

Efeito da Crosta Superficial na Erosão Entressulcos de um Neossolo Litólico Submetido a Diferentes usos e Manejo

Clamarion Maier¹, Vander Kaufmann¹, Gustavo H. Merten¹, Nilza M. R. Castro¹, Flávio P. de Oliveira²
clamarionmaier@yahoo.com.br, ambitec@bol.com.br, merten@iph.ufrgs.br, nilza@iph.ufrgs.br, pereira@cca.ufpb.br

Recebido: 11/08/11 – revisado: 17/10/11 – aceito: 22/11/12

RESUMO

Neste trabalho foram avaliados fatores relacionados com a formação da crosta ou selo ao processo de erosão em entressulcos provocado pelo impacto da gota de chuva em agregados de tamanho menores que 8 mm de um Neossolo Litólico submetido a diferentes usos e manejo do solo. O experimento foi conduzido em condições de laboratório utilizando-se amostras deformadas de solo colocadas em parcelas experimentais (0,50 m por 0,46 m) e declividade de 0,09 m m⁻¹. Três chuvas simuladas consecutivas com intensidade de 45 mm h⁻¹ foram aplicadas em intervalos de sete dias para os tratamentos: (I) solo cultivado com fumo sob preparo convencional (PC); (II) solo cultivado com fumo sob cultivo mínimo (CM) e (III) solo sob mata nativa (MN). Resultados mostram que a formação do selo e (ou) crosta observados após a primeira chuva aumentou o escoamento superficial nos tratamentos PC e CM, verificado na segunda e terceira chuva. Para todos os tratamentos, mas especialmente para o caso do tratamento PC observou-se que a presença do selo e (ou) crosta aumentou a resistência do solo à desagregação e com isso existem fortes evidências que o processo de erosão entressulcos tenha sido reduzido mais pelo suprimento do que pela capacidade de transporte dos sedimentos. Por outro lado, a maior e mais estável rugosidade superficial observada nos tratamentos MN e CN criou na superfície do solo uma condição de maior resistência ao deslocamento do escoamento difuso, verificada através dos fatores de perda de carga hidráulica Darcy-Weisbach (f) e coeficiente de rugosidade de Manning (n).

Palavras-chave: Desagregação do solo. Usos do solo. Hidráulica do escoamento. Resistência do solo.

INTRODUÇÃO

O processo de erosão hídrica pode ser dividido em duas fases. O processo do entressulcos que se refere à erosão provocada pelo impacto das gotas da chuva ao solo que causa a desagregação e o transporte dos sedimentos através do “splash” da gota e pelo escoamento difuso. A erosão em sulcos refere-se aquela em que o escoamento concentrado e turbulento causa a desagregação do solo e o transporte de sedimentos. Na fase do entressulco a presença de resíduos vegetais e plantas em crescimento atenuam as forças de desagregação representadas pelas gotas da chuva. Porém, na fase inicial de estabelecimento das culturas a baixa cobertura sobre o solo favorece a formação da crosta superficial que altera profundamente as condições da superfície do solo e conseqüentemente os processos relacionados à hidrologia e a resistência do solo ao processo de desagregação.

O termo crosta ou selo superficial algumas vezes são usados como sinônimos para uma condição de compactação superficial do solo que se caracteriza por uma redução da porosidade associada a uma elevação da massa específica (VALENTIN e BRESSON, 1998; GABRIELS et al. 1998). Enquanto crosta é mais utilizado para o estado seco da superfície compactada, o selo está associado à condição úmida (GABRIELS et al., 1998). A formação da crosta ocorre em três etapas sucessivas (BISSIONAIS, 1989; MUALEM et al., 1990): a) desagregação das partículas; b) deslocamento das partículas; c) compactação das partículas pela ação das gotas da chuva. Como mecanismos que atuam na fase de desagregação têm-se o rompimento dos agregados em partículas primárias e microagregados devido ao impacto das gotas da chuva e ao colapso de agregados resultante da pressão do ar aprisionado dentro desses quando o solo se encontra seco e rapidamente torna-se umedecido pela chuva (BISSIONAIS, 1989). Outro mecanismo relacionado com a desagregação ocorre devido ao sucessivo processo de umedecimento e secamento do solo (BISSIONAIS, 1989). A dispersão

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS

² Departamento de Solos e Engenharia Rural – UFPB

das argilas, causada pelo rompimento dos agregados e pelo efeito de agitação e suspensão, ambas provocadas pelo impacto das gotas, também é considerado um processo importante na formação da crosta ou selo (RAMOS et al., 2003; KINNELL, 2009). Na fase dispersa, as argilas percolam alguns milímetros da superfície do solo e provocam o fechamento (ou selamento) dos poros responsáveis pela transmissão da água da superfície para o interior do solo (AGASSI et al., 1981).

A presença da crosta altera as condições hidrológicas da superfície do solo através da redução tanto das taxas de infiltração como da condição de retenção superficial do escoamento (MORIN, 1977; EDWARDS e LARSON, 1969). Conseqüentemente essas alterações resultam em aumento do escoamento superficial e da erosão do solo (BISSIONAIS, 1989). Para a agricultura a formação da crosta tem um particular efeito relacionado com diminuição da disponibilidade de água para as raízes das plantas e de um aumento da resistência do solo à emergência de plântulas (AWADHWAL e THIERSTEIN, 1985).

Características do solo especialmente textura, tipo de argila, presença de matéria orgânica, concentração e tipo de cátions e íons presentes na água (da chuva, irrigação ou escoamento superficial) influenciam no processo de dispersão das argilas e conseqüentemente na maior ou menor suscetibilidade a formação da crosta ou selo (CALERO et al., 2008; ABID e LAL, 2009). A presença de sódio em altas concentrações na solução do solo, por exemplo, aumenta a dispersão das argilas enquanto que na presença de cálcio e magnésio provoca um efeito contrário, o de floculação (DONTSOVA e NORTON, 2001). Porém, não são apenas as condições intrínsecas do solo que afetam a suscetibilidade à formação da crosta, mas também o uso e o manejo do solo. Práticas de conservação de solo como cultivo mínimo e o plantio direto reduzem o efeito da formação da crosta ou selo pela condição da presença de resíduos culturais de maneira permanente sobre a superfície do solo. O manejo de solo também reduz à suscetibilidade a formação da crosta quando as práticas agronômicas possibilitam um incremento constante de matéria orgânica ao solo. Essa condição aumenta a estabilidade dos agregados que se tornam mais resistentes a desagregação causada pelo impacto das gotas da chuva (CARPENEDO e MIELNICKZUK, 1990; SIMEON, 2009).

A hipótese de trabalho formulada nesse estudo foi a de que o selo ou crosta uma vez

formado proporciona tanto condições de uma maior resistência à desagregação do solo como também gera maior escoamento superficial. Esse trabalho foi então realizado com objetivo de testar essa hipótese.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob condição de laboratório, em parcelas experimentais com área útil de 0,23 m², (dimensões de 0,50 m por 0,46 m e profundidade de 0,07 m). O volume da parcela experimental foi preenchido com uma camada de 3 cm de espessura de areia e, sobre essa foi colocada uma tela de plástico com malha de 1 mm. Acima desta tela foi colocada uma camada de solo de 4 cm de espessura, para densidade de empacotamento (Dep) de 1,07 Mg m⁻³. A declividade das parcelas foi de 0,09 m m⁻¹.

O solo utilizado é proveniente da bacia hidrográfica experimental localizada no município de Arvorezinha, região centro-norte do estado do Rio Grande do Sul e contemplou uma das principais classes de solos identificadas na região, Neossolo Litólico distrófico típico (Streck et al., 2008). O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Cfb (MINELLA et al., 2007).

