

O PAPEL DA MATÉRIA ORGÂNICA E DOS AGREGADOS NA ERODIBILIDADE DOS SOLOS

ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA

Departamento de Geografia - UFRJ

Abstract - The present study regards the significance of organic matter content and aggregates on soil erosion. Other soil properties, vegetation cover and erosivity are also taken into consideration. The study is carried out in Rogate, Southeast England.

Resumo - O presente trabalho trata da importância do teor de matéria orgânica e agregados na erosão dos solos. Outras propriedades do solo, bem como características relativas à cobertura vegetal e erosividade são também levadas em consideração. O estudo é desenvolvido em Rogate, um povoado no sudeste da Inglaterra.

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é um problema mundial e, apesar de ser considerada mais séria nos países em desenvolvimento, vem se tornando nos últimos anos uma preocupação também para os países europeus. De acordo com Bentley (1985), apesar de todo o investimento que tem sido feito em pesquisas para conter a erosão dos solos, medidas tem que se tomadas para diminuir as perdas de solo, através da aplicação de práticas conservacionistas que melhor managem o solo e os recursos hídricos.

Apesar de uma série de fatores influenciarem na erodibilidade dos solos, no presente trabalho, ênfase especial é dada ao teor de matéria orgânica e de agregados, porque tais propriedades parecem ser os principais fatores controladores da erodibilidade (Wischmeier e Mannering, 1969; De Ploey, 1981; Morgan, 1984; Evans, 1990). Dessa forma, uma extensa revisão bibliográfica, referente a importância da matéria orgânica e dos agregados é aqui apresentada, juntamente com um estudo de caso, desenvolvido no sudeste da Inglaterra, onde os resultados obtidos confirmam o papel dessas duas propriedades na erodibilidade

dos solos.

A IMPORTÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA E DOS AGREGADOS

O teor de matéria orgânica do solo é dependente de muitos fatores que exercem sua influência individualmente e em conjunto, tais como: clima, textura do solo, topografia, drenagem, cobertura vegetal e uso da terra.

O processo de formação de matéria orgânica no solo é inicialmente um processo biológico e quase toda a flora e fauna existentes no solo tem um efeito direto ou indireto.

As atividades humanas, especialmente agricultura, tendem a acelerar as mudanças do teor de matéria orgânica, "e os sistemas agrícolas deveriam tentar manter o teor de matéria orgânica elevado nos solos, a medida que fosse viável em termos econômicos e práticos" (Reynolds, 1990). Essas atividades sem reposição de fertilizantes naturais, normalmente levam a uma rápida diminuição de matéria orgânica nos solos e conseqüentemente, mudanças em outras propriedades físicas e químicas.

Uma parte considerável de matéria orgânica no solo é formada por raízes e micro-

organismos. Como uma regra geral, os constituintes minerais do solo são essenciais na formação de humus, porque os efeitos químicos do humus podem reagir com as substâncias minerais para formar o chamado complexo argila-humus.

Vários pesquisadores têm demonstrado, de diferentes maneiras, o significado do teor de matéria orgânica na erodibilidade do solo: Wischmeier e Mannering (1969), Hamblin e Davies (1977), De Ploey (1981), Voroney et al. (1981), Boardman (1983), Morgan (1984), Davies (1985), Chaney e Swift (1986), Evans (1990), Francis (1990), Roberts e Lambert (1990). O que parece comum entre esses trabalhos é que o teor de matéria orgânica afeta a erosão dos solos em diferentes níveis, dependendo de outras propriedades, como por exemplo a textura. Wischmeier e Mannering (1969) encontraram elevadas correlações negativas entre erodibilidade e teor de matéria orgânica, especialmente em solos de alto teor de silte e areia. Entretanto, as correlações baixaram bastante nos solos onde o teor de argila era elevado.

A interação existente entre o teor de matéria orgânica e as outras propriedades do solo, é talvez uma das razões da dificuldade em se estabelecer um teor mínimo de matéria orgânica, que afete a estabilidade dos agregados. Com relação a isso, Greenland et al. (1975) afirmaram que solos com menos de 3.5% de matéria orgânica possuem agregados instáveis, enquanto De Ploey e Poesen (1985) propõem um teor de 2% como limite para baixa estabilidade de agregados.

