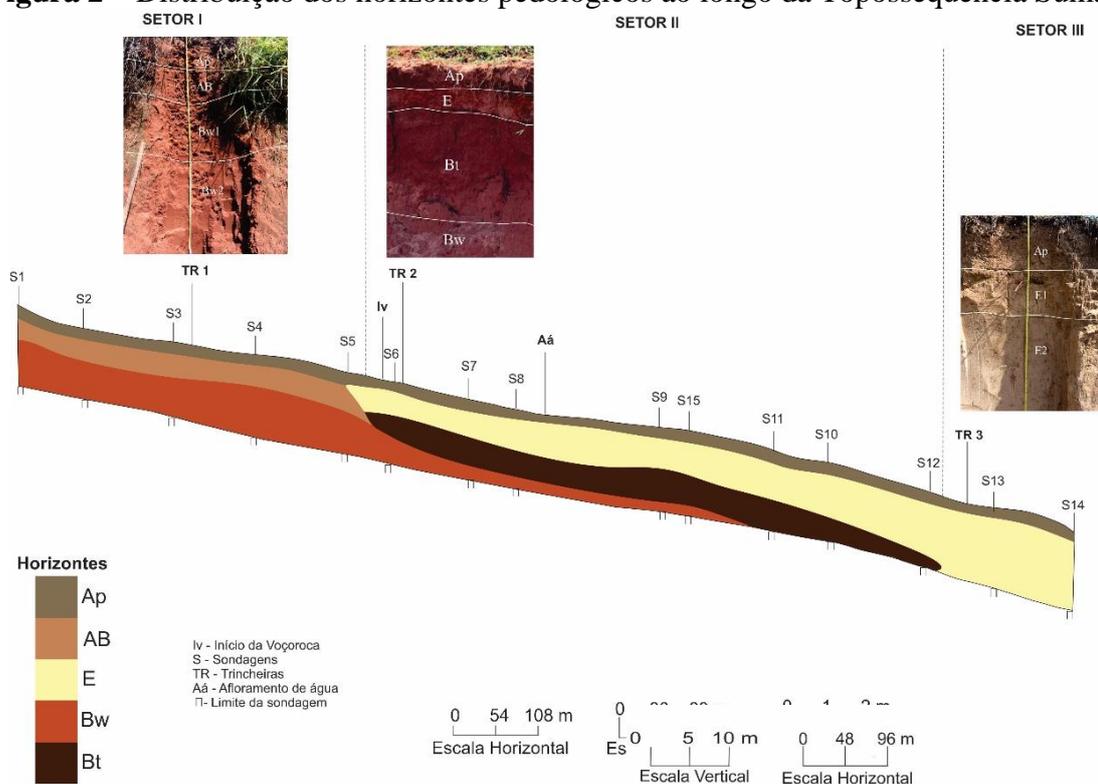
trincheiras realizou-se a descrição morfológica dos perfis, seguindo os critérios estabelecidos por Santos et al. (2005) e procedeu-se a coleta de amostras dos horizontes descritos.

As amostras coletadas nas trincheiras foram utilizadas para a determinação da granulometria e da argila naturalmente dispersa em água, seguindo o método da pipeta, conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 2017).

Resultados e discussões

A topossequência estudada situa-se ao longo de uma vertente, inserida em uma cabeceira de drenagem de um vale em berço, que apresenta 1322 metros de comprimento, 34 metros de desnível topográfico, em um relevo que varia de plano a ondulado (figura 2_.

Figura 2 – Distribuição dos horizontes pedológicos ao longo da Topossequência Sumaré.



Fonte: BECKHAUSER, M. C.; SILVEIRA, H. (2019).

A topossequência apresentou diferentes classes de solos ao longo da vertente estudada, dos quais foram delimitados, conforme mostra a figura 2. Determinou-se três setores na topossequência: o setor I, à montante, próximo ao topo do interflúvio (sondagens 1 a 5 e trincheira 1) composto por Latossolo Vermelho de textura média, com sequência de horizontes Ap, AB, Bw1 e Bw2; o setor II, que ocorre entre a média e a baixa vertente (sondagens 5 a 12 e trincheira 2) formado pelo Argissolo Vermelho de textura média, com os horizontes Ap, E,

Bt e Bw; e no sopé, o setor III (sondagens 13 a 14 e trincheira 3), onde há a ocorrência de Neossolo Quartzarênico, com a sequência de horizontes Ap, E1 e E2.