Três amostras de solo foram coletadas em áreas cultivadas com fumo (*Nicotina tabacum*) sob o sistema de manejo com preparo convencional (PC) e cultivo mínimo (CM), e em área com mata nativa (MN) (Tabela 1). A coleta de solo ocorreu no mês de março de 2009, onde foram retiradas amostras da camada de 0-20 cm de profundidade. Após secagem ao ar, as amostras foram destorroadas manualmente e peneiradas. O material menor que 8 mm foi utilizado nas parcelas experimentais. Com antecedência de uma hora da primeira simulação de chuva, o solo foi acondicionado nas parcelas e umedecido, com chuva simulada na intensidade de 45 mm h⁻¹ sobre a superfície da parcela protegida por uma tela de malha 1 mm para evitar a desagregação, até atingir a capacidade de campo. A partir desse procedimento as parcelas com os três tratamentos (PC, CM e MN) foram distribuídas ao acaso em uma área sob o simulador. Durante o intervalo entre as simulações as parcelas foram protegidas em laboratório, evitando assim qualquer efeito destrutivo da superfície do solo, bem como de perda de umidade. Dessa forma, as amostras permaneceram úmidas durante o intervalo entre as simulações, sendo que as demais simulações foram realizadas sem o procedimento de umedecimento prévio.

Tabela 1 - Descrição do uso e manejo do local onde foram retiradas às amostras de solo utilizadas no experimento.

Sistema de cultivo	Descrição do manejo do solo
Preparo Convencional – PC (Praticado desde 1961)	Consiste na aração, com arado de aiveca de tração animal na camada de 0 a 20 cm de profundidade, seguida de gradagem realizada duas vezes ao ano, na implantação da cultura de inverno, a aveia (<i>Avena strigosa</i>) e na implantação da cultura de verão, o fumo (<i>Nicotianatabacum</i>). Para implantar o fumo são feitas a aração, a gradagem e a abertura de um sulco no qual é aplicada a adubação de base e em seguida é fechado, criando um camalhão onde a muda é plantada.
Cultivo Mínimo – CM (Praticado desde 2003)	O preparo do solo é realizado com aração e gradagem para o plantio da cultura de inverno. A aração no verão é feita apenas nas linhas que receberão as mudas de fumo, abrindo-se assim um sulco onde é depositado o fertilizante e em seguida o sulco é fechado formando o camalhão que receberá as mudas.
Mata Nativa – MN	Solo proveniente de mata nativa-floresta ombrófila mista (araucária angustifolia e arbustos arborescentes).

Tabela 2 . Caracterização dos solos nos tratamentos PC, CM e MN.

Tratamento	pH	Ca	Mg	Na	CTC ⁽¹⁾	M.O. ⁽²⁾	Relações		
							Na/CTC	Ca+Mg/CTC	Ca/Mg
	H ₂ O	cmol _c		mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	g dm ⁻³			
PC	4,7	4,7	2,3	55	22,8	2,8	9,89	0,43	3,22
CM	4,8	7,4	1,4	36	16,5	3,1	6,47	0,37	3,36
MN	4,9	6,1	1,6	4	20,4	6,5	0,72	0,38	3,81

⁽¹⁾ Capacidade de Troca de Cátions; ⁽²⁾ Matéria Orgânica.

Análises físicas e químicas do solo

Para cada tratamento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, e, posteriormente, secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, para caracterização química e física. Na caracterização química foram determinados: o pH (H₂O); Ca, Mg, Na e M.O., conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995) (Tabela 2).

A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método do tamisamento seco (peneiramento) até o diâmetro de 62 µm (areias) e pipetagem para obtenção das frações de silte e argila. As amostras de solo (62 µm) foram submetidas a pré-tratamento com água destilada e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) para eliminação da matéria orgânica e posteriormente dispersão química utilizando hexametáfosfato de sódio (Na₁₆P₁₄O₄₃) combinado com agitação mecânica por período de 12 horas.

Aplicação das chuvas simuladas

As chuvas simuladas foram realizadas utilizando um simulador semelhante ao descrito por MEYER e Harmon (1979), com um bico aspersor do tipo Floodjet S.S.3/8K-45 com diâmetro de orifício de 5,51 mm. De acordo com Blanquies et al. (2003), este bico foi utilizado pois o mesmo trabalha com pressões menores que os bicos Veejet 80100 e 80150, o que proporciona menor variação na quantidade de chuva aplicada quando ocorrem desequilíbrios ou flutuações de pressão do simulador. Sob os três diferentes tratamentos (PC, CM e MN) foram aplicadas chuvas simuladas para período de 60 minutos, em três eventos sequenciais, separados por um intervalo de sete dias. As intensidades médias das chuvas aplicadas foram de 45 mm h⁻¹, determinadas através de um conjunto de pluviômetros, colocados ao acaso ao lado das parcelas experimentais. Na figura 1 é apresentado o simulador de chuvas (a) e as parcelas (b).

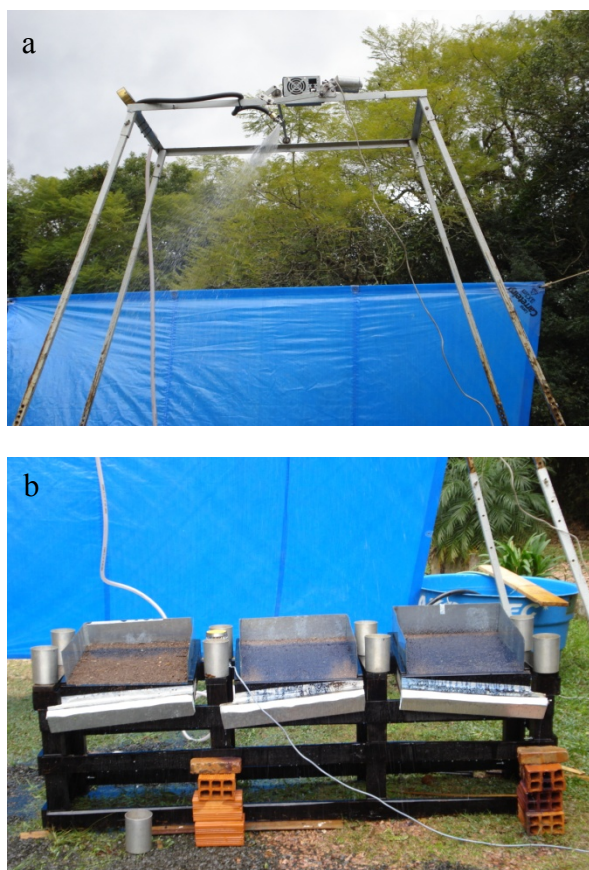


Figura 1 - Simulador de chuvas (a) e parcelas utilizadas nas simulações (b).

Determinação do selamento superficial do solo

O selamento superficial foi quantificado através do uso de penetrômetro de bolso (*Soiltest CL-700 Pocket Penetrometer*), que avalia a resistência do solo à penetração na superfície do solo, medida em kg cm^{-2} . Essa medida foi realizada em média 4 vezes por parcela, antes de cada simulação de chuva. Nesse estudo considerou-se que a formação da crosta ou selo estaria diretamente relacionada com a resistência a penetração medida com umidade remanescente de sete dias de armazenamento.

Determinação das perdas de solo e água

As taxas de perdas de solo e a concentração de sedimentos foram obtidas pela pesagem do material coletado em potes de plástico com capacidade de armazenamento de 920 mL, colocados na extremidade inferior da calha coletora. Em seguida, foram acrescentados 5 mL de sulfato de alumínio e potássio $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ a 5% para favorecer o processo de sedimentação.

Após 24 horas, o sobrenadante foi sifonado e o solo encaminhado para secagem em estufa a uma temperatura de 50 a 60°C. Na sequência, os potes foram pesados com e sem o solo seco. A relação entre a massa de solo seco e a massa da mistura água-sedimento expressa a concentração de sedimentos em peso (kg kg^{-1}).

Cálculo da erosão total entressulcos (ETE)

A erosão total entressulcos (ETE) foi obtida com a expressão:

$$ETE = \sum_1^t Q * CSE \quad (1)$$

onde, Q é a descarga líquida para cada intervalo ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$); CSE é a concentração de sedimentos no escoamento (g m^{-3}); t é o intervalo de tempo amostragens (s).

