



Produção de sedimentos pela erosão em entressulcos em três Latossolos do Rio Grande do Sul¹

Maria C. M. Nunes² & Elemar A. Cassol³

RESUMO

A distribuição de diâmetro do sedimento produzido pela erosão hídrica dependerá do tipo e da textura do solo. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a distribuição de tamanho de sedimentos produzidos por erosão em entressulcos, em três Latossolos do Rio Grande do Sul (Latosolo Vermelho aluminoférrico-LVaf, Latossolo Vermelho distroférrico-LVdf e Latossolo Vermelho distrófico-LVd), com diferentes classes texturais. Três repetições de chuva simulada com intensidade de 88 mm h⁻¹ e duração de 90 min foram aplicadas sobre os solos, em parcela experimental com área útil de 0,36 m² e declividade de 0,09 m m⁻¹. As amostras do sedimento foram coletadas em um conjunto de peneiras. A distribuição de diâmetro dos sedimentos variou conforme a textura do solo e os sedimentos produzidos apresentaram partículas e agregados de menor diâmetro que os do solo original. A maior parte dos sedimentos aportados no LVdf pertence à classe de 9,51 a 4,76 mm, enquanto no LVaf a classe predominante é a de 4,76 a 2,00 mm, os quais são os solos com maior teor de argila, carbono orgânico e óxidos de ferro e maior estabilidade de agregados em água. O Latossolo com menor estabilidade de agregados em água (LVd) foi o que apresentou sedimentos de tamanho menor (1,00 a 0,25 mm).

Palavras-chave: distribuição de tamanho, agregados, diâmetro de partículas, chuva simulada

Interrill soil erosion sediment yield on three Oxisols from Rio Grande do Sul state, Brazil

ABSTRACT

The sediment particle size distribution depends on soil type and texture. This study had the objective to evaluate the sediment yield by interrill soil erosion in three Oxisols of Rio Grande do Sul state, Brazil: Rhodic Hapludox (LVaf and LVdf) and a Typic Hapludox (LVd), of different textural classes, by simulated rainfall events in laboratory. Experimental plot with test area of 0.36 m² and 0.09 m m⁻¹ slope was used. Simulated rainfall with mean intensity of 88 mm h⁻¹ and duration of 90 min was applied in three replications on three oxisols. Sediment particles leaving the experimental plots were collected in a set of sieves. The distribution of sediment diameter varied as the soil texture. The sediment yielded by interrill soil erosion had individual particles and aggregates smaller than those in the original soil. Most of the sediment yielded by interrill soil erosion at LVdf soil was in the class diameter from 9.51 to 4.76 mm whereas in LVaf was from 4.76 to 2.00 mm and in LVd was from 1.00 to 0.25 mm. The original LVdf and LVaf soils present higher clay, organic carbon and iron oxides contents and greater aggregate water stability than the LVd soil, and this probably explains the differences among size classes of sediment yielded by interrill soil erosion.

Key words: particle size distribution, aggregates, particles diameter, simulated rainfall

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

² Departamento de Agronomia/UNEMAT, Campus de Cáceres, CEP 78200-000. Cáceres, MT. Fone/FAX: (65) 3221-0509. E-mail: nunes.candida@gmail.com

³ Departamento de Solos/UFRGS, CEP 90040-060. Porto Alegre, RS. Fone/FAX: (51) 3308-6040. E-mail: elemar.cassol@ufrgs.br. Bolsista de Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

Os sedimentos produzidos pela erosão hídrica em áreas agrícolas podem contaminar o solo e a água e causar o assoreamento de cursos e reservatórios de água. Além disso, a erosão pode ocasionar redução da capacidade produtiva do solo, perda de nutrientes (Bertol et al., 2003) e contaminação de áreas fora do local de origem da erosão (Foster et al., 1985). Segundo Cogo et al. (2003), a deterioração dos solos é um dos principais problemas ambientais do planeta, sendo a erosão hídrica a forma mais prejudicial de degradação.

A estimativa da erosão hídrica é essencial para o monitoramento de práticas agrícolas, pois o tipo de manejo do solo pode afetar o escoamento superficial e o aporte de sedimentos (Zhang et al., 2004), o qual depende do tamanho, densidade e distribuição de diâmetro das partículas e agregados produzidos e, conseqüentemente, das características do solo (Foster et al., 1985). O tipo de cultura e a forma de semeadura também influenciam na quantidade de sedimentos na enxurrada (Quinton & Catt, 2004; Barbosa et al., 2010). Segundo Guadagnin et al. (2005), os sistemas conservacionistas de manejo do solo são mais eficazes do que o preparo convencional na redução das perdas de solo e água por erosão hídrica.