O decréscimo de matéria orgânica devido às práticas agrícolas tem várias implicações nos processos mecânicos de erosão dos solos. Boardman (1983) cita um exemplo de solos de West Sussex, no sudeste da Inglaterra, que contém muito menos de 3.5% de matéria orgânica, e onde houve uma perda muito grande de matéria orgânica do horizonte A num único ano. Esse fato, associado com a retirada das cercas em algumas fazendas, aumentou o comprimento das encostas, provocando altas taxas de erosão (181 t ha^{-1} , num período de 9 meses).

Verhaegen (1984) encontrou uma alta correlação negativa entre a estabilidade dos agregados e a erosão causada pelo

salpicamento e pelo escoamento superficial. Uma explicação para esse relacionamento é a capacidade de infiltração mais alta e a maior resistência dos agregados em solos estáveis.

Todos os exemplos descritos anteriormente sugerem a grande importância e complexidade da matéria orgânica na erosão dos solos. A medida que o teor de agregados diminui, a erosão por salpicamento aumenta, e a ruptura dos agregados irá aumentar a formação de crostas no solo, que poderá fazer aumentar as taxas de "runoff". Isto produzirá mais erosão, onde as partículas são removidas das áreas situadas entre as ravinas (inter-rill area) sendo transportadas para dentro das ravinas. O decréscimo do teor de matéria orgânica pode também levar a um aumento da densidade aparente do solo, que dificultará a infiltração de água no solo. O escoamento superficial poderá então aumentar, resultando em maiores taxas de erosão.

Tem sido reconhecido por vários pesquisadores (Wischmeier e Mannering, 1969; Boardman, 1983; Morgan, 1984; Tisdall e Oades, 1982; Francis, 1990; Arden-Clarke e Hodges, 1987; Chaney e Swift, 1986) que a matéria orgânica tem um papel muito importante na agregação de partículas. Entretanto, de acordo com Hodges e Arden-Clarke (1987), ainda não é compreendido inteiramente, como a matéria orgânica contribui na estabilidade estrutural.

Emerson (1977) mostra (Figura 1) como a matéria orgânica liga as superfícies exteriores dos domínios de argila. Ele explica que quando as argilas dilatam, os esforços são transmitidos através das ligações feitas pela matéria orgânica, evitando a ruptura dos agregados. Embora isso seja reconhecido, o significado da matéria orgânica na agregação de partículas, ainda não foi analisado o suficiente.

Já foi enfatizado por vários autores (Epstein e Grant, 1867; Hartmann e De Boodt, 1974; Farres, 1978; Verhaegen, 1984; De Ploey e Poesen, 1985; Imeson e Kwaad, 1990) que os materiais orgânicos são altamente importantes na estabilidade dos agregados no solo.

A quantidade de matéria orgânica e o seu relacionamento com outras propriedades do solo, características das encostas, cobertura