Embora a denominação correta dos horizontes subsuperficiais dos Neossolos Quartzarênicos utilize a letra C, conforme a classificação dos solos proposta pela Embrapa (2017), esses horizontes foram denominados como E (E1 e E2), com o intuito de representar a continuidade do horizonte E dos Argissolos e dos processos de perda argila, provocados pelo processo de arenização que evolui de forma remontante.

O horizonte Ap está disposto em toda topossequência, apresentando textura arenosa, conforme indicado na Tabela 1. A montante, possui 32 cm de espessura, coloração vermelho acinzentada (2,5 YR 4/2), estrutura de grau fraco, tamanho pequeno, do tipo granular passando a grão simples. Na média vertente, a espessura aumenta para 34 cm, a coloração é modificada para bruno avermelhada (2,5 YR 5/4), e a estrutura é maciça que se desfaz em grãos simples. Já no sopé da topossequência, a espessura é de 36 cm, de coloração rosada (7,5 YR 7/4) e estrutura formada unicamente por grãos simples.

Lateralmente é possível verificar que o horizonte Ap aumenta de espessura e modifica sua estrutura de montante para jusante, a estrutura passa de fraca, pequena, granular e em grãos simples para grão simples no sopé da vertente. A coloração também é alterada, sendo vermelho acinzentado a montante e passando para rosada em direção ao sopé (Tabela 1). As mudanças nas características morfológicas são consequências do processo de mobilização de material fino de montante para jusante, influenciado pela atuação dos fluxos hídricos verticais e laterais.

Cunha et al. (1999) em seus estudos no município de Umuarama, no Noroeste do Paraná, evidenciaram a mobilização da argila em horizontes superficiais ao longo de uma topossequência, e o aumento da espessura do horizonte Ap em direção ao sopé da vertente, atribuindo esse processo como consequência do comportamento dos fluxos hídricos.

No setor de montante, o horizonte AB apresentou 34 cm de espessura, coloração vermelha (2,5 YR 4/6), textura areia franca e estrutura de grau moderado, tamanho médio, em blocos angulares a subangulares. A partir da sondagem 5, o horizonte AB desaparece, surgindo em seu lugar um horizonte arenoso, denominado de E (Figura 2). O horizonte E apresentou 37 cm de espessura, coloração vermelha (2,5 YR 4/6), textura areia franca e estrutura fraca a moderada, granular passando para blocos angulares (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição morfológica dos perfis identificados na Topossequência Sumaré

Hori. Prof. (cm)	Cor Munsell	Textura	Estrutura	Consistência	Raízes	Transição
Trincheira 1 – Latossolo Vermelho (setor I)						
Ap 0-32	2,5 YR 4/2	A.	Fr. P. Gra. Gs.	Sol. Fri. Lig. Pla. Peg. Ñ. Pla. Ñ. Peg.	Mt. Fi. Fas.	Pla. Cla.
AB 32-66	2,5 YR 4/6	Af.	Mo. M. Blo. Ang. Sub.	Ma. Mt. Fri. Lig. Pla. Lig. Peg.	Po. Fi. Fas.	Pla. Gra.
Bw1 66-122	2,5 YR 5/6	F.	Fr. M. Blo. Ang. Sub.	Sol. Mt. Fri. Lig. Pla. Lig. Peg.	Po. Fi. Fas.	Pla. Dif.
Bw2 122-200	2,5 YR 4/8	F.	Fr. P. M. Blo. Ang. Sub.	Sol. Mt. Fri. Lig. Pla. Lig. Peg.	Po. Fi. Fas.	
Trincheira 2 – Argissolo Vermelho (setor II)						
Ap 0-34	2,5 YR 5/4	A.	Mac. Gs.	Sol. Sol. Ñ. Pla. Ñ. Peg.	Fi. Fas.	Pla. Gra.
E 34-71	2,5 YR 4/6	Af.	Fr. Gra. Mo. Blo. Ang.	Sol. Mt. Fri. Ñ. Pla. Ñ. Peg. Lig. Pla. Lig. Peg.	Fi. Fas.	Pla. Gra.
Bt 71-183	2,5 YR 4/4	Faa.	Fo. M. G. Blo. Ang. Sub.	Mac. Lig. Dur. Mt. Fri. Lig. Pla. Peg.	M. Po. Fi. Fas.	Pla. Gra.
Bw 183-200	2,5 YR 4/8	Fa.	Fr. Mo. P. M. Blo. Ang. Sub.	Sol. Mac. Mt. Fri. Lig. Pla. Lig. Peg.	Po. Fi. Fas.	
Trincheira 3 – Neossolo Quartzarênico (setor III)						
Ap 0-36	7,5 YR 7/4	A.	Gs.	Sol. Sol. Ñ. Pla. Ñ. Peg.	Fi. Fas.	Pla. Gra.
E1 36-67	7,5 YR 8/2	A.	Gs.	Sol. Sol. Ñ. Pla. Ñ. Peg.	Po. Fi. Fas.	Pla. Dif.
E2 67-200	10 YR 8/2	A.	Gs. Sol.	Sol. Sol. Ñ. Pla. Ñ. Peg.		