O tamanho das partículas erodidas influencia na probabilidade de deposição e na quantidade e qualidade do sedimento. Uma pequena variação no conteúdo de argila do sedimento pode mudar seu potencial para transportar químicos adsorvidos ao solo (Foster et al., 1985). As concentrações de nutrientes no material transportado, mesmo que relativamente pequenas para alguns nutrientes, podem representar grandes quantidades de adubos perdidos em decorrência da erosão (Cassol et al., 2002).

Quando ocorre a quebra dos agregados durante o transporte pelo escoamento, as velocidades mais baixas de sedimentação dos produtos resultantes aumentam a taxa de transporte desse material sobre a superfície do solo. A instabilidade da superfície e o destacamento do material durante o transporte resultarão em mudanças na composição da descarga do sedimento, as quais são difíceis de prever a partir da análise granulométrica do solo original (Kinnell, 2009).

A distribuição de diâmetro do sedimento pode ser diferente da distribuição de diâmetro das partículas primárias (areia, silte e argila) do solo original (Meyer et al., 1980). Segundo Foster et al. (1981), a distribuição de diâmetro dos agregados da matriz do solo é o indicador mais adequado do diâmetro do sedimento do que a distribuição de diâmetro das partículas primárias do solo. Existe uma seletividade no processo de erosão hídrica, o qual, preferencialmente, transporta os sedimentos mais finos (de menor diâmetro) e mais leves (de menor densidade), constituídos sobretudo de colóides minerais e orgânicos, os quais, normalmente, são enriquecidos de nutrientes (Bertol et al., 2007).

A distribuição de tamanho das partículas primárias e dos agregados transportados pelo impacto da chuva associado ao fluxo superficial tem sido observada como sendo de textura mais fina do que a da matriz do solo (Meyer & Harmon, 1984). Solos de textura argilosa geralmente são mais resistentes à

desagregação de suas partículas pela ação dos agentes erosivos do que solos de textura arenosa. Entretanto, os sedimentos originados dos primeiros são mais facilmente transportados do que os dos últimos (Bissonais, 2006).

Segundo Foster et al. (1985), o aumento do teor de argila na matriz do solo aumenta o diâmetro do sedimento, o que indica maior agregação do solo. Com o aumento no teor de argila na matriz do solo, entretanto, aumenta também o teor de argila no sedimento (Foster et al., 1981). A argila presente em agregados pode ser facilmente depositada pois, devido ao seu tamanho, os agregados podem ser prontamente depositados, o que não ocorre quando a argila é perdida como partícula primária na carga de sedimento (Foster et al., 1985). Vahabi & Nikkami (2008), porém, observaram que os solos com maior teor de argila apresentaram maior produção de sedimentos. Provavelmente, o impacto da gota e o fluxo superficial não foram capazes de transportar o material de maior massa (areia) e a argila presente nos solos estudados pelos autores deve ser facilmente dispersa.

Supõe-se que o aporte de sedimentos seja de áreas em entressulcos para os sulcos e desses para os cursos d'água (Vahabi & Nikkami, 2008). A separação do processo de erosão em entressulcos e em sulcos pode auxiliar na identificação das fontes potenciais de sedimentos e na modelagem da distribuição de produtos químicos nas áreas agrícolas, especialmente daqueles que são fortemente adsorvidos pelas partículas do solo (Nearing et al., 2001). O modelo WEPP—"Water Erosion Prediction Project" (Flanagan & Nearing, 1995) considera que, nas áreas em entressulcos, todo o material desagregado é transportado.

A erosão em entressulcos e a erosão laminar são responsáveis pela perda da maior parte dos nutrientes e pelo enriquecimento químico das camadas do solo (Vahabi & Nikkami, 2008). O conhecimento das características do sedimento produzido nas áreas em entressulcos pode auxiliar na compreensão dos processos de produção, transporte, deposição ou entrega de sedimentos para áreas em sulcos e nos cursos d'água e na tomada de decisão sobre as práticas de manejo a serem adotadas em um solo.

Este trabalho foi realizado com objetivo de avaliar a distribuição de diâmetro de sedimentos originados na erosão em entressulcos em três Latossolos do Rio Grande do Sul, ao longo de eventos de chuva simulada em laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados três Latossolos do Rio Grande do Sul classificados, conforme EMBRAPA (2006), como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico textura muito argilosa (LVaf), Latossolo Vermelho distroférico típico textura muito argilosa (LVdf) e Latossolo Vermelho distrófico típico textura franco-argilo-arenosa (LVd) (Tabela 1). Os solos foram coletados em condições naturais (sem uso agrícola), na profundidade de 0,0 a 0,20 m e acondicionados em recipientes plásticos (bombonas) para o transporte até o laboratório onde as amostras de solo foram passadas em peneira com malha de 9,51 mm de abertura e secadas ao ar e à sombra.

