

VARIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE AGREGADOS E AS SUAS RELAÇÕES COM A VULNERABILIDADE DOS SOLOS AO LONGO DE UMA VERTENTE NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ

Aggregates variation of stability and their relations with vulnerability to erosion soil throughout a characteristic slope of the northwestern region of Paraná

Paulo Miguel de Bodas Terassi¹

Hélio Silveira²

Cássia Maria Bonifácio³

¹Universidade Estadual de Maringá

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Avenida Colombo, 5790, zona 07

87020-900 – Maringá, PR - Brasil

pmbterassi@gmail.com

²Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Geografia e Programa de Pós-Graduação em Geografia

Avenida Colombo, 5790, zona 07

87020-900 – Maringá, PR - Brasil

hesilveira70@hotmail.com

³Universidade Estadual de Maringá

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Avenida Colombo, 5790, zona 07

87020-900 – Maringá, PR - Brasil

kaoruyuri@hotmail.com

RESUMO

A estabilidade dos agregados é apontada por diversos autores como um dos fatores condicionantes da erodibilidade dos solos, podendo ser considerada, também, como um indicador para a determinação da vulnerabilidade ambiental. O objetivo deste trabalho é apresentar a variação da estabilidade dos agregados ao longo de uma vertente característica da região Noroeste do Paraná, localizada no município de Tamboara, e evidenciar as suas relações com os tipos de solos e os seus efeitos sobre a vulnerabilidade à erosão. Foram coletadas amostras indeformadas para avaliação da estabilidade de agregados em perfis de solos dispostos ao longo de uma topossequência com presença de Latossolo, Argissolo e Neossolo Quartzarênico. Os resultados mostraram que o Latossolo Vermelho apresenta a melhor agregação e a maior resistência a erosão dentre os solos analisados. A descontinuidade textural entre os horizontes A, E e o B textural do Argissolo Vermelho, resultou em agregados de diferentes diâmetros, mostrando uma variação vertical e lateral importante da estabilidade e, conseqüentemente, da vulnerabilidade à erosão. O Neossolo Quartzarênico, que tem como característica marcante a textura arenosa ao longo de todo perfil, apresentou horizontes com agregados que variam entre 0,36 mm (horizonte A) e 0,44 mm (horizonte C), o que significa, para esses solos, baixa estabilidade e elevada susceptibilidade aos processos erosivos.

Palavras chave: Estabilidade de agregados. Processos erosivos. Topossequência. Vulnerabilidade.

ABSTRACT

Aggregate stability is indicated by many authors as one of the factors that contribute to the erodibility of the soil, and may also be considered as an indicator for determining environmental vulnerability. The aim of this research is

presenting the aggregates variation of stability throughout a characteristic slope of the northwestern region of Paraná, located in the city of Tamboara, as well as showing their relations with soil types and their effects on vulnerability to erosion. Undisturbed samples were collected to evaluate the stability of aggregates in soil profiles along a toposequence in which there are Oxisol, Ultisol, and Typic Quartzipsamment. The results have shown that the Red Oxisol has the best aggregation and higher resistance to erosion among the studied soils. The textural discontinuity between the horizons textural A, E and B textural Red Utisol resulted in aggregates of different diameters, showing a significant vertical and lateral variation of the stability and, thus, its vulnerability to erosion. The Typic Quartzipsamment, whose most remarkable characteristic is the sandy texture throughout the profile, has presented horizons with aggregates ranging from 0.36 mm (horizon A) and 0.44 mm (horizon C), which means, for these soils, low stability and high susceptibility to erosive processes.

Keywords: Stability of Aggregates. Erosive Processes. Toposequence. Vulnerability.

1 INTRODUÇÃO

O surgimento de processos erosivos acelerados na região Noroeste do Paraná teve início com a sua ocupação, a partir de 1950, e os seus efeitos se refletiram no desenvolvimento regional ao longo das décadas.

A intensa retirada da cobertura vegetal para a implantação da agropecuária, além de expor a superfície dos solos, provocou a diminuição da matéria orgânica, o empobrecimento de argila nos horizontes superficiais e alterações na estabilidade dos agregados. Tais processos levaram à degradação dos solos, ao aumento do escoamento superficial e da erosão hídrica produzindo erosão laminar, sulcos, ravinas, voçorocas (ALVARENGA et al., 1986; CORSINI et al., 1986).

As variáveis geralmente aceitas como controladoras da erosão laminar que geram perdas de grandes volumes de solos, como aquelas verificadas na região Noroeste do Paraná, na área de ocorrência do arenito da Formação Caiuá, são: a erosividade do agente de erosão (chuva), a erodibilidade do solo, a declividade do terreno e a natureza da cobertura vegetal. Entre essas variáveis destaca-se a erodibilidade, que define o comportamento do solo em termos de resistência à desagregação e transporte (impacto e escoamento) em face da ação da água da chuva (MORGAN, 1986).