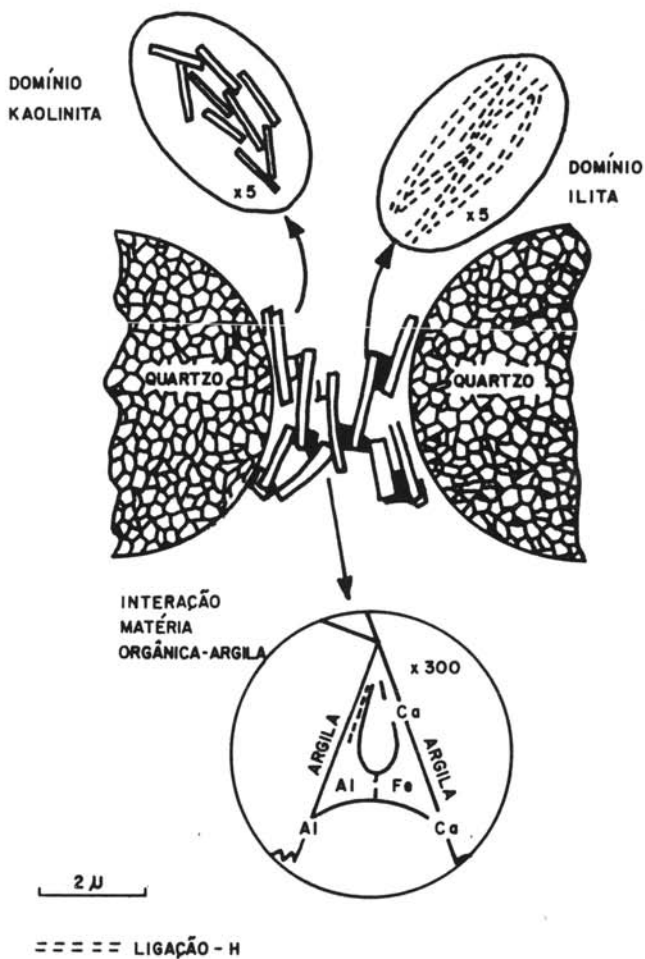
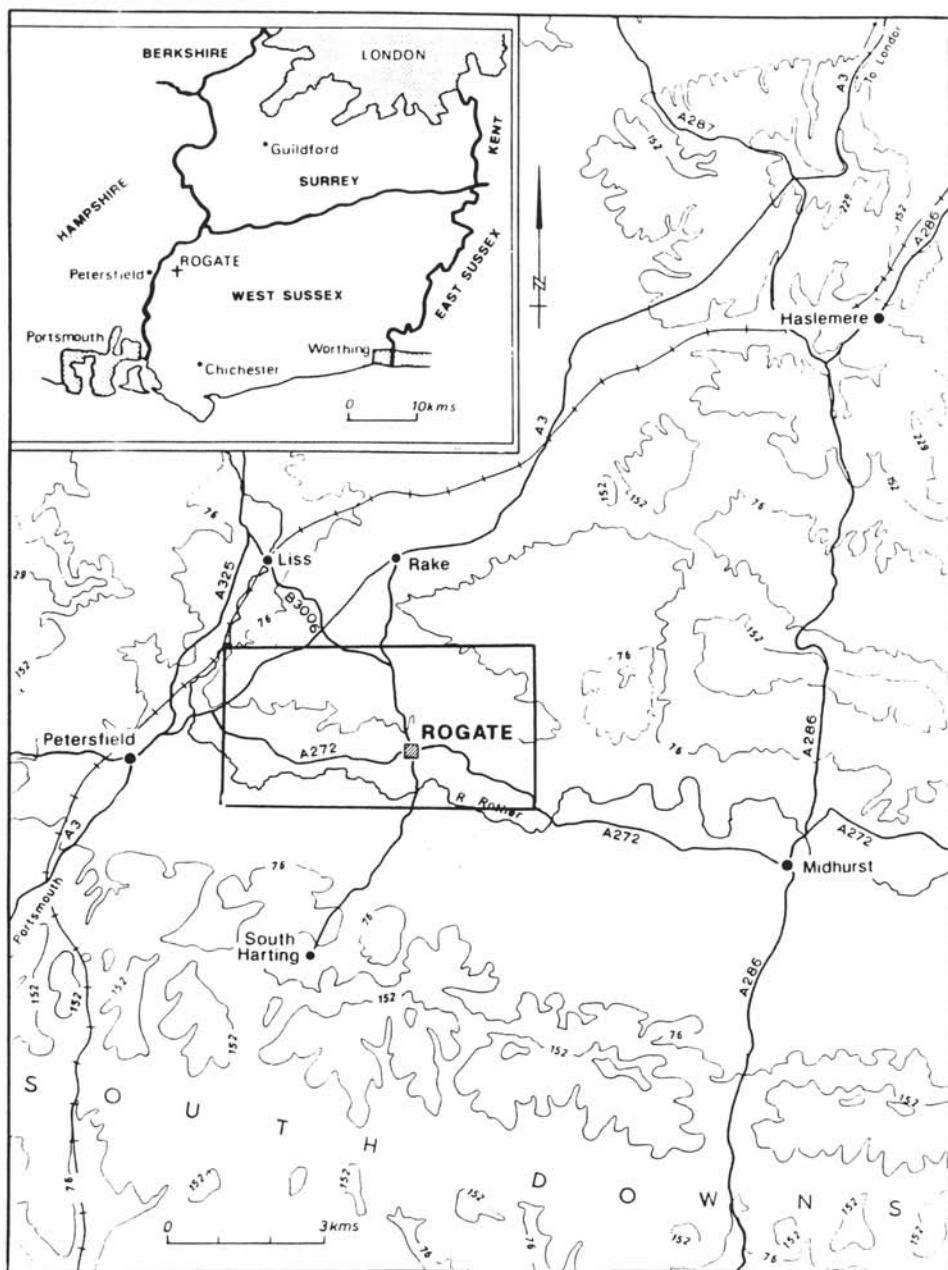