Cálculo da energia da chuva e do escoamento superficial

O tamanho das gotas da chuva simulada foi determinado utilizando-se o método do óleo. Usando-se placas de Petry contendo óleo, coletaram-se as gotas produzidas pelo conjunto bico e simulador. Com o auxílio de papel transparente quadriculado (1 mm) e de aparelho retroprojeter foi realizado a contagem das gotas por classes de tamanho. A altura de queda das gotas foi de, aproximadamente 2,45 m e a pressão constante de 41 kPa medida através de manômetro e regulada manualmente pelos operadores do simulador, para manter-se neste valor.

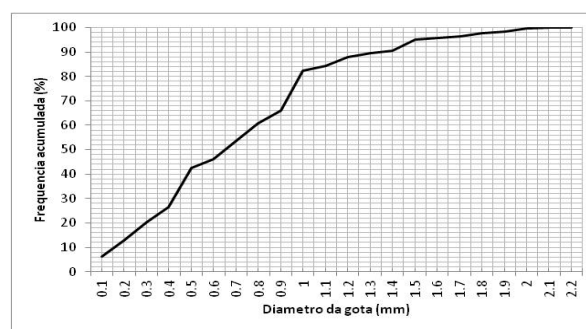


Figura 2 - Frequência acumulada do tamanho de gotas produzido pelo bico aspersor Floodjet S.S3/8k-45 para pressão de 41 kPa usando o método do óleo.

Na Figura 2 é apresentada a frequência acumulada do tamanho de gotas produzidas pelo bico utilizado neste experimento (Floodjet S.S3/8k-45) onde se verifica que o D_{50} corresponde ao tamanho de gota de 0,65 mm de diâmetro.

Os valores de velocidade terminal ($m s^{-1}$) de todas as classes de gota foram calculados usando-se a equação derivada de Ulbrich e Atlas (1998) conforme a equação 2:

$$vt(D) = 3,78 * D^{0,67} \quad (2)$$

onde, vt é a velocidade terminal ($m s^{-1}$), D é o tamanho das gotas de cada classe (mm).

A energia cinética das gotas da chuva simulada foi calculada de acordo com a equação 3, proposta por Dijk et al. (2002):

$$e_k = \frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^k f_i vt_i^2 \quad (3)$$

onde e_k é a energia cinética associada com certa distribuição de tamanho de gotas ($J m^{-2} mm^{-1}$), ρ é a massa específica associada com 1 mm de chuva em $kg m^{-2} mm^{-1} = kg dm^{-3} = 1$, f é a frequência da massa da chuva para um determinado tamanho de gota i e vt é a velocidade terminal das gotas ($m s^{-1}$).

A energia cinética do escoamento foi calculada pela equação 4:

$$EC_{\text{escoamento}} = \frac{1}{2} mV^2 \quad (4)$$

onde $EC_{\text{escoamento}}$ é a energia cinética do escoamento (J), m é a massa equivalente ao volume escoado no intervalo de coleta (kg), V é a velocidade superficial do escoamento ($m s^{-1}$).

A velocidade superficial do escoamento (V) foi determinada relacionando-se a distância entre dois pontos fixos na parcela e o tempo gasto para que um corante azul de metileno percorresse essa distância. Essas determinações foram realizadas em intervalos de cinco minutos, a partir da formação da lâmina de escoamento. As velocidades médias do escoamento (V) foram determinadas pelo produto das velocidades superficiais do escoamento por um fator de correção ($\alpha = 2/3$), conforme sugere Katz et al., (1995).

Características hidráulicas do escoamento superficial

A altura da lâmina do escoamento (m) foi determinada através da Equação 5 derivada por Woolhiser e Liggett (1967) e Singh (1983) para fluxo em um plano sob chuva de duração finita:

$$h = \frac{q}{V} \quad (5)$$

onde h é a altura da lâmina de escoamento (m), q é a descarga líquida por unidade de largura ($m^2 s^{-1}$). A variável q foi determinada a partir das coletas de escoamento em potes plásticos na extremidade da calha coletora, em vários intervalos de tempo ao longo da duração do escoamento e dividindo-se pela largura da parcela (0,5 m).

O número de Reynolds foi obtido por meio da equação 6 (SIMONS e SENTURK, 1992):

$$Re = \frac{V h}{\nu} \quad (6)$$

onde Re é o número de Reynolds (adimensional), ν é a viscosidade cinemática da água ($m^2 s^{-1}$).

O número de Froude foi obtido por meio da equação 7 (SIMONS e SENTURK, 1992):

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (7)$$

onde Fr é o número de Froude, adimensional, g é a aceleração da gravidade ($m s^{-2}$).

O fator perda de carga de Darcy-Weisbach (f) obtido através da equação 8 (CHOW, 1959).

$$f = \frac{8ghS}{V^2} \quad (8)$$

onde f é o fator de perda de carga de Darcy-Weisbach (adimensional), S é a inclinação da parcela ($m m^{-1}$).

A rugosidade superficial foi determinada pelo coeficiente de rugosidade de Manning (n) através da equação 9:

$$n = \frac{h^{5/3} S^{1/2}}{q} \quad (9)$$

onden é o coeficiente de rugosidade de Manning ($s\ m^{-1/3}$), S é a declividade da parcela ($m\ m^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características hidráulicas do escoamento das chuvas simuladas

Quando a superfície do solo se encontra descoberta, e sem a presença da crosta ou selo, a formação do escoamento ocorre a partir da condição em que a porosidade do solo se torna saturada e a superfície de retenção tem seu volume preenchido (PANACHUKI et al., 2010, 2011). Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes às características do escoamento gerado nos três testes de chuva simulada. Para o primeiro ensaio (Chuva 1) o tratamento de Mata Nativa (MN) não gerou escoamento superficial. Para os demais tratamentos, o tempo de início do escoamento variou entre os ensaios (Chuva 1, Chuva 2 e Chuva 3) e também entre os tratamentos (PC, CM e MN). O maior tempo de início de escoamento para os tratamentos PC e CM foi verificado na Chuva 1 enquanto que nos demais ensaios esse tempo foi reduzido em todos os tratamentos com exceção do tratamento MN para a Chuva 3 (Tabela 3). Essa condição deve ser atribuída a desagregação gradual dos agregados das camadas superficiais causando com isso redução da superfície de retenção e selamento dos poros da superfície. Já o tratamento MN por ter agregados mais estáveis, a superfície de retenção foi mantida e o efeito de selamento dos poros foi muito menor.

Em relação às características hidráulicas do escoamento e de acordo com os parâmetros Re e Fr, verificou-se para todos os ensaios e tratamentos o escoamento do tipo laminar subcrítico. Essa condição também já observada por outros autores é típica de escoamentos que ocorrem na região do entressulco (PEARCE, 1976; EMMET, 1970). Porém, é importante considerar que a ocorrência de uma lâmina de água de pequena espessura (escoamento difuso) quando sob ação das chuvas poderá imprimir a esse escoamento condição de turbulência. De acordo com Kinnel (1991) essa condição ocorre quando a profundidade do escoamento difuso é de aproximadamente 1,5 vezes menor que o diâmetro das gotas da chuva. Comparando-se com as alturas de lâmina de escoamento medidas, supõe-se que esses se encontravam muito provavelmente sob uma condição de turbulência. Nessas condições a capacidade de transporte de sedimentos é superior à condição de escoamento laminar.

O fator perda de carga (f) e o coeficiente de rugosidade (n) de Manning representam o fator de resistência que a superfície do solo oferece ao deslocamento do escoamento. Essa resistência é condicionada pela rugosidade da superfície, que no caso deste experimento, é representada pela rugosidade dos agregados (menores que 8 mm de diâmetro). De acordo com os fatores n e f o tratamento MN apresentou a maior resistência, seguido do tratamento CM. Essa condição pode ser explicada pela presença de agregados de solos mais estáveis encontrados nos tratamentos MN e CM. Nessa situação, a rugosidade condicionada pelos agregados estáveis possibilita maior tempo de empocamento e conseqüentemente maior volume infiltrado de água. Além disso, a energia despendida pelo escoamento em superar as forças de resistência, representado pela rugosidade, condiciona menor quantidade de energia disponível para os processos de desagregação e de transporte de sedimentos (MERTEN et al. 2001).