Tabela 1. Caracterização química, mineralógica e granulométrica dos três Latossolos utilizados no estudo

Solos	pH (H ₂ O)	CO	Fe _o kg kg ⁻¹	Fe _d	Fe _o /Fe _d	Argila	Silte	Areia	AMF	D ₅₀ mm
LVaf	4,08	0,0299	0,0024	0,0952	0,0252	0,7607	0,2096	0,0297	0,0076	3,06
LVdf	4,99	0,0220	0,0027	0,0923	0,0293	0,6802	0,2553	0,0645	0,0126	2,95
LVd	5,06	0,0149	0,0016	0,0173	0,0925	0,2276	0,1099	0,6625	0,1044	2,16

LVaf - Latossolo Vermelho aluminoférrico; LVdf - Latossolo Vermelho distroférrico; LVd - Latossolo Vermelho distrófico; CO - carbono orgânico; Fe_o - ferro extraído com oxalato de amônio ácido; Fe_d - ferro extraído com ditionito-citrato-bicarbonato; AMF - areia muito fina; D₅₀ - diâmetro para o qual 50% das partículas é maior e 50% das partículas é menor

A distribuição de agregados do solo em classes de diâmetro e o Diâmetro Médio Ponderado dos agregados (DMP) foram obtidos conforme o método de Kemper & Chepil (1965), modificado por Tisdall & Oades (1979). Essas amostras foram colocadas sobre um conjunto de peneiras com diâmetros de malha de 4,76; 2; 1; 0,5 e 0,25 mm. O conjunto foi colocado em um agitador vertical, semelhante ao de Yoder (1936), com 45 oscilações por minuto e posto a agitar pelo tempo de 10 min. Na sequência, o material menor que 0,25 mm foi passado manualmente em peneiras com abertura de malha de 0,105 e 0,053 mm. O material retido em cada peneira foi secado em estufa e a massa determinada por pesagens. A fração menor que 0,053 mm foi obtida pela decantação e pesagem do material que passou pela peneira; em seguida, a quantidade de areia em cada classe foi determinada pela dispersão das partículas com uso de NaOH 1N. Este material foi secado, pesado e descontado da massa de agregados mais partículas, resultando na massa de agregados estáveis em água.

O índice de estabilidade dos agregados em água (IEA) foi obtido pela metodologia de Kemper & Rosenau (1986). Neste método são considerados os agregados da classe de diâmetro entre 1,0 e 2,0 mm, para a representação da estabilidade dos agregados de todo o solo. A metodologia considera fração estável os agregados retidos na peneira de 0,25 mm de diâmetro de malha, após agitação de 5 min, de um solo pré-umedecido por capilaridade, antes do peneiramento úmido.

A avaliação da produção de sedimentos por erosão hídrica em entressulcos foi realizada em laboratório sob chuva simulada e em solo descoberto, simulando-se também as condições de solo e de superfície proporcionadas pelo preparo convencional, visando evitar os efeitos de cobertura e manejo, conforme preconizado pelo modelo WEPP.

As chuvas foram aplicadas por meio de um simulador construído por Souza (1985), conforme o modelo descrito por Meyer & Harmon (1979), composto de um bico aspersor com 12,7 mm de diâmetro interno (Veejet 80150 da Spraying Systems Company, USA), com pressão constante de saída de água no bico de 41 kPa (6 lb pol⁻²). A energia cinética do impacto das gotas nessa pressão, independente da intensidade aplicada, é de, aproximadamente 275 kJ ha⁻¹ mm⁻¹, com distribuição de gotas com 2,3 mm de diâmetro médio e velocidade terminal de 8,8 m s⁻¹ (Meyer & Harmon, 1979).

Em todos os solos foram aplicadas chuvas simuladas com três repetições cada uma, com intensidade média de 88 mm h⁻¹, durante 90 min, tempo suficiente para que o escoamento superficial se tornasse constante.

As parcelas experimentais apresentavam formato quadrado, com 1,0 m de lado, 0,1 m de profundidade, bordadura de 0,2 m

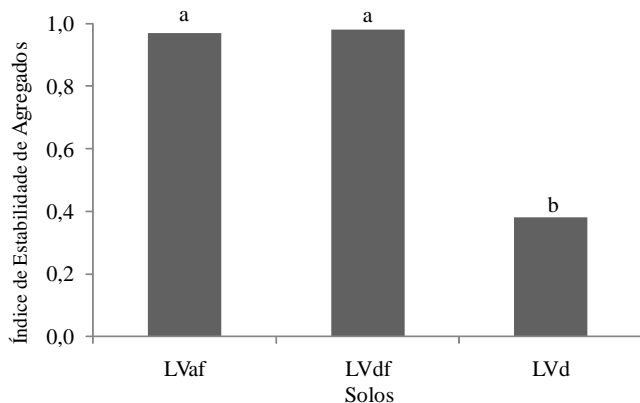
e área útil de teste de 0,36 m² (0,6 x 0,6 m). A parcela experimental foi constituída de material acrílico e montada sobre uma estrutura metálica. O fundo da parcela apresentava 6 furos conectados a mangueiras de 6 mm de diâmetro cada um. As referidas mangueiras ficavam conectadas também a um reservatório de água, externo à área da parcela. Este sistema serviu para o umedecimento do solo por capilaridade antes da aplicação da chuva e para a drenagem da água do solo durante a aplicação da chuva simulada.