Figura 1 - MODELO DE UM AGREGADO ESTABILIZADO POR MATÉRIA ORGÂNICA E ARGILA. (FONTE : EMERSON 1977).



— 76 — CURVAS DE NÍVEL (m) ———— RODOVÍAS ———— FERROVIAS

vegetal, erosividade da chuva e uso da terra, afetam diretamente a erodibilidade do solo (Guerra, 1991). As taxas de erodibilidade dependem do teor de matéria orgânica, do teor de agregados, da formação de crostas, da força de cisalhamento e da coesão do solo.

Estudos conduzidos pelos autores mencionados acima tem indicado que a matéria orgânica é a principal responsável pela estabilidade dos agregados no solo. Embora esses autores tenham chegado à diferentes conclusões nas suas pesquisas, uma parece ser comum, isto é, que a matéria orgânica do ponto de vista quantitativo, é melhor agregadora que o teor de argila.

De Ploey e Poesen (1985) afirmam que a estabilidade dos agregados é um dos principais fatores controladores da hidrologia na superfície do solo, da formação de crostas e da erodibilidade. De acordo com os dois autores citados acima, solos com menos de 2% de matéria orgânica são geralmente marcados por baixa estabilidade de agregados. Eles também enfatizam que a agregação está mais relacionada ao teor de matéria orgânica, que ao teor de argila.

Farres (1978) explica que a evolução da ruptura dos agregados e a consequente formação de crostas está associada inicialmente, a uma redução da resistência interna dos agregados, em relação à força aplicada pelas gotas de chuva, e em seguida os agregados são quebrados em várias partículas. Essas partículas são então distribuídas de maneira que a superfície do solo fique repleta de partículas individuais resultantes da ruptura dos agregados.

Embora a maior influência seja na agregação, Hamblin e Davies (1977) assinalam que a matéria orgânica isoladamente é insuficiente para explicar diferenças na estabilidade dos agregados à água. Wischmeier e Mannering (1969) mostraram que a matéria orgânica tem maior influência na agregação dos solos, onde há um predomínio de siltes e areias. Isso demonstra a importância das argilas também como fator agregador.

A estabilidade dos agregados reduz diretamente a erodibilidade dos solos, na medida que a presença de poros entre os agregados aumenta as taxas de infiltração

diminuindo o escoamento superficial. Os agregados estáveis maiores também resistem ao impacto das gotas de chuva, diminuindo a erosão por salpimento.

O maior teor de matéria orgânica nos solos leva geralmente à formação de um maior teor de agregados, que reduz a possibilidade de formação de crostas. De acordo com Farres (1978), a formação de crostas é um dos mais importantes mecanismos que ocorre antes do escoamento superficial. A grande importância no processo erosivo, é que uma vez formadas as crostas, a superfície do solo se torna selada (sealed), diminuindo a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial.

UM ESTUDO DE CASO

A importância do teor de matéria orgânica e dos agregados é demonstrada por Guerra (1991) em um estudo, onde essas duas propriedades juntamente com textura, pH, densidade aparente, porosidade, taxas de infiltração e umidade do solo são analisadas em Rogate, West Sussex, no Sudeste da Inglaterra.

Nesse estudo, as variáveis descritas acima foram consideradas em três escalas espaciais diferentes. Primeiramente, o problema é analisado numa área de 3 km x 6 km, onde a Vila de Rogate (Figura 2) está situada no centro desse retângulo; em seguida, numa escala espacial de maior detalhamento (10 m x 10 m), uma estação experimental contendo cinco parcelas (1 m x 10 m cada um) com tratamentos diferentes foi montada em Rogate, com o objetivo de medir "runoff" e perda de sedimentos. Finalmente, numa escala mais detalhada, um simulador de chuvas portátil foi construído, e amostras de solos de diferentes fazendas em Rogate, com diferentes propriedades, foram expostas a intensidades de chuva de 50 mm h^{-1} e 70 mm h^{-1} , dentro de um flume medindo 20 cm x 100 cm, onde "runoff" e a perda de sedimentos foram medidas.