Caracterização da resistência à penetração da superfície das parcelas

As condições da presença de crosta ou selo foram verificadas através da medição da resistência a penetração (RP) conforme resultados apresentados na Tabela 4. De acordo com essa tabela, verifica-se que independentemente do teste de chuva simulada e do tratamento, a RP foi sempre menor nas medições realizadas logo ao término das chuvas. Essa condição é explicada pela maior umidade do solo encontrada após o evento de chuva de uma hora de duração. O aparecimento de crosta ou selo, no entanto, é visivelmente identificada quando se compara dentro de cada tratamento os valores maiores de RP lidos antes da aplicação das chuvas 2 e 3. Antes da aplicação da primeira chuva simulada todos os tratamentos apresentam valores de RP menores que $0,1\ kg\ cm^{-2}$. A partir da primeira chuva, entretanto, a RP medida foi maior que $0,25\ kg\ cm^{-2}$. O maior valor de RP foi verificado no tratamento PC ($0,55\ kg\ cm^{-2}$). O fato do tratamento PC apresentar maior valor de RP sugere que esse tratamento apresentou maior suscetibilidade à formação de selamento provavelmente devido à menor resistência a desagregação dos agregados. De maneira geral, em estudos comparativos de estabilidade de agregados, os solos submetidos a sistemas conservacionistas como cultivo mínimo ou direto quase sempre apresentam uma maior estabilidade de agregados (SILVA e MIELNICZUK,

Tabela 3 - Caracterização da hidráulica do escoamento para as três chuvas simuladas.

Trat. ⁽¹⁾	Chuva	TI _{Esc} ⁽²⁾	v ⁽³⁾	h ⁽⁴⁾	QL _{média} ⁽⁵⁾	Re ⁽⁶⁾	Fr ⁽⁷⁾	f ⁽⁸⁾	n ⁽⁹⁾
		min	m s ⁻¹	m	m ³ s ⁻¹	adimensional			s m ^{-1/3}
PC	1	21	2,22 x 10 ⁻²	2,21 x 10 ⁻⁴	2,0 x 10 ⁻⁶	4,72	0,48	3,17	0,050
CM		33	1,16 x 10 ⁻²	3,40 x 10 ⁻⁴	1,3 x 10 ⁻⁶	3,40	0,21	15,94	0,117
MN			0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	-	-
PC	2	3	2,08 x 10 ⁻²	1,87 x 10 ⁻⁴	1,7 x 10 ⁻⁶	3,31	0,49	3,06	0,047
CM		3	1,41 x 10 ⁻²	3,55 x 10 ⁻⁴	2,0 x 10 ⁻⁶	4,29	0,24	12,55	0,106
MN		12	0,65 x 10 ⁻²	5,39 x 10 ⁻⁴	1,6 x 10 ⁻⁶	3,00	0,09	89,39	0,304
PC	3	6	2,34 x 10 ⁻²	2,55 x 10 ⁻⁴	2,8 x 10 ⁻⁶	4,81	0,47	3,28	0,052
CM		3	1,50 x 10 ⁻²	2,62 x 10 ⁻⁴	1,7 x 10 ⁻⁶	3,17	0,30	8,25	0,082
MN		33	0,49 x 10 ⁻²	6,51 x 10 ⁻⁴	0,7 x 10 ⁻⁶	2,58	0,06	191,5	0,287

⁽¹⁾ Tratamentos; ⁽²⁾ Tempo de início do escoamento; ⁽³⁾ Velocidade média do escoamento; ⁽⁴⁾ Altura da lâmina escoada; ⁽⁵⁾ Descarga líquida média; ⁽⁶⁾ Número de Reynolds; ⁽⁷⁾ Número de Froude; ⁽⁸⁾ Coeficiente de perda de carga; ⁽⁹⁾ Coeficiente de Manning.

1997a, 1997b, 1998; CASTRO FILHO et al., 1998; LAURINDO et al., 2009). O fato da maior suscetibilidade a formação de selamento observado no tratamento PC está consistente também com os menores valores dos fatores *f* e *n* de Manning observados na Tabela 3. Conforme explicado, quanto maior a estabilidade dos agregados superficiais maior será a rugosidade superficial e a superfície de detenção do solo e maior será a resistência que esses agregados irão conferir ao deslocamento do escoamento difuso.

A condição de menor estabilidade de agregados está provavelmente associada aos valores de matéria orgânica (M.O.) verificada no tratamento PC (Tabela 2) uma vez que o teor de M.O. confere maior estabilidade ou resistência a desagregação (TISDALL e OADES, 1982; CARPENEDO e MIELNICKZUK, 1990; CASTRO FILHO et al., 1998; SCHJONNING et al., 2007; VERCHOT et al. 2011). Verificaram-se valores de M.O. de 3,1 g dm⁻³ e 6,5 g dm⁻³, respectivamente associado aos tratamentos CM e MN, enquanto que para o tratamento PC o valor de M.O. foi de apenas 2,8 g dm⁻³. Além da M.O., também os maiores teores de sódio (Na) verificados no tratamento PC podem estar contribuindo para a menor resistência a desagregação. O cátion sódio (Na⁺), contrário aos cátions cálcio (Ca⁺⁺) e magnésio (Mg⁺⁺), atua como elemento de dispersão das argilas o que favorece a desagregação do solo. Os valores de Na para o tratamento PC é de 55 mg dm⁻³ enquanto para os tratamentos CM e MN os valores de Na são 36 e 4 mg dm⁻³ respectivamente.

Tabela 4 - Avaliação da resistência do solo ao penetrômetro antes e após as diferentes chuvas simuladas.

Tratamento	Chuva	Antes kg cm ⁻²	Após
PC	1	<0,1	<0,1
PC	2	0,55	0,15
PC	3	0,55	0,10
CM	1	<0,1	<0,1
CM	2	0,45	0,10
CM	3	0,35	0,10
MN	1	<0,1	<0,1
MN	2	0,25	0,15
MN	3	0,40	0,40

Dinâmica temporal da descarga líquida e da concentração de sedimentos (CS)

Nas Figuras 3, 4 e 5 são apresentados gráficos com a variação temporal da descarga líquida e a concentração de sedimentos (CS) para os três ensaios. A CS diminuiu em todos os tratamentos para os três ensaios. Por outro lado a descarga líquida teve comportamento que variou conforme o tratamento e o ensaio. O fato de a CS ter sido reduzida do primeiro para o último ensaio em todos os tratamentos sugere duas possibilidades que poderiam estar ocorrendo juntas. A primeira é que a disponibilidade de sedimentos para ser desagregado

foi se exaurindo do primeiro para o terceiro ensaio. A condição de deslocamento das partículas desagregadas pela chuva através do escoamento difuso também precisa estar envolvida nessa avaliação, mas como o comportamento da descarga líquida variou conforme o ensaio e o tratamento fica difícil fazer inferências a esse respeito.