A erodibilidade, por sua vez, varia conforme a textura do solo, estabilidade dos agregados, capacidade de infiltração, conteúdo químico e orgânico. A determinação do parâmetro erodibilidade considerado na Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), com o emprego do ábaco, como proposto originalmente por Wischmeier e Smith (1978), se apoia integralmente nas características de textura e estrutura do solo, o que demonstra a relevância desses atributos pedológicos. A estabilidade dos agregados desempenha um importante papel na definição da erodibilidade dos solos. A baixa estabilidade indica fácil rompimento dos agregados, cuja destruição leva à redução da porosidade de origem estrutural e, conseqüentemente, da permeabilidade do solo e, assim, dificulta a infiltração da água aumentando o escoamento superficial. Inversamente, nos agregados mais estáveis, o rompimento e a separação de partículas menores são reduzidos, a porosidade e a permeabilidade são mantidas, assim como a capacidade de infiltração do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; GUERRA, 2010).

A estabilidade dos agregados refere-se, em linhas gerais, à resistência que o conjunto de partículas do solo apresenta em relação à ação das forças desagregadoras que atuam sobre eles. As principais alterações que afetam essa resistência são produzidas pela redução de material agregador (argila e matéria orgânica), o que repercute na diminuição do diâmetro dos agregados e no aumento de perda do solo (SOUZA et al., 2004).

As práticas desenvolvidas sobre a cobertura pedológica, bem como seu manejo incorreto, levam à destruição dos agregados, diminuindo, portanto, os espaços porosos, impedindo a infiltração da água e, conseqüentemente, inibindo o desenvolvimento das plantas e elevando a susceptibilidade dos solos aos processos erosivos (SILVEIRA, 2001).

O conhecimento da estabilidade dos agregados e da sua relação com as formas de uso e tipo de solo fornece subsídios para a adoção de práticas e programas que visem ao uso sustentável do ponto de vista ecológico e econômico desse recurso natural (solo).

O objetivo deste trabalho é apresentar a variação da estabilidade dos agregados dos solos ao longo de uma vertente recoberta por um sistema pedológico característico da região Noroeste do Paraná, localizada no município de Tamboara (Figura 1), e evidenciar as suas relações com os tipos de solos e os seus efeitos sobre a vulnerabilidade à erosão.

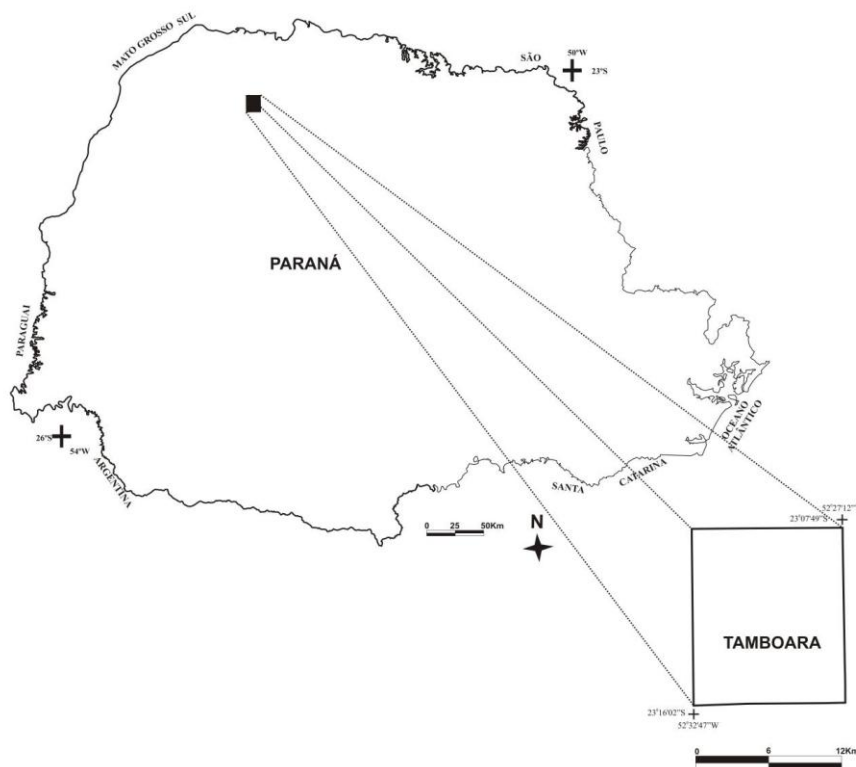


Figura 1: Localização do município de Tamboara - PR.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O clima predominante na região onde se localiza o município de Tamboara é o Cfa, conforme a classificação de Köppen (1948), que corresponde ao tipo subtropical úmido mesotérmico, caracterizado por verões quentes, geadas pouco frequentes e com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão. A temperatura média anual varia entre 22°C a 23°C e a pluviosidade média anual entre 1400 a 1600 mm (CAVAGLIONE et al., 2000). A vegetação natural da região é classificada como remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual (Submontana) conhecida como Mata Atlântica de interior (PARANÁ, 2009).

A litologia predominante na região Noroeste do Paraná é o arenito da Formação Caiuá e o relevo regional é caracterizado pela presença de colinas amplas com vertentes convexas e de declividades fracas a moderadas (MAACK, 1968). Sobre esse relevo e litologia ocorrem, nas posições de topo e altas vertentes, os Latossolos Vermelhos de textura média, e nas médias e baixas vertentes aparecem os Argissolos Vermelhos típicos ou abrupticos. Nas áreas de fundo de vale há a presença de Neossolos Quartzarênicos e/ou Gleissolos Hápticos (EMBRAPA, 2007).