F. – franco; Fa. – franco arenosa; Faa. – franco-argilo-arenosa; Af. – areia franca; A – areia; Fr. – fraca; Mo. – moderada; - Fo. – forte; P. – pequena; M. – média; G. – grande; Ma. – maciça; Gra. – granular; Blo. – blocos; Ang. – angulares; Sub. – subangulares; Gs. – grão simples; Sol. – solta; Fri. – friável; Lig. – ligeiramente; Pla. – plástico; Peg. – pegajosos; Ñ. – não; Mac. – macio; Mt. – muito; Du. – duro; Po. – pouca; Fi. – finas; Fas. – fasciculadas; Pla. – plana; Grad. – gradual; Cla. – clara; Dif. – difusa.

Em direção ao sopé, o horizonte E se espessa, se dividindo nos horizontes E1 e E2, porém ambos apresentam textura arenosa e estrutura em grãos simples. De acordo com os dados da tabela 1, o horizonte E1 possui 31 cm de espessura, cor branco rosada (7,5 YR 8/2), transacionando verticalmente de forma plana e gradual para o horizonte E2, que possui 133 cm de espessura, com cor bruno-muito-claro-acinzentado (10 YR 8/2).

No setor I, conforme descrito na TR1, logo abaixo do horizonte AB, se forma o horizonte Bw, conforme apresentado na Figura 3, que se diferencia nos horizontes Bw1 e Bw2. O horizonte Bw1 possui 56 cm de espessura, cor vermelha (2,5 YR 5/6), textura franca, estrutura formada por blocos angulares e subangulares, de tamanho médio e grau fraco. O horizonte Bw2, possui 78 cm de espessura, cor vermelha (2,5 YR 4/8) textura também franca,

e estrutura formada por blocos angulares e subangulares, fracamente desenvolvidos e de tamanho pequeno à médio.

Em direção a média vertente é possível verificar o desaparecimento do horizonte E em profundidade, e posteriormente o surgimento do horizonte Bt, conforme mostra a figura 2. O horizonte Bt possui 112 cm espessura, coloração bruno-avermelhada (2,5 YR 4/4), textura franco-argilo-arenosa e estrutura de grau forte, tamanho médio a grande, blocos angulares e subangulares (Tabela 1).

Abaixo do horizonte Bt na, média vertente, ocorre o horizonte Bw, entre as sondagens 6 e 11, que possui 17 cm de espessura, cor vermelha (2,5 YR 4/8), textura franco arenosa e estrutura formada por blocos angulares e subangulares, fracamente a moderadamente desenvolvidos e de tamanho pequeno a médio (Tabela 1).

Baseando-se nas observações morfológicas, o sistema pedológico está em desequilíbrio, ou seja, está em transformação lateral, com mobilização de material vertical e lateralmente. De acordo com Boulet (1978), as transformações que ocorrem vertical e lateralmente, com a acumulação ou perda de argila e alteração da estrutura dos solos são comuns em paisagens tropicais.

Os dados referentes a composição granulométrica, assim como os dados de floculação e dispersão dos solos descritos nas trincheiras estão apresentados na tabela 2.