A fim de proporcionar a condição de pré-umedecimento, o solo no interior da parcela foi saturado por pressão de 10 cm de coluna de água (cca), durante 12 h para, em seguida, ser mantido a uma tensão de 60 cca (-6 kPa), por 2 h, após, foi aplicada a chuva simulada mantendo-se a condição de drenagem sob tensão de -6 kPa e as parcelas com declividade de 0,09 m m⁻¹, declividade esta classicamente adotada como padrão em estudos de erosão hídrica. Durante a aplicação da chuva foram coletadas amostras do sedimento aportado para fora da parcela, em um conjunto de peneiras com diâmetro de abertura de malha de 4,76; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,105 e 0,053 mm. O conjunto de peneiras era colocado sob a calha coletora assim que se iniciava o escoamento superficial. Este conjunto permanecia durante 1 min sob o fluxo de saída de material da parcela e as coletas eram realizadas a cada 3 min de chuva, durante os 90 min de chuva. Utilizaram-se os dados médios de distribuição de sedimento aportado durante as três aplicações de chuva, no intervalo de 60 a 90 min de chuva simulada, período em que a taxa de escoamento permaneceu relativamente estável ao longo da chuva. Obteve-se o percentual relativo de sedimentos em cada classe de diâmetro pela divisão da massa de partículas secas da classe pela soma total da massa de partículas secas, considerando-se o material inerte presente nos solos.

Realizou-se a comparação entre a concentração de partículas e agregados em diferentes classes de diâmetro do solo submetido ao peneiramento úmido e a concentração de partículas e agregados do sedimento produzido após a aplicação de chuva simulada em laboratório. A análise estatística foi realizada por meio do programa SPSS - Statistical Package For The Social Science/8.0 (SPSS, 1997) e as análises de variância (ANOVA) e comparações múltiplas de médias, pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de índice de estabilidade de agregados em água (Figura 1) mostram que não houve diferença significativa desse atributo entre o LVaf e o LVdf.



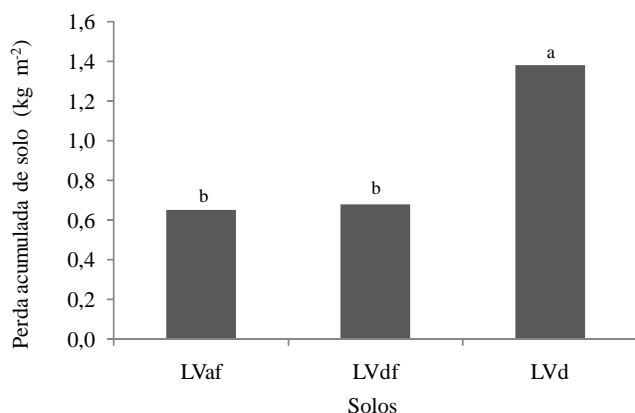
Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a nível de 5%

Figura 1. Índice de estabilidade de agregados em água para os três solos estudados

O LVd apresentou índice de estabilidade de agregados menor que os outros solos, fato que se deve, provavelmente, ao maior teor de areia deste solo, sobretudo areia muito fina e menor teor de carbono orgânico (Tabela 1), características essas que aumentam a erodibilidade do solo em entressulcos (Nunes & Cassol, 2008). Bärthes & Roose (2002) observaram, para chuvas simuladas com duração maior que 30 min, correlação negativa entre a descarga superficial e a produção de sedimento perdido por erosão em entressulcos com o conteúdo de carbono orgânico.

Vahabi & Nikkami (2008) realizaram 144 testes envolvendo escoamento superficial e produção de sedimentos por erosão hídrica em solos de textura fina, média e grossa, do noroeste do Tehran- Iran, e obtiveram uma correlação positiva do declive, umidade inicial do solo, conteúdo de argila e conteúdo de silte e uma correlação negativa da cobertura vegetal e do conteúdo de areia na produção de sedimentos. Esta relação entre textura e produção de sedimentos obtida pelos autores, foi diferente da obtida neste trabalho. Provavelmente, o impacto da gota e o fluxo superficial não foram capazes de transportar o material de maior massa (areia) e a argila presente nos solos estudados por Vahabi & Nikkami (2008) deve ser de alta dispersão.