A topossequência em estudo situa-se sobre o Platô de Tamboara, que corresponde a um interflúvio local onde estão instaladas cabeceiras de drenagem fracamente entalhadas. Apresenta

vertentes convexorretilíneas, relativamente longas, de fraca declividade e com ligeira concavidade na base. Sobre esse interflúvio está instalada a cidade de Tamboara.

Essa topossequência (Figura 2) foi levantada, descrita e analisada previamente por Bonifácio et al. (2011) que aí identificou o sistema pedológico constituído pelo Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e o Neossolo Quartzarênico. O Latossolo Vermelho, textura média, ocorre na alta vertente e logo dá lugar ao Argissolo Vermelho-Amarelo, que recobre a maior parte da encosta. No segmento côncavo da base da vertente aparece o Neossolo Quartzarênico.

Para a análise da variação da estabilidade de agregados ao longo dessa topossequência, objetivo principal deste trabalho, foram realizados ensaios de estabilidade dos agregados por via seca, de acordo com o Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997), em amostras indeformadas coletadas nos diferentes horizontes dos perfis de solos, indicados na Figura 1. O cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP) foi determinado pela equação $DMP = (Cmm \times P)$, sugerida por Youker e Macguinness (1956), na qual Cmm é o centro das classes de tamanho dos agregados e P é a proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso da amostra.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do ensaio de estabilidade dos agregados permitiram identificar a agregação das classes de solos presentes no sistema pedológico e a relação existente com suas características físicas inerentes.

Caracterizado como arenoso, moderadamente ácido e de estrutura em grão simples (BONIFÁCIO et al., 2011), o Neossolo Quartzarênico teve a maioria de seus agregados menores que 0,59 mm, com 95,7 % para o horizonte A e 93 % para o horizonte C. Dentre as demais peneiras, que detiveram os agregados entre 4 mm a 0,59 mm, os horizontes apresentaram 4,3% e 7% para os horizontes A e C, respectivamente. Essa maior diferenciação se deve ao maior revolvimento e degradação do horizonte superficial, submetido ao plantio de mandioca (Figura 3).

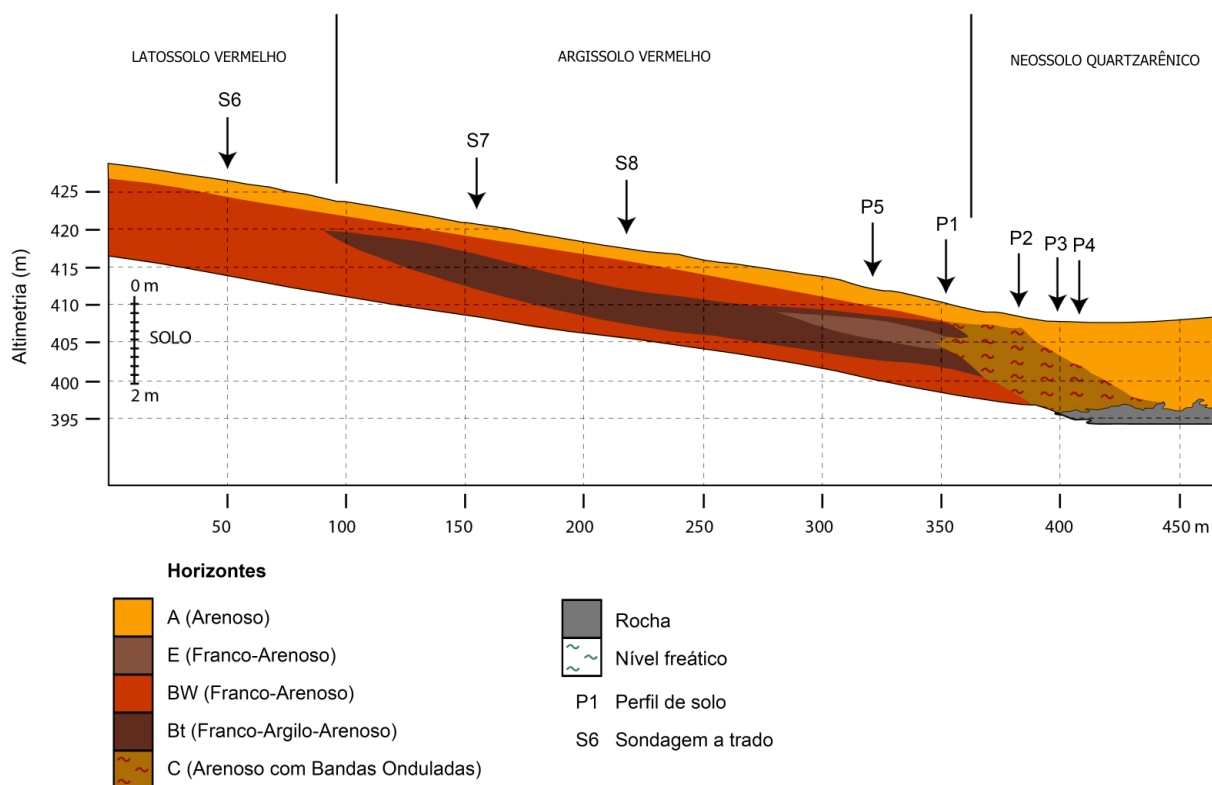


Figura 2: Topossequência do Platô de Tamboara (BONIFÁCIO et al., 2011).