Analisando, no entanto, a dinâmica temporal da descarga líquida e a CS de sedimentos comparando-se os tratamentos PC e CM verifica-se o seguinte: tanto no tratamento PC como no CM ocorreu flutuação das descargas líquidas ao longo dos três ensaios. Para o PC essa flutuação de descarga variou de maneira mais uniforme nos três ensaios entre os valores de $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ até $1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. No tratamento CM, entretanto, a flutuação das descargas líquidas não foram uniformes como no tratamento PC. No evento 1 a flutuação da descarga líquida variou entre $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ até $1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. No evento 2 essa flutuação foi em patamar maior ($1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ até $3,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). Para o terceiro evento a flutuação permaneceu alta, mas ligeiramente menor que o evento 2 ($1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ até $2,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). No tratamento MN a condição foi totalmente distinta dos demais tratamentos. Enquanto que no segundo evento a descarga líquida variou entre $1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ até $2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. No terceiro evento a descarga líquida foi drasticamente reduzida para flutuação entre $0,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ até $1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

O que seria esperado em termos de variação de descarga líquida é que o efeito do selamento deveria aumentar progressivamente os valores médios de descarga líquida do primeiro para o terceiro evento. Essa condição foi verificada para os tratamentos PC e CM, mas não totalmente para o tratamento MN. Para esse tratamento no primeiro evento de chuva não ocorreu a formação do escoamento por razões conforme explicado. No segundo evento o valor médio da descarga líquida foi ligeiramente abaixo do tratamento PC (diferença de -6 %), porém no terceiro ensaio o valor de descarga caiu para valor inferior ao evento 2 indicando que o efeito do selamento formado pelos eventos anteriores não foi acentuado.

Em termos de efeitos dessas variações ao processo erosivo o que se pode inferir desses resultados é que a capacidade de transporte do escoamento difuso foi aumentada com a formação do selamento para os tratamentos PC e CM enquanto que para o tratamento MN essa condição se deu de maneira inversa. O fato dos valores de CS terem sido reduzidos do evento 1 para o 3, considerando todos os tratamentos, indica que o

processo erosivo da região do entressulco para os tratamentos PC e CM muito provavelmente foi limitado pelo suprimento de sedimentos causado pelo selamento.

Erosão entressulcos

O processo erosivo na região do entressulcos tem como principal mecanismo de desagregação o impacto das gotas da chuva e a remoção desses sedimentos pelo efeito “splash” e principalmente pelo escoamento difuso (MEYER et al. 1975). A erosão entressulcos pode ser limitada tanto pela disponibilidade de sedimentos a ser desagregado como pela capacidade do escoamento difuso remover os sedimentos desagregados para uma posição a jusante da área de ocorrência da desagregação (TOY et al., 2002). Solos com agregados estáveis (argilosos e com muita M.O.) resistem mais a erosão quando comparados com solos mais arenosos. No caso desse experimento, considerando que os solos utilizados pertencem a mesma classe, a condição de maior resistência ao processo erosivo está relacionada com a natureza do uso desses solos.

Na Tabela 5 são apresentados os dados referentes a erosão total entressulcos (ETE), CS e da energia cinética (E_c) da chuva simulada e do escoamento. Iniciando pela energia cinética, verifica-se que a ordem de grandeza de energia cinética da chuva é maior que a do escoamento. PEARCE (1976) verificou que apenas 0,2 % da energia da chuva e 3-4% da energia do escoamento foram utilizadas para a erosão entressulcos. O restante, segundo esse autor, é mobilizado nos processos dissipativos.

Os valores de $CS_{\text{máximo}}$ independentemente do tratamento foram reduzidos do primeiro para o último ensaio conforme já mencionado nos parágrafos anteriores. Essa condição sugere, conforme também comentado, que o processo de erosão entressulcos está sendo limitado mais pelo suprimento do que pela capacidade de transporte dos sedimentos.

Quando se analisa a variável Erosão Total Entressulcos (ETE) os valores que constam são produtos tanto do efeito de desagregação (representado pela variável CS) como pela descarga líquida ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) uma vez que a erosão entressulcos é produto dessas duas variáveis. A variável ETE, entretanto, não apresentou o mesmo comportamento da variável CS, ou seja, diminuiu do primeiro para o último ensaio. Essa condição leva a supor que o fator transporte de sedimentos, repre-

Tabela 5 - Erosão total entressulcos (ETE) e concentração de sedimentos para as três chuvas simuladas.

Trat.	Chuva	Ec total da chuva	Descarga líquida total	Ec total do escoamento	ETE ⁽¹⁾	ETE por energia	CS _{min} ⁽²⁾	CS _{med} ⁽³⁾	CS _{max} ⁽⁴⁾
		J	m ³ s ⁻¹	J	g	g J ⁻¹	g m ⁻³		
PC	1	54	3,4 x 10 ⁻³	6,70 x 10 ⁻⁴	35	0,66	5975	7081	7609
CM		54	2,3 x 10 ⁻³	1,00 x 10 ⁻⁴	13	0,24	5071	5555	6347
MN		54	0	0	0	0	0	0	0
PC	2	54	4,9 x 10 ⁻³	10,3 x 10 ⁻⁴	27	0,50	2074	4319	6099
CM		54	7,9 x 10 ⁻³	6,30 x 10 ⁻⁴	30	0,56	3042	3781	4526
MN		54	5,0 x 10 ⁻³	0,90 x 10 ⁻⁴	17	0,31	2589	3571	5085
PC	3	54	10,1 x 10 ⁻³	22,7 x 10 ⁻⁴	51	0,93	3434	4616	6412
CM		54	5,3 x 10 ⁻³	4,30 x 10 ⁻⁴	13	0,23	1876	2236	3110
MN		54	1,2 x 10 ⁻³	0,13 x 10 ⁻⁴	3	0,06	2426	2906	3351

⁽¹⁾ Erosão total entressulcos; ⁽²⁾ Concentração de sedimentos mínima; ⁽³⁾ Concentração de sedimentos média; ⁽⁴⁾ Concentração de sedimentos máxima.

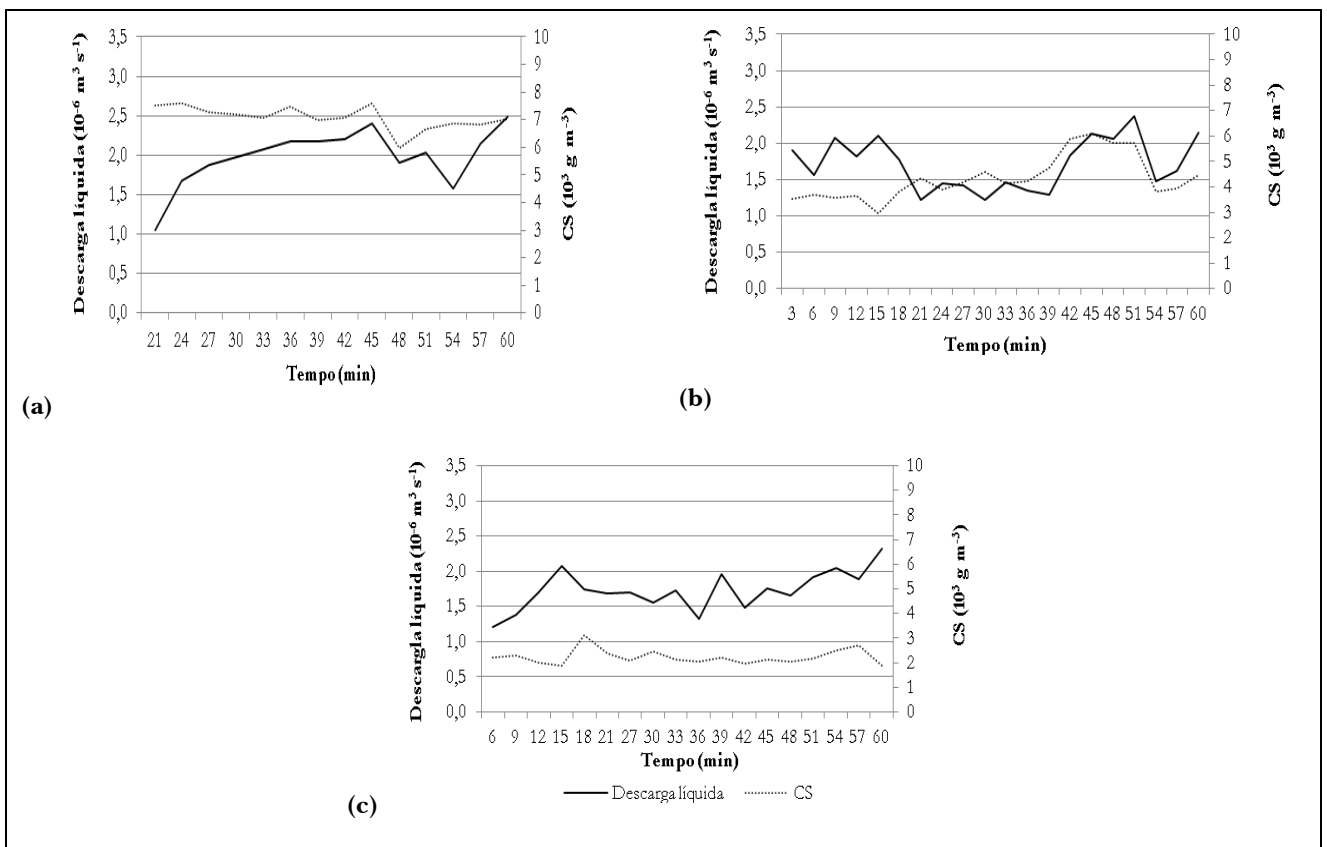


Figura 3 - Distribuição temporal da descarga líquida e da CS do tratamento PC: (a) Chuva 1; (b) Chuva 2, e (c) Chuva 3.