Conforme os dados apresentados na tabela 2, a variação de areia muito fina variou entre 16,28 g.Kg⁻¹ e 34,54 g.Kg⁻¹ ao longo da topossequência, sem um comportamento padrão entre nos setores I e II, onde ocorrem os Latossolos e Argissolos. No setor III, na cobertura quartzarênica, nota-se que ocorreu uma diminuição em profundidade e observou-se os menores teores dessa fração. No que se refere a classe de areia fina, se torna evidente seu predomínio ao longo da vertente, com variação entre 518,10 g.Kg⁻¹ e 663,82 g.Kg⁻¹, apresentando uma diminuição em profundidade no setor I, enquanto que nos setores II e III variou aleatoriamente. Além disso, as maiores concentrações de areia fina ocorreram no horizonte superficial (Ap) em todos os solos analisados, principalmente nos Argissolos e Neossolos Quartzarênicos, onde a diferenciação foi mais evidente e expressiva, com valores superiores a 100 g Kg⁻¹ entre o horizonte Ap e o subjacente (E).

Tabela 2 – Dados de granulometria, argila floculada e argila dispersa das trincheiras da Topossequência Sumaré

Horiz Prof. cm	Areia M. Fina	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Areia M. Grossa	Areia Total	Silte	Argila	Grau Floc.	Grau Disp.
g.Kg ⁻¹									%	
Trincheira 1 – Latossolo Vermelho (setor I)										
Ap 0-32	29,99	647,08	200,26	14,06	0,25	891,65	23,85	84,50	42,60	57,40
AB 32-66	20,54	623,49	190,14	18,83	1,07	854,08	30,05	115,87	36,57	63,43
Bw1 66-122	25,08	607,91	153,52	14,17	0,50	801,18	29,20	169,62	41,19	58,81
Bw2 122-200	21,42	562,41	177,60	16,32	0,20	777,96	29,67	192,38	97,79	2,21
Trincheira 2 – Argissolo Vermelho (setor II)										
Ap 0-34	32,07	663,82	167,26	21,55	0,28	884,98	35,02	80,00	28,75	71,25
E 37-71	34,54	548,45	240,61	15,59	0,87	840,06	27,94	132,00	68,18	31,82
Bt 71-183	25,06	561,26	153,20	10,92	0,28	750,71	22,29	227,00	58,59	41,41
Bw 183-200	28,68	518,10	226,21	13,99	0,39	787,37	28,63	184,00	70,11	29,89
Trincheira 3 – Neossolo Quartzarênico (setor III)										
Ap 0-36	27,22	632,24	280,52	22,17	0,00	962,15	20,35	17,50	41,43	58,57
E1 36-67	16,28	529,57	371,97	43,40	0,00	961,22	24,66	14,12	50,44	49,56
E2 67-200	16,32	561,38	345,85	52,87	0,28	976,70	14,93	8,37	43,28	56,72

Já na classe de areia média, ocorreu uma variação de 153,20 g.Kg⁻¹ a 371,97 g.Kg⁻¹ ao longo da topossequência, com variações aleatórias em profundidade. Porém, nota-se que em direção ao sopé da vertente (TR3), há maior acúmulo de areia média, com um aumento significativo dessa fração, sobretudo nos horizontes E1 e E2, indicando valores 2 vezes maiores quando comparados a maioria dos horizontes descritos nos Latossolos e Argissolos.

A classe de areia grossa apontou para uma variação de 10,92 g.Kg⁻¹ a 52,87 g.Kg⁻¹, sem apresentar um padrão de comportamento na alta (TR 1) e média vertente (TR 2). Diferentemente delas, a trincheira 3, localizada no sopé da vertente, apresentou um aumento no teor de areia grossa em profundidade, cujo valor do horizonte E2 foi duas vezes maior do que o valor obtido no horizonte superficial (Ap). Além disso, verificou-se o aumento dessa fração em direção ao sopé da vertente, principalmente nos horizontes subsuperficiais da cobertura quartzarênica (E1 e E2), semelhantemente ao que ocorreu com a areia média, apontando para uma maior participação dessas frações, na constituição dos Neossolos Quartzarênicos (Tabela 2).

Gasparetto (1999), em seus estudos em topossequência realizados em Paranavaí percebeu um aumento de frações mais grosseiras em direção ao sopé da vertente, semelhantemente o que foi observado nessa pesquisa.

Em relação a classe de areia muito grossa, houve uma variação pouco expressiva ao longo da topossequência, variando entre 0,20 g.Kg⁻¹ e 1,07 g.Kg⁻¹. Semelhantemente ao que foi observado na classe de areia grossa, não foi identificado um comportamento padrão nos setores I e II, porém no setor III apresentou aumento em profundidade, apesar de pouco significativo.