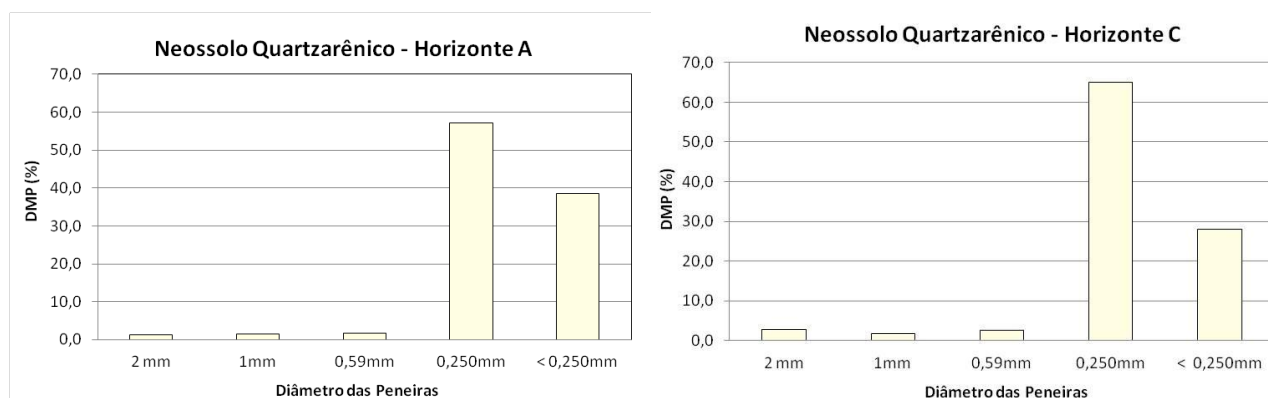


Figura 3: Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados em porcentagem para os horizontes A e C do Neossolo Quartzarênico.

Os valores resultantes do ensaio de estabilidade de agregados do horizonte A do Argissolo Vermelho, realizados em amostras oriundas de dois perfis - P1 e P5 - situados em posições diferentes na topossêquencia, apresentaram pequenas variações: o P5 apresentou 95,2% de agregados com diâmetro abaixo de 0,59 mm e o P1, a jusante, obteve 90,5% (Figura 4).

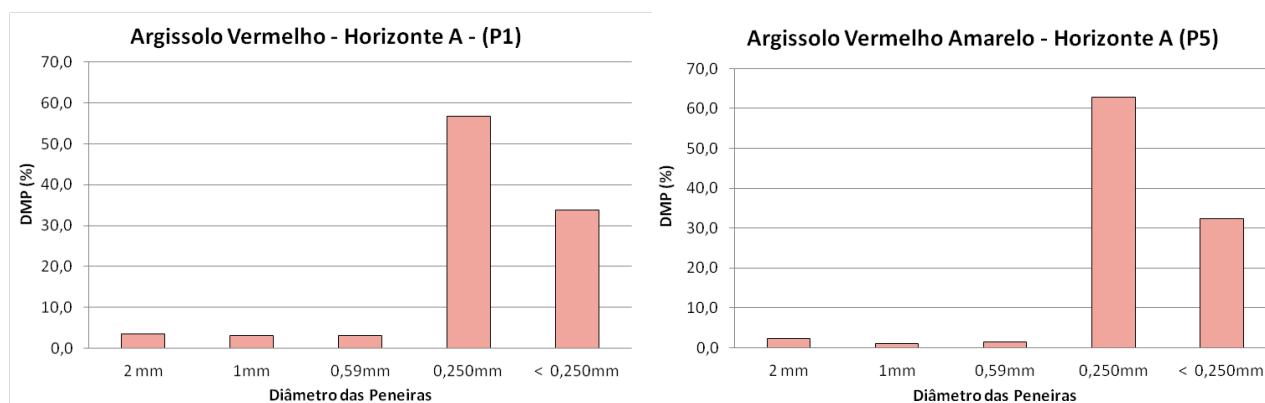


Figura 4: Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados em porcentagem para os horizontes A do Argissolo Vermelho.

As amostras do Argissolo Vermelho expressaram de maneira evidente a intensificação da eluviação do E (textura franco-arenosa), acompanhada de um significativo incremento de argila no Bt (textura franco-argilo-arenosa), como mostra a Figura 1. A perda de argila do horizonte E implicou em ligeiro aumento dos agregados menores que 0,59 mm, 97,1% no P1 e 94,6% no P5 (Figura 5), comparando-se com os valores obtidos para o horizonte A em cada um desses perfis.