A necessidade de tal metodologia, onde a erosão dos solos é investigada sob diferentes escalas, é justificada porque existe uma dificuldade em se relacionar dados oriundos de pequenas parcelas e de simuladores de

chuvas à estratégias de manejo de longo prazo. Wolman (1985) destaca que, apesar de considerável evidência relacionando a erosão do solo à perdas na produtividade, os resultados são ainda bastante fragmentos, e consequentemente não adequados a decisões que se relacionem ao manejo da terra. Além disso, a maioria dos dados são oriundos de parcelas (plots) experimentais.

O objetivo de uma abordagem integrada, onde três escalas de observação são utilizadas, é o de melhor explicar e prever a erosão dos solos de uma forma mais globalizante e integrada. Resultados relativos ao teor de matéria orgânica e outras propriedades do solo que afetam a erodibilidade são detectados e discutidos em cada escala. A análise separada de cada conjunto de dados e informações para cada escala, juntamente com a integração dos resultados mais significativos, pode ser a resposta para uma compreensão mais global e integrada da erosão dos solos.

A presente análise considera vários casos de erosão de solos, detectados em cada uma das escalas na região de Rogate, na Inglaterra. Os exemplos mencionados levam em consideração diferentes propriedades do solo, com ênfase na matéria orgânica e agregados, diferentes usos da terra, características das encostas e erosividade das chuvas; com o objetivo de avaliar o papel de cada um no processo erosivo.

Se iniciarmos esta análise por considerar alguns resultados, aspectos comuns podem ser destacados. Por exemplo, todos os campos que sofreram erosão durante um período de 18 meses, entre 1987 e 1989 se situam em áreas de cultivo. A maioria dos solos erodidos localizam-se em encostas convexo-côncavas, entre 3° e 7° , o que concorda com os resultados de Evans e Cook (1986). Esses resultados sugerem que diferentes propriedades do solo e diferentes usos da terra tem um papel importante em causar diferentes taxas de erosão. A maioria dos solos é arenoso ou areno-siltoso, que são considerados solos de elevada erodibilidade (Evans, 1980). Outras propriedades do solo como matéria orgânica, densidade aparente e teor de agregados tiveram um papel preponderante no controle de erosão. Todos

os solos que sofreram erosão, apresentaram uma densidade aparente que varia entre 1.3 g cm^{-3} e 1.9 g cm^{-3} , baixo a médio teor de matéria orgânica, entre 2.1% e 3.8% e baixo teor de agregados entre 3.2% e 10.9%. Por outro lado, os solos que não sofreram erosão possuem de médio a alto teor de matéria orgânica (2.7% - 6.6%), elevado teor de agregados (25.2% - 36.4%) e densidade aparente que varia entre 1.0 g cm^{-3} e 1.5 g cm^{-3} .

Se considerarmos os resultados obtidos na estação experimental, onde diferentes tratamentos foram aplicados em cada uma das cinco parcelas, alguns resultados podem ser destacados. Por exemplo, a parcela que sofreu "runoff" primeiro foi a parcela 1, onde o capim foi cortado e mantido sem cobertura vegetal durante os 18 meses de monitoramento. Nenhum tratamento foi aplicado a esta parcela e em 6 meses a superfície do solo estava coberta por uma crosta. A parcela 2, que foi mantida sem cobertura vegetal, durante o monitoramento mas teve seu pH aumentado de 5.6 para 7.1, através da aplicação de calcário em pó, levou 7 meses para estar coberta por crosta e a parcela 3, também sem cobertura vegetal, mas com alto teor de matéria orgânica (6.7%), só foi coberta por crosta após 8 meses de ter iniciado o monitoramento. Isso destaca a importância do teor de matéria orgânica e dos agregados em aumentar a coesão do solo.