Após a aplicação de 90 min de chuva simulada verificou-se que o LVd apresentou uma perda acumulada maior de solo, em relação aos outros solos (Figura 2). Este resultado, se deve,



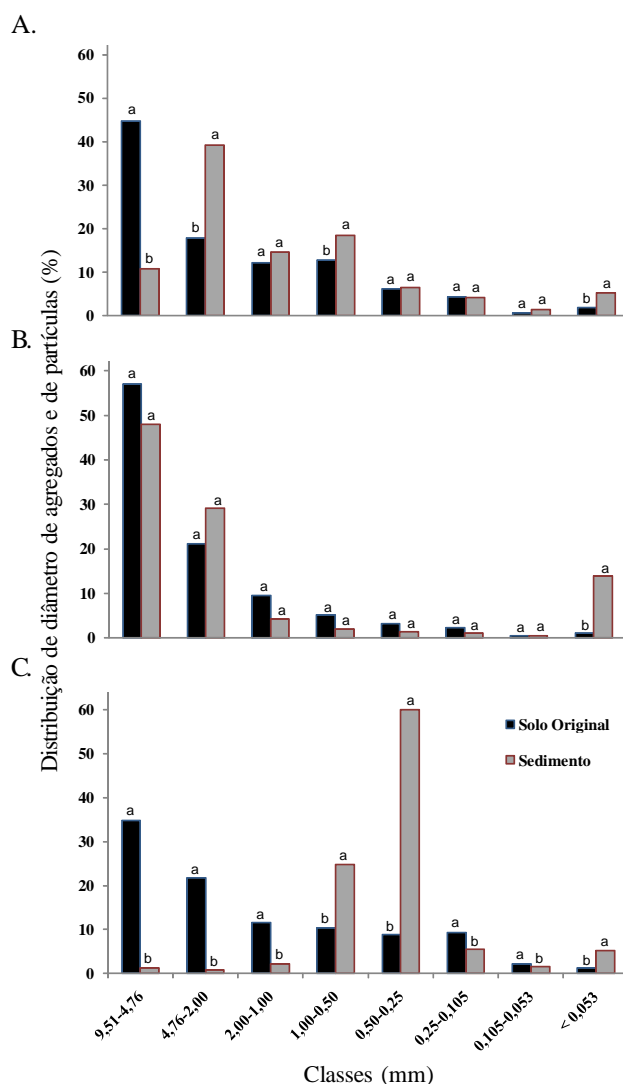
Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a nível de 5%

Figura 2. Perda de solo por erosão em entressulcos acumulada durante 90 min de chuva simulada de 88 mm h⁻¹, nos três solos estudados

possivelmente, ao fato do LVd apresentar menor teor de argila (Tabela 1) e baixo índice de estabilidade de agregados (Figura 1) em relação ao LVaf e ao LVdf. Segundo Meyer & Harmon (1984), a argila reduz a erodibilidade em entressulcos, pois favorece a formação de agregados estáveis.

Existe um consenso entre vários autores de que os solos com maior estabilidade de agregados em água são os menos suscetíveis à erosão hídrica do solo (Meyer & Harmon, 1984; Kemper & Rosenau, 1986; Albuquerque et al., 2000).

A distribuição das classes de diâmetro dos agregados do solo, conforme apresentado na Figura 3, mostra que no solo original a maior concentração de agregados estáveis em água ocorreu na classe de maior diâmetro (9,51 a 4,76 mm) nos três Latossolos estudados (LVaf, LVdf e LVd). Em relação a essa classe de distribuição, o LVdf foi o que apresentou concentração de agregados significativamente maior que o LVaf



Obs.: Médias seguidas da mesma letra, em cada classe de distribuição, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a nível de 5%

Figura 3. Distribuição de agregados e de partículas em classes de diâmetro, em Latossolo Vermelho aluminoférrico-LVaf (A), Latossolo Vermelho distróférico-LVdf (B) e Latossolo Vermelho distrófico-LVd (C), antes (solo original) e depois da aplicação de chuva simulada de 88 mm h⁻¹ (sedimento)

e o LVd. Este resultado pode ser devido ao maior teor de Fe_o desse solo (Tabela 1). De forma semelhante, Veiga et al. (1993) verificaram que os solos com menor erodibilidade em entressulcos foram os de maior teor de argila e que apresentavam elevado teor de óxidos de ferro e alumínio e menor grau de dispersão em água da fração argila mais silte.

Na Figura 3A verifica-se que no LVaf a maior concentração de agregados foi na classe de maior diâmetro (9,51-4,76 mm), enquanto no sedimento a maior concentração foi na classe de diâmetro entre 4,76 e 2 mm, correspondendo a praticamente o dobro da distribuição no solo original, indicando que o sedimento aportado neste solo era composto de grandes agregados os quais, provavelmente, serão mais facilmente depositados, com maior dificuldade em atingir os cursos d'água que sedimentos de menor diâmetro. Neste solo, entre 0,500 e 0,053 mm de diâmetro não houve diferença significativa entre a distribuição de diâmetro do solo antes e depois da aplicação de chuva simulada. Provavelmente, a energia da chuva aplicada não foi suficiente para desagregar o solo dessas classes de tamanho.