De montante até a média vertente, onde se localizam as trincheiras 1 e 2, ocorre uma diminuição da fração areia total em profundidade. Na trincheira 1, o horizonte Ap apresentou 891,65 g.Kg⁻¹ e reduziu para 776,96 g.Kg⁻¹ no horizonte Bw2. Na trincheira 2, localizada na média vertente, os valores variaram de 884,98 g.Kg⁻¹ no Ap para 787,37 g.Kg⁻¹ no Bw. Em direção ao sopé, no setor III, ocorre uma mudança na distribuição da areia total, que aumenta em profundidade, com uma variação de 962,15 g.Kg⁻¹ no Ap para 976,70 g.Kg⁻¹ no horizonte E2 (tabela 2). O acúmulo de areia no sopé da vertente, principalmente em profundidade, é resultado da perda de material fino, que possibilita maior concentração da fração areia, indicando um sistema em transformação.

Marcatto (2020) estudou uma topossequência localizada na bacia hidrográfica do Pirapó-PR, composta por Latossolo, Argissolo, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico originados da alteração dos arenitos da Formação Adamantina. A autora verificou que, de maneira geral, ocorria o predomínio da fração areia na composição granulométrica desses solos, porém essa concentração era maior em superfície e diminuía em profundidade na alta e média vertente, na área de ocorrência dos Latossolos e Argissolos. Em direção ao sopé, na área de ocorrência do Neossolo Quartzarênico, ocorria o inverso, a areia total aumentava em profundidade, demonstrando a perda de argila e a arenização dessa cobertura, semelhantemente ao observado nessa pesquisa.

Os valores referentes ao silte foram reduzidos em toda topossequência, conforme pode ser verificado na Tabela 2, com valores variando entre 14,93 a 35,02 g.Kg⁻¹. No topo da vertente, onde encontra-se os Latossolos (TR1), ocorreu uma variação de 23,85 g.Kg⁻¹ a 30,05 g.Kg⁻¹ ao longo do perfil, com o menor valor no horizonte Ap e o maior no AB. Já na média vertente (TR2), a variação foi de 22,29 g.Kg⁻¹ a 35,02 g.Kg⁻¹, apontando para o valor mais elevado no horizonte Ap. No perfil descrito no sopé da vertente (TR3), o silte variou de 14,93

g.Kg^{-1} a $24,66 \text{ g.Kg}^{-1}$, sendo que não se observou comportamento padrão dessa partícula nos perfis e ao longo da topossequência, variando de forma aleatória (Tabela 2).

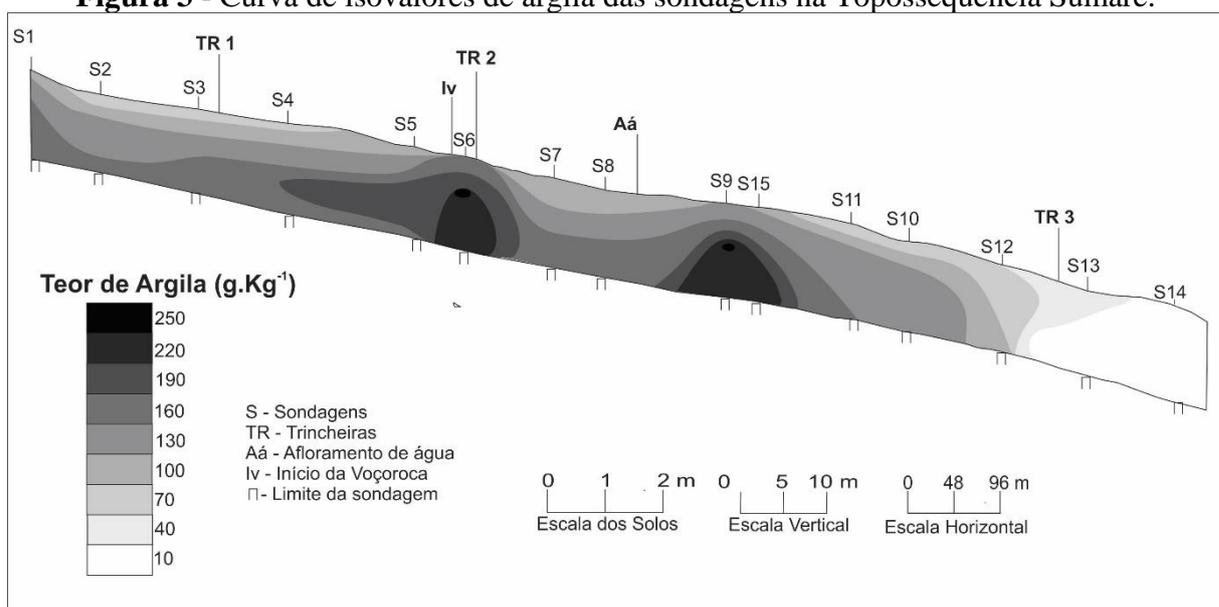
No que se refere a concentração de argila ao longo da topossequência, verificou-se que no setor I (TR1), o horizonte Ap apresentou $84,50 \text{ g.Kg}^{-1}$ de argila, indicando a menor concentração encontrada no perfil, seguido de um aumento progressivo em profundidade, até chegar no horizonte Bw2, que apresentou $192,38 \text{ g.Kg}^{-1}$.