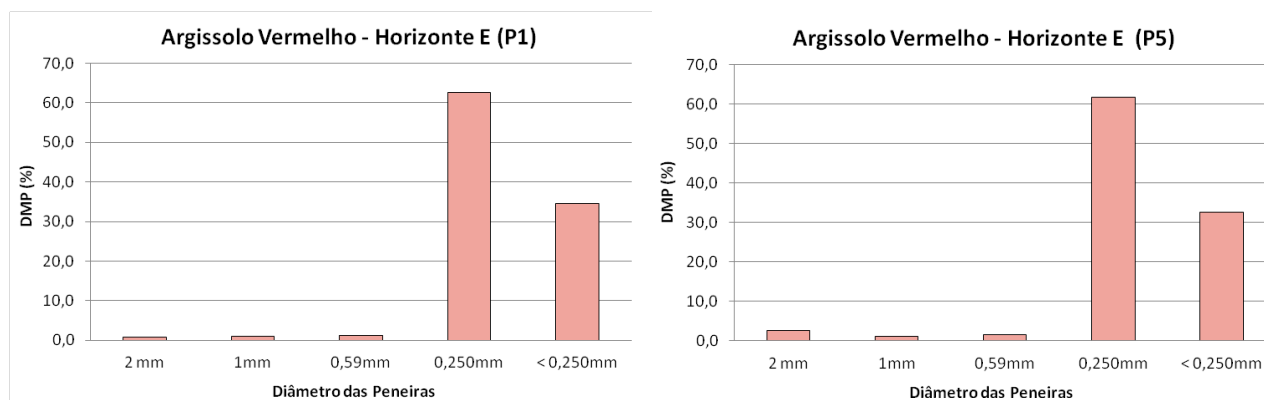


Figura 5: Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados em porcentagem para os horizontes E do Argissolo Vermelho.

O horizonte Bt também apresenta predominantemente agregados com diâmetro inferior a 0,59 mm. Observa-se, entretanto, uma diferença significativa para os agregados de tamanhos maiores, entre 1 e 2 mm de diâmetro, presentes em maior proporção nesse horizonte e, ainda, uma variação lateral destes ao longo da vertente (Figura 6). O perfil P1 apresentou 11,4% de agregados maiores que 2 mm, enquanto o P5, situado na parte mais elevada, deteve apenas 3,5% dos agregados.

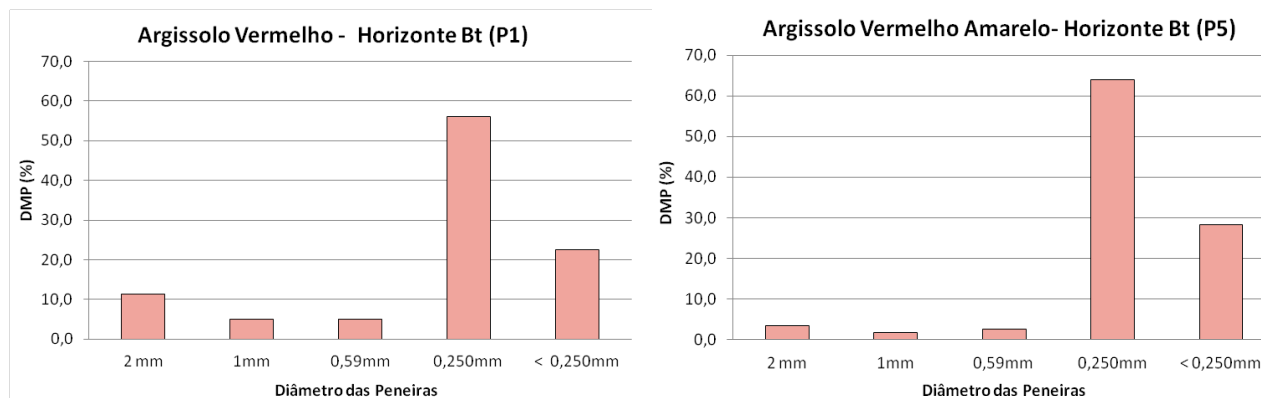


Figura 6: Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados em porcentagem para os horizontes Bt do Argissolo Vermelho.

O Latossolo Vermelho, embora tenha apresentado a tendência de concentração dos agregados nas duas últimas peneiras (0,25mm e menor que 0,25mm), apresentou um padrão pouco mais heterogêneo de distribuição para os horizontes A e Bw dentre os tipos de solos analisados. Provavelmente pela maior presença de matéria orgânica, as amostras do horizonte A tiveram uma maior quantidade de agregados com diâmetros superiores a 2 mm que o horizonte Bw: 16,5% e 6,1% respectivamente. Com a menor estabilidade, o horizonte Bw apresentou 84% das amostras com diâmetro menor que 0,59 mm, enquanto no horizonte A 77% enquadraram-se na mesma medida (Figura 7).