No LVdf não houve diferença significativa na distribuição de diâmetro dos agregados em classes, tanto antes quanto depois da chuva, em praticamente todas as classes (Figura 3B). Observa-se que apenas na classe $< 0,053$ mm a concentração de material oriundo da erosão foi maior que a concentração de agregados do solo. Além disso, o LVdf foi o que apresentou maior concentração de agregados na classe de maior tamanho (9,51 a 4,76 mm), tanto a matriz do solo quanto o sedimento. Isto evidencia que esse solo é altamente estável à energia do impacto da gota da chuva, cujo resultado pode ser devido ao fato deste solo ter maior teor Fe_o (baixa cristalinidade) do que os outros solos estudados (Tabela 1). O óxido de ferro de baixa cristalinidade (Fe_o) apesar de estar presente em menores concentrações do que o Fe_d contribui mais para o aumento da estabilidade dos agregados, pois tem área superficial muito maior e mais reativa do que os óxidos de Fe cristalinos (Düiker et al., 2003).

A produção de sedimentos no LVd foi significativamente maior nas classes de diâmetro entre 1 e 0,25 mm e na classe $< 0,053$ mm, em relação à distribuição de agregados do solo original (Figura 3C). Agregados com diâmetro entre 9,51 e 1 mm apareceram em quantidade muito pequena no sedimento, passível de indicar que os agregados de maior diâmetro deste solo são pouco resistentes à desagregação pelo impacto das gotas de chuva, deixando a área teste em agregados de diâmetro pequeno ou mesmo na forma de partículas individuais.

A distribuição observada para o LVd caracteriza o efeito da energia do impacto da gota da chuva no rompimento dos agregados. Resultados semelhantes obtiveram Gabriels & Moldenhauer (1978), os quais verificaram que o solo com menor estabilidade de agregados e muita areia fina apresentou pouca quantidade de material maior que 1 mm no sedimento.

A partir dos resultados obtidos verifica-se que no LVd ocorreu redução na quantidade de sedimentos de maior diâmetro, em relação à matriz do solo. Esses agregados foram facilmente destruídos pela energia do impacto das gotas de chuva associada ao escoamento superficial em razão, provavelmente, ao baixo índice de estabilidade dos agregados

deste solo (Figura 1). Gabriels & Moldenhauer (1978) também verificaram que a quantidade de agregados maiores diminuiu após a aplicação da chuva, enquanto a quantidade de agregados menores aumenta, o que pode ser devido ao fato da energia do impacto da gota produzir pequenos agregados, os quais são suscetíveis a futuros rompimentos por impacto. Meyer & Harmon (1984) também verificaram que o sedimento produzido por erosão em entressulcos apresenta diâmetro menor que a matriz do solo. O menor tamanho do sedimento em comparação com a matriz do solo pode ser em virtude da incapacidade de escoamento em entressulcos para transportar a fração grosseira dos sedimentos, que é fornecida pelo destacamento provocado pelas gotas de chuva.

Na classe $< 0,053$ mm, nos três solos estudados o percentual de distribuição de agregados e de partículas de sedimentos foi significativamente maior que o da matriz do solo (Figura 3). Partículas que no solo original apresentavam maior diâmetro foram fragmentadas pela energia do impacto da chuva fazendo com que no sedimento ocorresse um aumento na proporção de partículas mais finas, especialmente na classe de diâmetro $< 0,0053$ mm. Além disso, também pode ser porque as partículas grandes se sedimentam rapidamente, enquanto as pequenas demoram mais para sedimentar ou até mesmo não se sedimentam (Bissonais, 2006). A erosão deste tipo de solo pode acarretar em maior perda de nutrientes e, conseqüentemente, na contaminação do ambiente, pois quando há uma grande quantidade de sedimentos em suspensão o potencial de mobilização de nutrientes aumenta consideravelmente (Koski-Vähälä & Hartikainen, 2001).

No LVaf a maior concentração de sedimento ocorreu na classe de 4,76 a 2,00 mm; no LVdf esta perda foi mais pronunciada na classe de 9,51 a 4,76 mm, enquanto no LVd a maior perda de sedimento ocorreu nas classes entre 1,00 e 0,25 mm. Verifica-se, portanto, que o menor diâmetro médio de sedimento (D_{50}) se deu no LVd, o qual possui o menor teor de argila (Tabela 1). Young (1980) também verificou que o tamanho médio do sedimento nas classes de agregados varia com o conteúdo de argila na matriz do solo. Braidá & Cassol (1997), em um Argissolo Vermelho franco arenoso verificaram, após 80 min de chuva simulada, que o tamanho médio das partículas produzidas pela erosão em entressulcos, em solo recém-preparado e sem cobertura, foi de 0,279 mm.