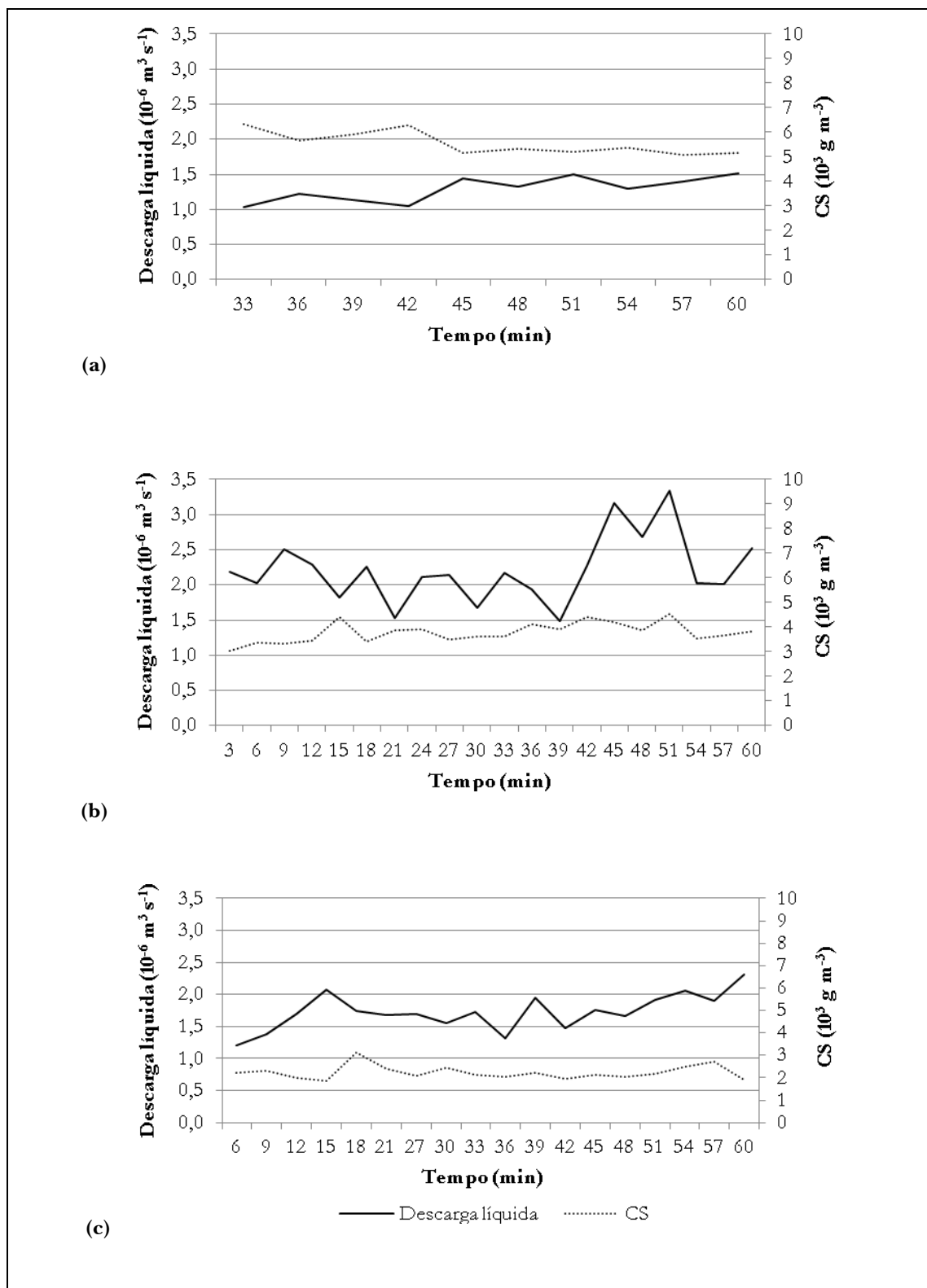


Figura 4 - Distribuição temporal da descarga líquida e da CS do tratamento CM: (a) Chuva 1; (b) Chuva 2, e (c) Chuva 3.

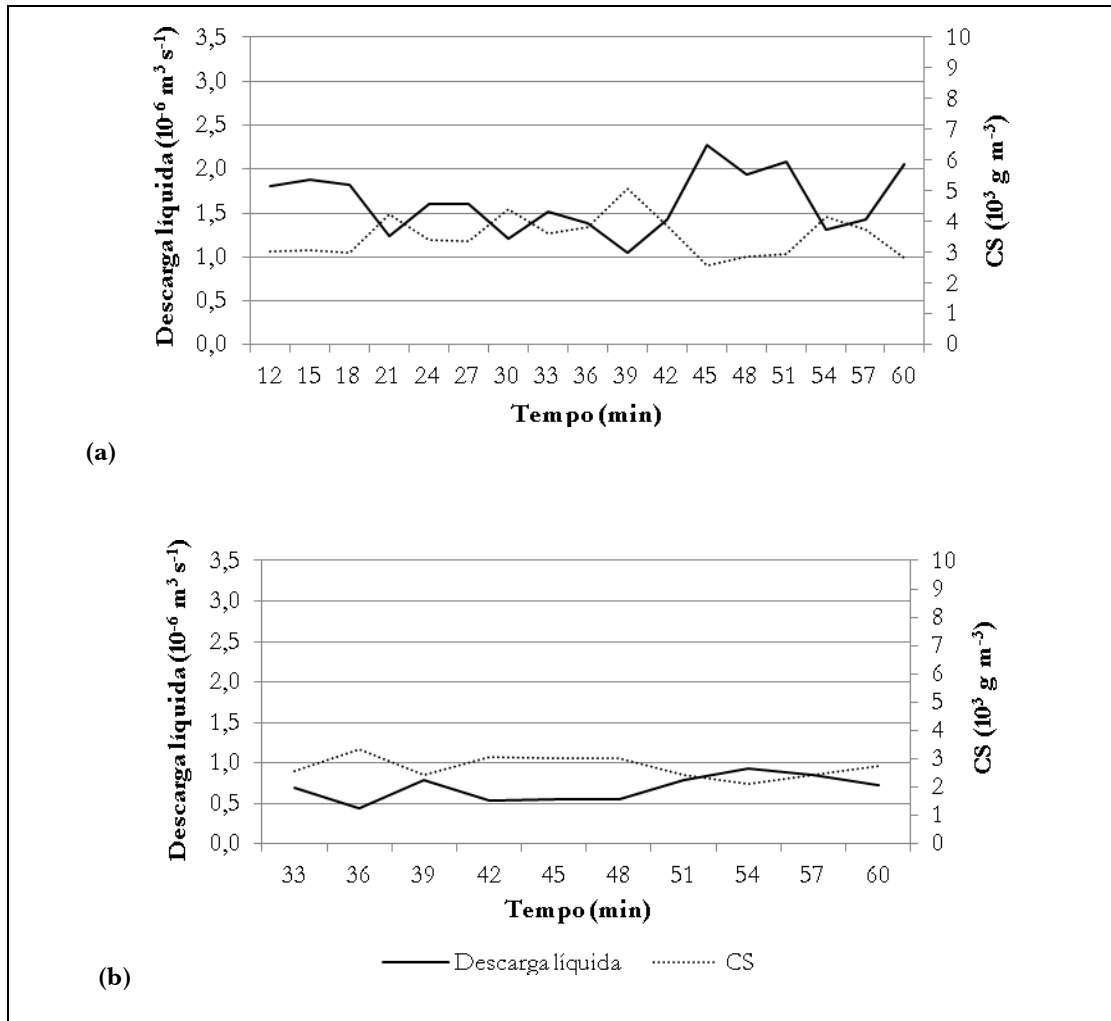


Figura 5 - Distribuição temporal da descarga líquida e da CS do tratamento MN: (a) Chuva 2 e (b) Chuva 3.

sentado pela Descarga líquida total foi componente importante nesse processo.