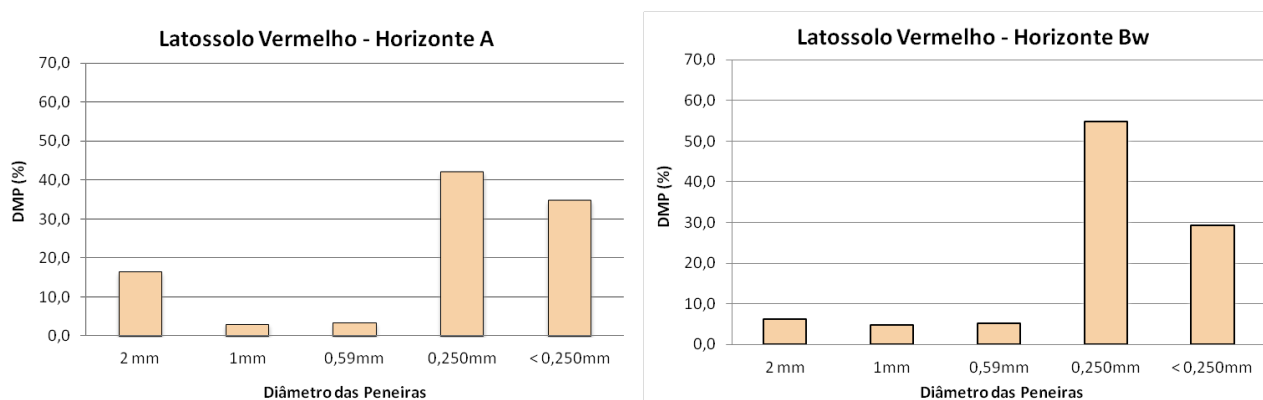


Figura 7: Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados em porcentagem para os horizontes A e Bw do Argissolo Vermelho.

A Tabela 1 mostra um resumo do diâmetro médio ponderado (DMP) obtido para as cinco repetições do ensaio de estabilidade de agregados para cada horizonte dos solos analisados. Os resultados obtidos apresentaram desvios padrão relativamente baixos, o que indica que os valores das repetições estiveram próximos ao da média.

O Neossolo Quartzarênico apresentou um DMP baixo tanto para o horizonte A (0,36 mm) quanto para o horizonte C (0,44 mm), e foram classificados como de estabilidade muito fraca e fraca, respectivamente. A inerente escassez de materiais agregadores (como argila e óxidos) e

elevados valores de areia respondem pela fraca estabilidade estrutural (estrutura maciça que se desfaz em grão simples) desse tipo de solo que, somado à ausência de cobertura vegetal, torna-o extremamente vulnerável aos processos erosivos (Tabela 1, Figura 8).

Tabela 1: Diâmetro médio ponderado e desvio padrão para as repetições do ensaio de estabilidade dos agregados.

Tipo de Solo	Neossolo Quartzarênico		
Ensaio	Horizonte A (0-90 cm)	Horizonte C (90-210 cm)	
1	0,32	0,36	
2	0,32	0,34	
3	0,37	0,56	
4	0,38	0,57	
5	0,41	0,34	
Média – DMP	0,36	0,44	
Desvio Padrão	0,041	0,119	
Tipo de Solo	Argissolo Vermelho (P1)		
Ensaio	Horizonte A (0-70 cm)	Horizonte E (90-130 cm)	Horizonte Bt (70-90/ 130-210 cm)
1	0,45	0,31	0,75
2	0,47	0,36	0,54
3	0,42	0,37	0,77
4	0,49	0,36	0,82
5	0,46	0,35	0,77
Média - DMP	0,46	0,35	0,73
Desvio Padrão	0,026	0,025	0,109
Tipo de Solo	Argissolo Vermelho (P5)		
Ensaio	Horizonte A (0-70 cm)	Horizonte E (110-130)	Horizonte Bt (70- 110/150-210 cm)
1	0,36	0,39	0,44
2	0,31	0,44	0,44
3	0,43	0,35	0,51
4	0,44	0,49	0,41
5	0,46	0,40	0,48
Média - DMP	0,40	0,41	0,45
Desvio Padrão	0,064	0,052	0,039
Tipo de Solo	Latossolo Vermelho		
Ensaio	Horizonte A (0-50 cm)	Horizonte Bw (50-190 cm)	
1	0,78	0,35	
2	0,80	0,55	
3	0,85	0,52	
4	0,87	0,61	
5	0,65	0,79	
Média - DMP	0,79	0,56	
Desvio Padrão	0,088	0,162	

A marcante característica de heterogeneidade entre os horizontes (A/E/Bt) do Argissolo Vermelho ficou demonstrada pela diferenciação textural e estrutural entre eles. No setor mais baixo da topossequência (P1), onde a descontinuidade textural é mais elevada (A/E e Bt), o horizonte A apresentou agregados com DMP de 0,46 mm (fraca estabilidade), diminuindo significativamente para o horizonte E (0,35 mm), de estabilidade muito fraca. A eluviação do horizonte E responde pela formação de um B textural com teor de argila mais elevado e agregados com o DMP de 0,73 mm, considerado como de estabilidade forte (Tabela 1, Figura 8).