No setor II (TR2), onde encontra-se a cobertura argissólica, a menor concentração também ocorreu no horizonte Ap ($80,00 \text{ g.Kg}^{-1}$), semelhantemente ao observado na cobertura latossólica do setor I, entretanto, há um aumento progressivo da argila em profundidade até o horizonte Bt, cujos valores foram os maiores obtidos nesse perfil, por tratar-se de um horizonte de acúmulo de argila, com teor igual a $227,00 \text{ g.Kg}^{-1}$.

Em direção ao sopé, no setor III (TR3), onde localiza-se a cobertura quartzarênica, estão as menores concentrações de argila da topossequência, variando de $8,37 \text{ g.Kg}^{-1}$ (E2) a $17,50 \text{ g.Kg}^{-1}$ (Ap) (tabela 2), ou seja, ocorre uma diminuição de argila em profundidade, demonstrando a perda de material fino em direção ao sopé da vertente, onde forma-se a cobertura quartzarênica.

Os ensaios granulométricos realizados nas amostras das sondagens e das trincheiras permitiram apresentar espacialmente os valores e a distribuição das argilas ao longo da topossequência, como pode ser observado na figura 3.

Figura 3 - Curva de isovalores de argila das sondagens na Topossequência Sumaré.



Fonte: BECKHAUSER, M. C.; SILVEIRA, H. (2019).

Através da figura 3, verifica-se que lateralmente no horizonte superficial, ocorre uma variação de 10 g.Kg⁻¹ a 100 g.Kg⁻¹ de argila na topossequência. As maiores concentrações de argila nesse horizonte encontram-se na alta e média vertente, sendo que se nota uma redução expressiva em direção ao sopé, sobretudo nas sondagens 13 e 14, em que a argila variou entre as classes de 0 g.Kg⁻¹ a 40 g.Kg⁻¹.

Outro aspecto evidente é a ocorrência da concentração de argila em profundidade entre a alta e a média vertente, principalmente a partir da sondagem 5, contribuindo para originar o horizonte Bt, que marca o início da cobertura argissólica, que se estende até a sondagem 12.

A diminuição da concentração de argila ao longo de todo o perfil no sopé da vertente, principalmente nas sondagens 13 e 14, conforme mostra a figura 3, evidencia um volume arenoso, que constitui os Neossolos Quartzarênicos. Esse pacote arenoso avança de forma remontante em direção aos Argissolos da média vertente, evidenciando uma tendência de perda de argila e arenização, que evolui do sopé, em direção a montante.

Essas mudanças de concentração de argila ao longo da topossequência, podem ser decorrentes do escoamento de água superficial e subsuperficial, responsável pela saída das partículas mais finas. Nóbrega e Cunha (2008) afirmaram que a água desempenha um papel importante na mobilização de elementos químicos e partículas, produzindo zonas de saída ou acumulação.

Em relação ao grau de dispersão e floculação da fração argila, verificou-se que no setor I, da alta vertente, ocorreu uma variação de 2,21% a 63,43% no grau de dispersão e, conseqüentemente, o grau de floculação variou entre 36,57% e 97,79%. O horizonte AB apresentou o grau mais elevado de dispersão do perfil, enquanto que o horizonte Bw2 apresentou o grau de floculação mais elevado, demonstrando a estabilidade dos horizontes em relação a mobilidade da argila (tabela 2).