Entre os tratamentos, a maior ETE total foi medida para o tratamento PC e a menor para o tratamento MN. No caso do tratamento PC a ETE aumentou significativamente no terceiro evento (de igual modo a descarga líquida). No tratamento MN a ETE diminuiu do segundo para o terceiro evento enquanto que no tratamento CM a ETE atingiu valor máximo no segundo evento. Como a tendência do fator CS foi a de reduzir do primeiro para o terceiro evento conclui-se que a ETE apresentou relação de dependência principalmente com o aumento da descarga líquida. Para verificar esse efeito todos os valores de ETE foram agrupados para verificar a natureza dessa variável com variáveis hidráulicas apresentadas na Tabela 3.

Considerando que para todos os tratamentos foi aplicada a mesma intensidade de chuva, as Figuras 6, 7 e 8 foram elaboradas com objetivo de verificar qual fator independente poderia estar mais estreitamente associado à ETE.

Nas Figuras 6 e 7 são apresentadas as relações entre a ETE com a $CS_{média}$ e a descarga líquida total. Na Figura 8 consta a relação entre a ETE e o fator perda de carga f . De acordo com as essas figuras verifica-se que a descarga líquida total (Figura 7) é mais adequada do que a $CS_{média}$ (Figura 6) em descrever as variações da ETE. É interessante verificar que o fator perda de carga f (Figura 8) também apresentou adequada relação com a ETE. Nesse caso, a relação sugere que o aumento dos processos dissipativos, representados no caso deste experimento pelo elemento rugoso da superfície,

atenuou o processo erosivo da região do entressulcos. Em outras palavras, a mobilização da energia consumida pelos processos dissipativos reduziu a energia disponível para o processo erosivo de desagregação e de transporte.

Na Tabela 5 são apresentados também os valores de ETE em função da energia cinética total da chuva e do escoamento. No caso deste estudo, como a intensidade da chuva foi a mesma para todos os ensaios, apenas a energia cinética do escoamento pode ser relacionada com a ETE. Essa relação é apresentada na Figura 9 onde se verifica que a energia cinética do escoamento explicou quase 50% da variância encontrada nessa relação. Pearse (1976) realizando experimento semelhante verificou uma relação de mais de 90% entre a erosão entressulcos e a energia cinética total (chuva mais escoamento).

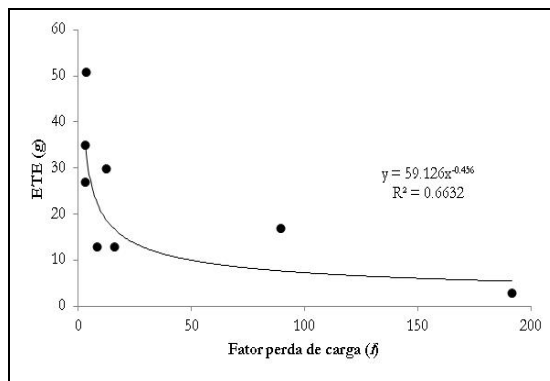


Figura 8 - Relação entre ETE e o fator perda de carga (f) considerando todos os ensaios e tratamentos.

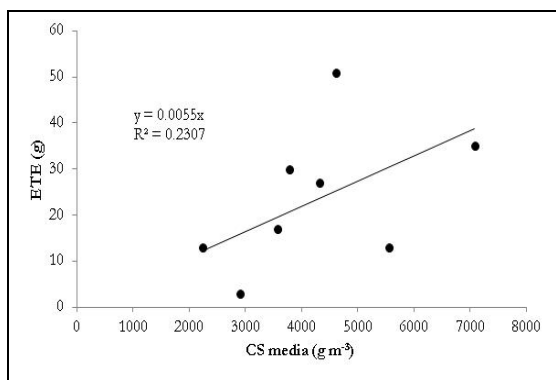


Figura 6 - Relação entre a ETE e a CS_{média} considerando todos os ensaios e tratamentos.

Todas essas informações permitem concluir que o efeito das condições de superfície do solo alteradas após a primeira chuva afetou o processo de erosão entressulcos modificando não apenas o tempo de início do escoamento e o volume escoado, mas também a concentração de sedimentos em suspensão. A menor erosão entressulcos, verificada nos tratamentos CM e MN, está associada principalmente as condições de maior resistência à desagregação oferecida pelo solo. Por outro lado, a maior perda de carga medida nos tratamentos CM e NM (Tabela 3) sugere que a capacidade de transporte do escoamento difuso também possa ter sido reduzida pelo efeito da rugosidade. Em outras palavras, parte da energia disponível para transportar sedimentos pode ter sido comprometida para vencer a resistência do elemento rugoso.

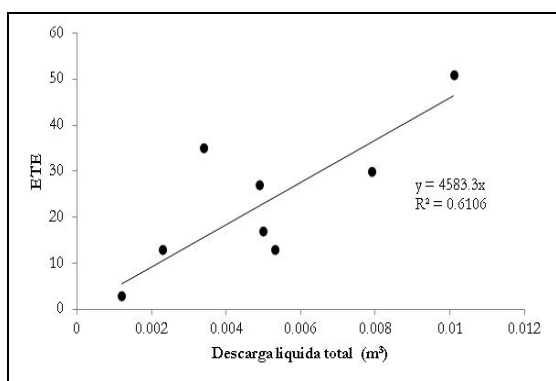


Figura 7 - Relação entre a ETE e a descarga líquida total considerando todos os ensaios e tratamentos.

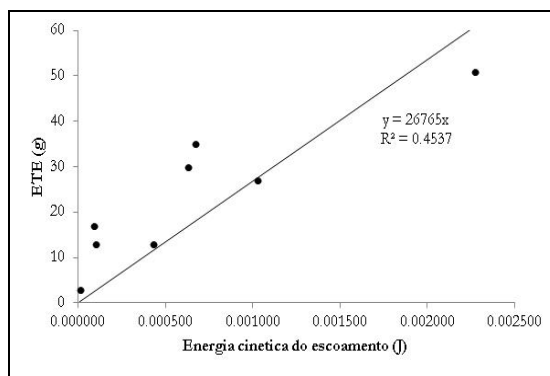


Figura 9 - Relação entre a ETE e a energia cinética total considerando todos os ensaios e tratamentos.

CONCLUSÕES

1. A presença de selamento e crosta formados após a primeira chuva aumenta o escoamento superficial para os tratamentos PC e CM e reduz a concentração de sedimentos para os três tratamentos.
2. Há evidências que o processo de erosão entressulcos sob efeito do selamento tenha sido limitado mais pelo suprimento do que pela capacidade de transporte de sedimentos.
3. O fator de perda de carga Darcy-Weisback (f) e o coeficiente de Manning (n) verificados nos tratamentos MN e CN evidenciam maior e mais estável rugosidade superficial.
4. Os tratamentos MN e CM cujos solos apresentam maior teor de matéria orgânica associada a maior presença de cálcio e magnésio são mais resistentes ao processo de desagregação entressulcos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos dois revisores pelas importantes contribuições, que colaboraram muito para a melhoria da qualidade do artigo. À CAPES e ao CNPQ pelo apoio financeiro (bolsas).