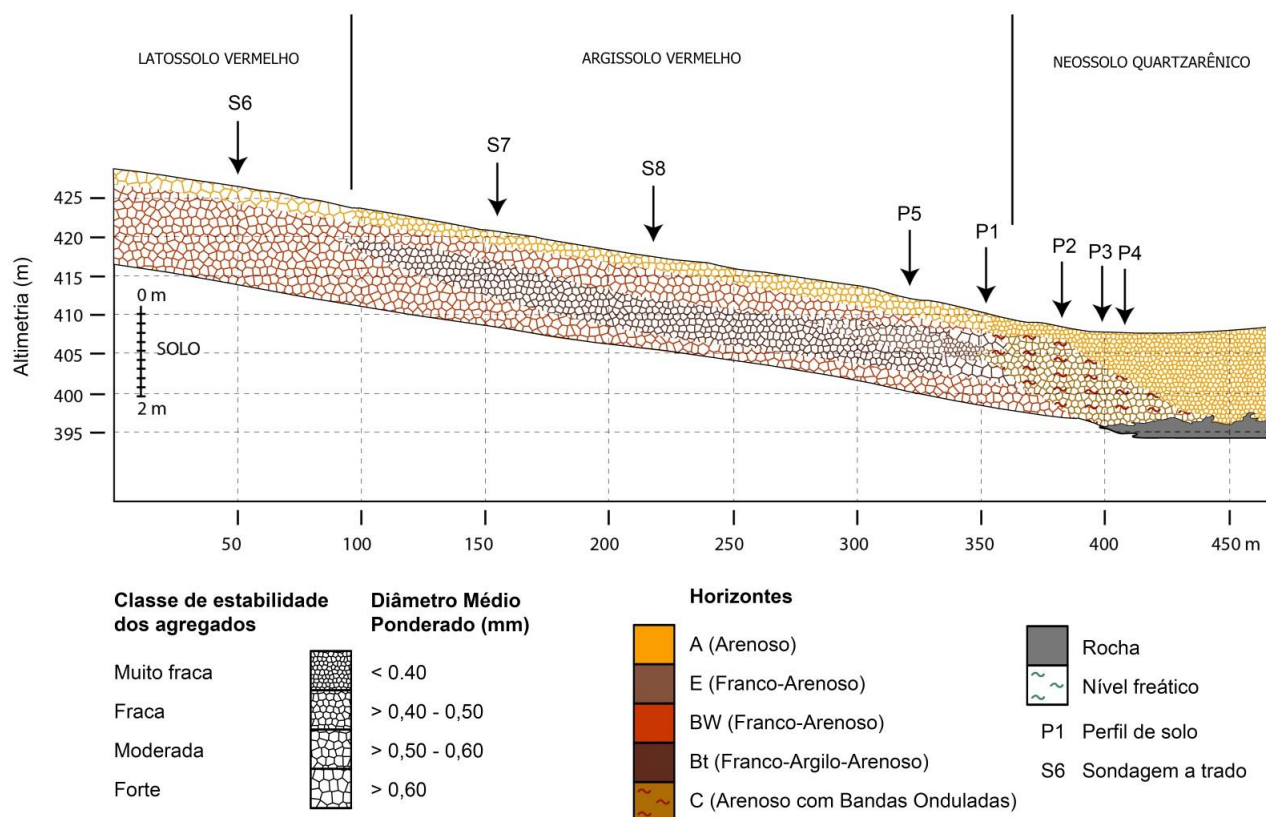


Figura 8: Distribuição e o diâmetro médio ponderado dos agregados dos solos e seus respectivos horizontes.

A acentuada diferença do diâmetro médio ponderado dos agregados do Argissolo Vermelho, no trecho mais baixo da vertente (P1), aliada às texturas arenosa e franco-arenosa dos horizontes A e E, favorecem o surgimento de formas erosivas (Tabela 1 - Figura 8).

Na parte mais elevada no setor onde há ocorrência do Argissolo Vermelho textura média (P5) os horizontes apresentaram agregados com valores de DMP mais próximos, 0,40 mm no A, 0,41 mm no E e 0,45 mm no Bt. Embora apresente uma menor diferença entre os horizontes, a vulnerabilidade à erosão ainda permanece alta em virtude dos baixos valores do DMP que conferem fraca estabilidade estrutural para os três horizontes - A, E e Bt - (Tabela 1, Figura 8).

Situado no topo, em relevo plano a suave ondulado, o Latossolo Vermelho textura média apresentou os maiores diâmetros médios ponderados (DMP) dentre os solos analisados. Essa maior estabilidade dos agregados, a homogeneidade morfológica e textural entre os horizontes, as características do relevo e o uso do solo com pastagem permite atribuir a esse solo menor vulnerabilidade à erosão. Os resultados da estabilidade de agregados do Latossolo demonstram uma diferença entre os horizontes A (0,79 mm) e Bw (0,56 mm). Possivelmente, a maior agregação no horizonte A está ligada a presença de matéria orgânica na superfície e ao uso com pastagem que possibilitam boa agregação (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; SALTON et al., 2008) (Tabela 1, Figura 8).

O Latossolo Vermelho possui, pelos dados obtidos, a melhor estabilidade dos agregados dentre os solos ao longo da topossequência. O Argissolo Vermelho, textura média, tem como principal característica o gradiente textural e estrutural entre seus horizontes, o que lhe confere uma heterogeneidade vertical nos seus atributos físicos e que se reflete, também, em maior susceptibilidade aos processos erosivos.

O Neossolo Quartzarênico, que ocorre na baixa vertente, apresentou DMP dos agregados em conformidade com a elevação da fração areia dos horizontes A e C (BONIFÁCIO et al., 2011), característica que implica em aumento da instabilidade dos agregados e da susceptibilidade à erosão. Bonifácio et al. (2011) ressalta ainda o avanço lateral do Neossolo Quartzarênico sobre o

Argissolo, com a destruição do horizonte Bt, de jusante para montante, evidenciado pela formação das lamelas (bandas onduladas), que demonstram resquícios residuais do horizonte B textural no interior do Neossolo. Essa condição de transformação expõe ainda mais os solos da topossequência à instalação de processos erosivos.