Comportamento semelhante foi encontrado em direção a média vertente, conforme mostra a tabela 2. No setor II, a variação do grau de dispersão foi de 29,89% a 71,25%, enquanto que o grau de floculação variou entre 28,75% e 70,11%. Nesse caso, o horizonte Ap apresentou o maior valor de dispersão e o horizonte Bw o maior grau de floculação.

Santos et al. (2010) destacaram que o elevado grau de dispersão em superfície pode ser atribuído ao manejo, que causa alterações nos atributos dos solos, seja por meio do processo de calagem ou adubações realizadas para melhorar a produção. A adição de agroquímicos pode

contribuir para modificar as propriedades químicas dos solos e alterar a mobilidade da fração argila, que pode tornar-se mais facilmente dispersa com as mudanças no complexo sortivo dos solos.

Já em direção ao sopé, no setor III, os Neossolos Quartzarênicos apresentaram o maior grau de dispersão no horizonte Ap (58,57%) e o menor no horizonte E1 (49,56%), assim como o maior grau de floculação ocorre no horizonte E1 (50,44%) e o menor no horizonte Ap (41,43%). Essa situação demonstra o processo de mobilização de material fino (argila) e, conseqüentemente, a concentração de frações arenosas (tabela 2), resultados semelhantes foram encontrados por Calegari (2000) em Nova Esperança, no Paraná.

Mesmo apresentando elevado grau de floculação em profundidade nos setores I e II da vertente, os horizontes AB da TR 1 e Ap da TR2 apresentaram os valores de dispersão mais elevados dos seus respectivos perfis, enquanto que no setor III (TR 3) os graus de dispersão de todos os horizontes ultrapassaram 49% (tabela 2). Essa situação evidencia a ação da eluviação, que é mais acentuada no sopé da vertente, o que gera a mobilização de argila, causando a instabilidade do sistema pedológico em estudo. Sendo assim, pode-se constatar que a topossequência estudada apresenta-se em desequilíbrio, ou seja, está passando por processos de transformações verticais e laterais ao longo da vertente.

Diante disso, a primeira frente de transformação ocorre com o avanço do horizonte Bt do setor II em direção ao horizonte Bw do setor I, fica evidente essa situação quando se verifica a concentração de argila a partir da sondagem 5, corroborando com o grau de dispersão dos horizontes AB (63,43%) e Bw1 (58,81%) da alta vertente (TR 1), esses valores indicam a instabilidade desses horizontes (tabela 2).

Cunha (2002), em seus estudos em uma topossequência no município de Cidade Gaúcha – PR, verificou que ocorria uma transformação lateral entre a alta e a média vertente, onde o horizonte Bt que apresentava ganhos de argila aparecia no interior do horizonte Bw, porém na alta vertente os horizontes de transição entre A e B, apresentavam valores elevados de dispersão, o que evidenciava a alta instabilidade desses horizontes, essas transformações ficavam mais evidentes ao verificar-se restos do Bw logo abaixo do Bt.

Por fim, a segunda frente de transformação ocorreu no sopé, em direção a média vertente, quando o pacote arenoso do sopé da vertente, avança de forma remontante sobre a média vertente. Essa situação se confirma, quando se analisa o perfil de isoargila (Figura 3), da

sondagem 10 até a sondagem 14 (em direção ao sopé) ocorre uma perda de argila, evidenciando o processo de arenização remontante.

Esses processos também foram destacados por Martins (2016), que evidenciou um processo de transformação lateral na média vertente, onde o horizonte Bt estava sendo substituído pelo E no sopé, ou seja, nesse sistema pedológico havia uma transformação eluvial-iluvial em desequilíbrio decorrente da forte circulação hídrica lateral.

Considerações Finais

Pode-se evidenciar que a topossequência encontra-se em desequilíbrio, por estar ocorrendo a mobilização de argila, oriunda do fluxo hídrico, que ocasiona transformações laterais e verticais ao longo da vertente.

Concluiu-se que ao longo da topossequência ocorrem duas frentes de transformação onde a primeira ocorre do topo até a média vertente, quando o horizonte Bt avança de forma remontante sob o horizonte Bw, essa situação é comprovada pelo elevado grau de dispersão do horizonte Bw (58,81%) da alta vertente.