Observa-se, nos Latossolos com maior conteúdo de argila e óxidos de ferro e, conseqüentemente, com maior estabilidade de agregados em água (Azevedo & Bonumá, 2004), ou seja, no LVaf e no LVdf, que a perda de sedimentos em entressulcos se concentra nas classes de maior diâmetro (Figura 3).

Nos solos com maior teor de argila (LVaf e LVdf) os sedimentos foram aportados praticamente em seu tamanho original em razão, quiçá, da alta estabilidade dos agregados, os quais se mantiveram praticamente estáveis à energia de impacto da gota da chuva e do escoamento superficial combinados. Desta forma, esses agregados grandes poderão ser facilmente depositados, reduzindo o percurso de possíveis agroquímicos que estejam adsorvidos. Meyer et al. (1980) também notaram que alguns sedimentos erodiram como agregados. Segundo os autores, embora os agregados úmidos sejam um pouco menos densos do que as partículas primárias de mesmo diâmetro, tais agregados

geralmente são maiores que as partículas primárias que os compõem e, desta forma, são mais difíceis de serem transportados. Foster et al. (1981) explicam que a estabilidade de agregados tem influência significativa na tendência do solo ao destacamento e subsequente perda por erosão hídrica.

De forma geral, os solos com maior teor de argila e, portanto, com maior estabilidade de agregados em água, apresentaram perdas de sedimentos nas maiores classes de diâmetro, enquanto o solo de menor estabilidade de agregados, menor teor de argila e maior teor de areia, principalmente areia muito fina, teve maior perda de sedimentos nas classes intermediárias (1 a 0,25 mm). Foster et al. (1985) observaram que, em sedimentos de solos argilosos, a classe maior que 1 mm foi uma das predominantes, enquanto a classe de tamanho mais comum para solos argilo-arenosos foi a de 0,05 a 0,25 mm. Gabriels & Moldenhauer (1978) constataram que o material perdido de cada solo exibiu um único modelo de quebra de agregados, conforme a textura e a condição de agregação do solo. Segundo Meyer et al. (1980), a distribuição de tamanho do sedimento em entressulcos tem características claramente distintas para determinado solo em dada condição.

A maior perda de sedimentos finos do solo LVd em relação ao LVaf e ao LVdf, pode indicar que este solo apresenta maior potencial para o transporte de partículas que podem ficar em suspensão e chegar até aos cursos e reservatórios de água. Assim, neste solo há um elevado potencial de poluição de corpos d'água por erosão hídrica. No LVaf e no LVdf, entretanto, a maior parte dos sedimentos finos, principalmente no tamanho argila, pode estar sendo transportada na forma de agregados e não como partículas individuais, o que favorece a deposição do material desagregado.

CONCLUSÕES

1. A distribuição de diâmetro dos sedimentos variou conforme a textura do solo e os sedimentos produzidos apresentaram partículas e agregados de menor tamanho que os do solo original.

2. Após a aplicação de chuva simulada a concentração de agregados e partículas em classes de distribuição de diâmetro, varia conforme a textura do solo.

3. No processo de erosão em entressulcos, nos Latossolos com maior teor de argila, carbono orgânico e óxidos de ferro e maior estabilidade de agregados em água, os sedimentos aportados pertencem à classe de 4,76 a 2,00 mm no LVaf e à classe de 9,51 a 4,76 mm no LVdf.

4. No solo de menor teor de argila, carbono orgânico e óxidos de ferro e, portanto, menor estabilidade de agregados em água (LVd), as perdas de sedimentos ocorrem nas classes entre 1,00 e 0,25 mm.

LITERATURA CITADA

Albuquerque, J. A.; Cassol, E. A.; Reinert, D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e a estabilidade dos agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.141-151, 2000.

Azevedo, A. C.; Bonumá, A. S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em Latossolos. *Ciência Rural*, v.34, p.609-617, 2004.

Barbosa, F. T.; Bertol, I.; Luciano, R. V.; Ferreira, J. P. Proporção e tamanho de sedimentos e teor de carbono orgânico na enxurrada e no solo para dois cultivos e duas formas de semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.1701-1710, 2010.

Bârthes, B.; Roose, E. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion: Validation at several levels. *Catena*, v.47, p.133-149, 2002.

Bertol, I.; González, A. P.; Vázquez, E. V. Rugosidade superficial do solo sob diferentes doses de resíduo de milho submetido à chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.103-110, 2007.

Bertol, I.; Mello, E. L.; Guadagnin, J. C.; Zapparoli, A. L. V.; Carrafa, M. R. Nutrients losses by water erosion. *Science Agricultural*, v.60, p.581-586, 2003.

Bissonais Le, Y. Aggregate breakdown mechanisms and erodibility. In: Lal, R. (ed.), *Encyclopedia of soil science*. Boca Raton: CRC Press, 2006. p.40-44.