Os resultados obtidos em laboratório permitiram identificar a relação existente entre as propriedades pedológicas naturais e a degradação estrutural de cada um dos tipos de solo provocados pelo uso e manejo ao longo dos anos. Embora viável do ponto de vista econômico, a mandioca, o milho e a soja sob o cultivo convencional produzem impactos nos solos devido a baixa estabilidade estrutural, principalmente do Neossolo Quartzarênico e do Argissolo Vermelho textura média. Isso pode ser comprovado no setor da vertente coberto pelo Latossolo Vermelho textura média que apresentou a melhor estabilidade dos agregados principalmente no setor sob o uso de pastagem.

Os solos arenosos ou de textura média, caracterizados por sua elevada friabilidade e profundidade, são os mais adequados para o plantio de mandioca, por possibilitarem um fácil crescimento das raízes, boa drenagem e pela facilidade de colheita. Entretanto, a cultura protege pouco o solo contra a erosão, pois o crescimento inicial é muito lento e o espaçamento entre as plantas é amplo, fazendo com que demore a cobrir o solo e protegê-lo da degradação da sua estrutura pela água das chuvas (EMBRAPA, 2007).

O cultivo convencional, que tem como procedimento o revolvimento do solo, ocasiona o rompimento dos agregados, acelera a decomposição da matéria orgânica, e se reflete na resistência dos agregados e na porosidade do solo. Inversamente, o sistema de plantio direto, ao manter os resíduos culturais na superfície, aumenta a matéria orgânica e melhora a agregação do solo (CAMPOS et al., 1995; CASTRO FILHO, 1998; REINERTL, 1998).

4 CONCLUSÕES

A determinação da porcentagem de agregados por via seca apresentou, de modo geral, o predomínio de agregados menores que 0,59 mm para todos os horizontes dos solos presentes na vertente em estudo. A grande predominância da fração areia, própria aos solos gerados sobre arenitos, a possível baixa quantidade de matéria orgânica e a ausência de cobertura vegetal são fatores que associam a desestabilização da estrutura dos solos e a alta suscetibilidade aos processos erosivos.

Comprovou-se uma grande instabilidade de agregados para o Neossolo Quartzarênico e Argissolo Vermelho textura média. A natureza de tais solos associada à falta de técnicas adequadas de manejo explicam a desestruturação dos agregados, o que aumenta a suscetibilidade dos solos à erosão hídrica e eólica. O Latossolo Vermelho textura média, devido à maior estabilidade dos agregados e por sua característica de boa drenagem, é o solo menos vulnerável aos processos erosivos.

Ao observar as características estruturais dos três tipos de solos, recomenda-se na presente topossequência a implantação de pastagens perenes, adequadamente manejadas para evitar o pisoteio excessivo do solo pelo gado, e/ou cultivos anuais com plantas de raízes pivotantes para explorar melhor os horizontes mais profundos como o Bt, e/ou implantação da técnica de plantio direto. Estas medidas são essenciais para a conservação e melhoria do conteúdo de materiais agregadores (argila e matéria orgânica) e, especialmente, da estabilidade dos agregados.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 10, p. 273-277, 1986.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BONIFÁCIO, C. et al. Los sistemas pedológicos y susceptibilidad a la erosión en Tamboara, región noroeste de Paraná – Brasil. In: REGIONAL GEOGRAPHIC CONFERENCE, 2011, Santiago. **Anais...** Santiago: IGU, 2011. p. 1-10.
- CAMPOS, B. C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 19, p.121-125, 1995.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.14, n.1, p. 99-105, 1990.
- CASTRO FILHO, C. et al. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.
- CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1CD ROM.
- CORSINI, P. C. et. Sistema de cultivo de cana-de-açúcar: efeitos na retenção de água e na porosidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.10, p.71-74, 1986.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- EMBRAPA. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos: EMBRAPA: Solos e Florestas, 2007. p. 1517-2627.
- EMBRAPA. **Sistemas de produção de mandioca**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/#mandioca>>. Acesso em: 21 de ago. 2010.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 6. ed. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 2010.
- KÖPPEN, W. Climatologia: com um estudio de los climas de la tierra. In: IAPAR. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1948.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Clichês, 1968.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3rd ed. Colchester: Longman Scientific & Technical, 1986.

PARANÁ. **Formação fitogeográfica**: Estado do Paraná. Curitiba: Secretária do Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEMA): Instituto de Terras, Cartografia e Geociências, 2009. Disponível em: < <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

REINERTL, J. D. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 163–176.

SALTON, J. C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 32, p. 11-21, 2008.

SILVEIRA, H. **Modificações na estrutura e no comportamento hidrofísico de latossolos provocados pelo uso e manejo no município de Cidade Gaúcha-Paraná**. 2001. 97 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

SOUZA, Z. M. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de diferentes relevos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 5, p. 491-499, 2004.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. **Agricultural Handbook**, Washington, n. 537, 1978, 58p.

YOUNG, R. E.; MCGUINNESS, J. L. A short method of obtaining mean weight-diameter values of aggregates analysis of soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 83, n. 4, p. 291-294, 1956.

Data de submissão: 08.08.2012

Data de aceite: 15.10.2012

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.