REFERÊNCIAS

- ABID, M.; LAL, R.. Tillage and drainage impact on soil quality: II. Tensile strength of aggregates, moisture retention and water infiltration. *Soil & Tillage Research*. v. 103, p. 364–372, 2009.
- AGASSI, M., SHAINBERG, I.; MORIN, J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Science Society American Journal*, v. 45, p. 848-851, 1981.
- AWADHWAL, N. K.; THIERSTEIN, G. E. Soil crust and its impact on crop establishment: a review. *Soil & Tillage Research*, v. 5, p. 289-302, 1985.
- BISSIONAIS, L. Y., BRUAND, A.; JAMAGNE, M. O. Laboratory experimental study of soil crusting: relation between aggregate breakdown mechanisms and crust structure. *Catena*, v. 16, p. 377-392, 1989.
- BLANQUIES, J.; SCHARFF, M.; HALLOCK, B. The design and construction of a rainfall simulator. International Erosion Control Association (IECA), 34th Annual Conference and Expo. Las Vegas, Nevada, February 24-28, 2003.
- CALERO, N.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. Water dispersible clay in calcareous soils of southwestern Spain. *Catena*, v. 74, p. 22–30, 2008.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 14, p. 99- 105, 1990.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. 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*, v. 22, p. 527-538, 1998.
- CHOW, V. T. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill Book Co., New York, NY. 1959. 680p.
- DIJK, A. I. J. M; BRUIJNZEEL, L. A.; ROSEWEEL, C. J. Rainfall intensity - kinetic energy relationships: a critical literature appraisal. *Journal of Hydrology*, v. 261, p. 1-23, 2002.
- DONTSOVA, K.; NORTON, L. D. Effects of exchangeable Ca:Mg ratio on soil clay flocculation, infiltration and erosion In: Stott, D. E.; Steinhardt, G. C. (eds). *Sustaining the Global Farm*. 10th International Soil Conservation Organization Meeting, p. 24-29. 2001.
- EDWARDS, W. M.; LARSON, W. E. Infiltration of water into soils as influenced by surface seal development. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, v. 12, p.463-465, 1969.
- EMMET, W. W. The hydraulics of overland flow on hillslope. USGS Professional Paper 662-A. 1970.
- GABRIELS, D.; HORN, R.; VILLAGRA, M. M.; HARTMANN, R. Assessment, prevention, and rehabilitation of soil structure caused by soil surface sealing, crusting, and compactation. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. (Eds.), *Methods for assessment of soil degradation*.

- Advances in Soil Science.** CRC Press, Boca Raton, USA, 1998. p. 129–160.
- KATZ, D. M.; WATTS, F. J.; BURROUGHS, E. R. Effects of surface roughness and rainfall impact on overland flow. *Journal Hydrology*, Div., ASCE, New York, v.121, p. 546-553, 1995.
- KINNEL, P. I. A. The effect of flow depth on sediment transport induced by raindrops impacting shallow flows. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, v.34, p. 161-168, 1991.
- KINNEL, 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.
- LAURINDO, M. C. O.; NÓBREGA L. H. P., PEREIRA, J. O. MELO, D.; LAURINDO É. L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa - MG, v.17 n.5, p. 367–374, Setembro/Outubro, 2009.
- MEYER, L. D.; FOSTER, G. R.; ROMKENS, M. J. M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: Present and Prospectives Technology for Predicting Sediment Yields and Sources USDA Agricultural Research Service ARS-S-40. USDA science and Education Administration, DC. P. 177-189. 1975.
- MEYER, L. D.; HARMON, W. C. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*, v. 22, p.100- 103, 1979.
- MERTEN, G. H.; NEARING, M. A.; BORGES, A. L. O. Effect of sediment load on soil detachment and deposition in rills. *Soil Science Society of America Journal*, v. 65, p. 861-868, 2001.
- MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; SANTOS, D. R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p.1637-1646, 2007.
- MORIN, J.; BENYAMINI, Y. Rainfall infiltration into bare soils. *Water Resources Research*. v. 13, p. 813-817, 1977.
- MUALEM, Y., ASSOULINE, S.; ROHDENBURG, R. H. B. Rainfall induced soil seal a critical review of observations and models. *Catena*, v. 17, p. 185-203, 1990.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; URCHEI, M. A. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 443-451, 2010.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1777-1785, 2011.
- PEARCE, A. J. Magnitude and frequency of erosion by Hortonian overland flow. *Journal of Geology*, v. 84, p. 65-80, 1976.
- RAMOS, M. C.; NACCI, S.; PLA, L., Effect of raindrop impact and its relationship with aggregate stability to different disaggregation forces. *Catena*, v.53, p. 365–376, 2003.
- SCHJONNING, P.; MUNKHOLM, L. J.; ELMHOLT, S.; OLESEN, J. E. Organic matter and soil tilth in arable farming: Management makes a difference within 5-6 years. *Agriculture, Ecosystemand Environmental*, v. 122, p. 157-172, 2007.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, p. 113-117, 1997a.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997b.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 311-317, 1998.
- SIMONS, D. B.; SENTURK, F. Sediment transport technology: water and sediment dynamics. *Water resources publications*. Colorado, [s.ed.], 1992. 897p

SIMEON, A. M. Aggregation in a surface layer of a hardsetting and crusting soil as influenced by the application of amendments and grass mulch in a South African semi-arid environment. *Soil & Tillage Research*, v. 105, p. 251–259, 2009.

SINGH, V. P. Analytical solutions of cinematic for erosion on a plane: II Rainfall of finite duration. *Advanced Water Research*, v.6, p.88-95, 1983.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S.; KLANT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. (Boletim técnico, 5) 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*. v.33, p. 141-163, 1982.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control. John Wiley & Sons, New York, 2002. 337p

ULBRICH, C. W.; ATLAS, D. Rainfall microphysics and radar properties: analysis methods for drop size spectra. *Journal Applied Meteorology*, v. 37, p. 912-923, 1998.

VALENTIN, C.; BRESSON, L.M., Soil crusting. In: LAL, R., Blum, W.H., VALENTIN, C., Stewart, B.A. (Eds.), *Methods for assessment of soil degradation. Advances in Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, USA, 1998. p. 89–107.

VERCHOT, L. V.; DUTAUR, L.; SHEPHERD, K. D.; ALBRECHT, A.. Organic matter stabilization in soil aggregates: Understanding the biogeochemical mechanisms that determine the fate of carbon inputs in soils. *Geoderma*, v. 161, p.182–193, 2011.

WOOLHISER, D. A.; LIGGETT, J. A. Unsteady one-dimensional flow over a plane – The rising hydrograph. *Water Resources Research*, v.3, p.753-771, 1967.

Characteristics of Organic Matter in Urban Basins: a Comparative Study of Fluorescence and Uv-vis Spectroscopy in River and Lake

ABSTRACT

The main goal of this study is to analyze organic matter in two urbanized basins considering fluorescence and UV-VIS spectroscopy techniques. The case study was the Iguaçú River in the Metropolitan Area of Curitiba, with 7 monitoring points in 107 km of river length, and the Barigui lake, located in the middle part of the Upper Iguaçú Basin, considering 3 monitoring points. Thus, the results indicate that the major source of pollution in both lake and river is domestic sewage (allochthonous source) due to the high urban development associated with a low level of sanitary sewage treatment in Curitiba and the Metropolitan Region. Additionally, part of the dissolved organic carbon found in Barigui Lake has characteristics of an autochthonous source (primary productivity), due to the hydrodynamic condition of the lake. Therefore, this paper highlights how the use of complementary essays like fluorescence and UV-vis spectroscopy can help improve the assessment of organic matter dynamics in different aquatic environments.

Key-words: *Upper Iguaçú Basin, organic matter monitoring, water resources management.*