Braida, J. A.; Cassol, E. A. Tamanho de partículas do sedimento produzido por erosão em entressulcos sob diferentes coberturas do solo e por erosão em sulcos em um solo Podzólico Vermelho – Escuro. *Pesquisa Agropecuária*, v.3, p.191-198, 1997.

Cassol, E. A.; Levien, R.; Anghinoni, I.; Badelucci, M. P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.705-712, 2002.

Cogo, N. P.; Levien, R.; Schwarz, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.743-753, 2003.

Düiker, S. W.; Rhoton, F. E.; Torrent, J.; Smeck, N. E.; Lal, R. Iron (hydr) oxide crystallinity effects on soil aggregation. *Soil Science Society of America Journal*, v.67, p.606-611, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.

Flanagan, D. C.; Nearing, M. A. Water erosion prediction project: Technical Documentation. West Lafayette: USDA-ARS-NSERL, 1995, *Paginação Irregular (NSERL Report, 10)*.

Foster, G. R.; Lane, L. J.; Nowlin, J. D.; Lafren J. M.; Young, R. A. Estimating erosion and sediment yield on field-sized areas. *Transactions of the ASAE*, v.24, p.1253-1261, 1981.

Foster, G. R.; Young, R. A.; Neibling, W. H. Sediment composition for nonpoint source pollution analyses. *Transactions of the ASAE*, v.28, p.133-139, 1985.

Gabriels, D.; Moldenhauer, W. C. Size distribution of eroded material from simulated rainfall: Effect over a range of texture. *Soil Science Society of America Journal*, v.42, p.954-958, 1978.

Guadagnin, J. C.; Bertol, I.; Cassol, P. C.; Amaral A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.277-286, 2005.

- Kemper, W. D.; Chepil, W. S. Size distribution of aggregates. In: Black, C. A.; Evans, D. D.; White, J. L. (ed.). *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.499-510. *Agronomy Monograph*, 9
- Kemper, W. D.; Rosenau, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (ed.). *Methods of soil analysis*, 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.425-442.
- Kinnell, P. I. A. The influence of raindrop induced saltation on particle size distributions in sediment discharged by rain-impacted flow on planar surfaces. *Catena*, v.78, p.2-11, 2009.
- Koski-Vähälä, J.; Hartikainen, H. Assessment of the risk of phosphorus loading due to resuspended sediment. *Journal Environment Quality*, v.30, p.960-966, 2001.
- Meyer, L. D.; Harmon, W. C. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. *Transactions of the ASAE*, v.22, p.100-103, 1979.
- Meyer, L. D.; Harmon, W. C. Susceptibility of agricultural soils to interrill erosion. *Soil Science Society of American Journal*, v.48, p.1152-1157, 1984.
- Meyer, L. D.; Harmon, W. C.; Mcdowell, L. L. Sediment size eroded from crop row sideslopes. *Transactions of the ASAE*, v.23, p.891-898, 1980.
- Nearing, M. A.; Norton, L. D.; Zhang, X. Soil erosion and sedimentation. In: Ritter, W. F.; Shirmohammadi, A. (ed.). *Agricultural nonpoint source pollution*. Boca Raton: Lewis Publisher, 2001. p.29-58.
- Nunes, M. C. M.; Cassol, E. A. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.2839-2845, 2008.
- Quinton, J. N.; Catt, J. A. The effects of minimal tillage and contour cultivation on surface runoff, soil loss and crop yield in the long-term Woburn Erosion Reference Experiment on sandy soil at Woburn, England. *Soil Use and Management*, v.20, p.343-349, 2004.
- Souza, M. D. de. Infiltração de água em Latossolo Roxo distrófico submetido a diferentes manejos. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 131p. *Dissertação Mestrado*
- SPSS - Statistical Package for the Social Sciences. SPSS for Windows, copy right, Version 8.0. Cary, 1979-1997.
- Tisdall, J. M.; Oades, J. M. Stabilization of soil aggregate by the root systems of ryegrass. *Australian Journal Soil Research*, v.17, p.429-441, 1979.
- Vahabi, J.; Nikkani, D. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall Simulator. *International Journal of Sediment Research*, v.23, p.376-386, 2008.
- Veiga, M. da; Cabeda, M. S. V.; Reichert, J. M. Erodibilidade em entressulcos de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.17, p.289-298, 1993.
- Yoder, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal American Society Agronomy*, v.28, p.337-351, 1936.
- Young, R. A. Characteristics of eroded sediment. *Transaction of the ASAE*, v.23, p.1139-1142, 1146, 1980.
- Zhang, C.; Nearing, M. A.; Garbrecht, J. D.; Steiner, J. L. Downscaling monthly forecasts to simulate impacts of climate change on soil erosion and wheat production. *Soil Science Society of American Journal*, v.68, p.1376-1385, 2004.