E a outra frente de transformação encontra-se no setor III, no sopé da vertente, onde estão os Neossolos Quartzarênicos, nesse segmento ocorre a menor concentração de argila da topossequência. O pacote arenoso do sopé avança de forma remontante sobre o horizonte Bt da média vertente, causando perda de argila e destruição desse horizonte.

Diante da fragilidade natural dos solos do Noroeste do Paraná esse trabalho buscou contribuir para o melhor entendimento das características e transformações ocorridas na cobertura pedológica ao longo de um vale em berço característico da região Noroeste do Paraná.

Referências

ALMEIDA, M.A.; FERNANDES, L.A.; DANTAS, A.S.L.; SAKATE, M.T.; GIMENEZ, A.F.; TEIXEIRA, A.L.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M. **Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo**. In: Simposio Regional de Geologia, 2, Curitiba, 1981. Atas. Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, p.77-89, 1981.

BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pedologie. I – Prise en compte l’organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les étude de toposéquenses et leurs principaux apport à la connaissance des sols. **Cah. ORSTOM**. Paris, França. Série Pédologie. v. XIX, n. 4, 1982a, p. 309-322.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pedologie. II – Une méthode d’analyse prenant en compte l’organisation

tridimensionnelle des ouvertures pédologiques. **Cah. ORSTOM**. Paris, França. Série Pédologie. v. XIX, n. 4, 1982b, p. 323-340.

BOULET R. Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. **Thèse Science Strasbourg et mém. ORSTOM**, n° 85, 272 p. 1974.

BOULET, R. Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta: équilibres et déséquilibres pédobioclimatiques., **ORSTOM**, v.85, 272 p. 1978.

CALEGARI, M. R. **Distribuição da cobertura pedológica e o relevo no alto vale do ribeirão Água de São Francisco – Nova Esperança – PR**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. p.139.

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

CUNHA, J. E. **Funcionamento hídrico e suscetibilidade erosiva de um sistema pedológico constituído por Latossolo e Argissolo no município de Cidade Gaúcha-PR**. 175p. Tese (Doutorado em Geografia física) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, 2002.

CUNHA, J. E.; CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umuarama, Noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:943-951, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Folha: MI-484. Escala: 1:250.000, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ed. Distrito Federal. 2017.

FASOLO, P.J. **Erosão: inventário de áreas críticas no noroeste do Paraná**. (Boletim Técnico). Londrina: IAPAR, 1988. 20 p.

GASPARETTO, N. **As formações superficiais do Noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, p.182.1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=41&search=parana>>. Acesso em 21 de fevereiro 2019.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil dos Municípios**. Curitiba: IPARDES, 2019. Disponível em:<http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=29>. Acesso em: 21 de fevereiro 2019.

KARLING, G. **Estudo da morfologia e estrutura da cobertura pedológica em cabeceira de drenagem na área rural de Cidade Gaúcha**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2000. p.87.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2 ed. Ponta Grossa. Editora UEPG, 2012.

MARCATTO, F. S. **Dinâmica físico-hídrica dos principais sistemas pedológicos derivados das formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina na bacia hidrográfica do Pirapó-PR**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2020. p.199.

MARQUES, A. J.; SANTIL, F. L. P.; CUNHA, J. E. O uso do clinômetro no levantamento topográfico. Estudo de caso: levantamento pedológico. **Boletim de Geografia**, Maringá, 2000, 1(1), p. 135-141.

MARTINS, V. M. Evolução da cobertura pedológica em áreas de solos desenvolvidos a partir do Arenito Caiuá: região Noroeste o estado do Paraná. In: **X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. P. 12. 2016.

NAKASHIMA, P. **Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná: Distribuição e Subsídios para o Controle da Erosão**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. p.162.

NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E. A paisagem, os solos e a suscetibilidade à erosão. **Revista Espaço Plural**, ano XII, n.1, p.94-111, 2008.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica: Em experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, 15, 2002. p.77-90.

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

SANTOS, A. C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; BERNINI, T. A.; COOPER, M.; NUMMER, A. R.; FRANCELINO, M. R. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio vale do Paraíba do Sul – RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1297-1314, 2010.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de Descrição e Coleta de solo no campo. 5° ed. Embrapa: Viçosa, 2005.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Halen: Transactions: American Geophysical Union. v.38. p. 913-920. 1957.

Recebido em 07 de janeiro de 2020.

Aceito em 29 de maio de 2020.

Publicado em 06 de julho de 2020.