As quantidades de "runoff" e perda de solo em cada uma das parcelas reforçam essas noções. A parcela 1 sofreu maiores perdas de solo e de "runoff" durante todo o monitoramento (TABELA 1). Se considerarmos as 16 tempestades que provocaram erosão, houve quase sempre um decréscimo de perda de solo e de "runoff" da parcela 1 para a 5 (TABELA 1). Isso reforça o papel do teor de matéria orgânica, teor de agregados e cobertura vegetal, na erodibilidade dos solos (Bryan, 1974); Elwell e Stocking, 1976; De Ploey e Gabriels, 1980; Noble e Morgan, 1983; Brandt, 1986; Cousen e Farres, 1984; Francis, 1990; Guerra, 1991). As parcelas 4 e 5 (com trigo e capim, respectivamente) sofreram as menores quantidades de "runoff" e perda de solo.

Finalmente, se observarmos os resultados obtidos com o simulador de chuvas, as quarenta amostras que foram expostas a chuvas de 50 mm h^{-1} e 70 mm h^{-1} , mostraram

o papel das propriedades do solo e da erosividade da chuva ao afetar tanto o "runoff" como a perda de solo.

TABELA 1

TEMPESTADES, "RUNOFF" E PERDA DE SOLO

TEMPESTADES	Runoff (l m^{-2})	Parcelas					Perda de Solo (g m^{-2})	Parcelas				
		Parcelas						Parcelas				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	06/07/88	0.015	0.010	0.008	0.006	0.003	0.020	0.010	0.010	0.006	0.002	
2	22/07/88	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.010	0.010	0.008	0.004	0.002	
3	01/09/88	0.150	0.025	0.008	0.003	0.001	0.110	0.008	0.006	0.004	0.002	
4	23/09/88	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.008	0.006	0.004	0.002	0.002	
5	28/09/88	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.036	0.018	0.014	0.010	0.004	
6	09/10/88	0.140	0.013	0.021	0.038	0.006	6.500	0.600	0.120	1.140	0.030	
7	18/10/88	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.016	0.008	0.006	0.004	0.002	
8	25/02/89	0.078	0.019	0.011	0.011	0.006	0.028	0.018	0.012	0.012	0.008	
9	14/03/89	0.160	0.056	0.033	0.035	0.016	0.032	0.024	0.014	0.016	0.008	
10	20/03/89	0.027	0.014	0.009	0.008	0.003	0.020	0.016	0.012	0.008	0.004	
11	11/04/89	0.033	0.019	0.012	0.009	0.004	0.024	0.018	0.014	0.008	0.004	
12	07/07/89	0.170	0.120	0.100	0.040	0.020	12.50	4.600	3.200	0.840	0.080	
13	09/07/89	0.170	0.130	0.100	0.070	0.040	10.30	4.000	2.400	0.600	0.060	
14	10/09/89	0.060	0.030	0.030	0.020	0.010	9.000	3.800	2.200	0.220	0.040	
15	13/09/89	0.350	0.230	0.140	0.040	0.020	12.70	4.800	3.700	0.910	0.090	
16	15/09/89	0.120	0.060	0.050	0.030	0.020	9.700	3.900	2.300	0.400	0.050	

Fonte : Guerra (1991)

Nessa escala, embora diferentes resultados tenham sido obtidos em cada uma das duas intensidades, algumas propriedades do solo, especialmente o teor de matéria orgânica e de agregados, apresentaram relacionamentos significantes com os parâmetros erosivos, nas duas intensidades.

O papel do teor de silte pode também ser bem avaliado nessa escala de observação, isto é, mostrou correlações positivas significantes tanto com o "runoff", como com o total de perda do solo. Esses resultados confirmam os resultados de De Ploey (1985). Os resultados obtidos com o simulador de chuvas permitiram uma avaliação do papel de algumas propriedades do solo na erodibilidade dos solos, além de suplementar dados para o resto dessa investigação.

CONCLUSÕES

Embora as escalas relacionadas ao campo, parcelas e flume, onde a erosão dos solos foi investigada sejam diferentes, e algumas das técnicas e métodos utilizados em cada escala também sejam diferentes, é possível sobrepor e ligar alguns dos resultados e descobertas.

Os resultados obtidos em cada uma das três escalas destacam o papel de algumas propriedades do solo, especialmente o teor de matéria orgânica e de agregados, além da erosividade da chuva, no processo erosivo. Além disso, o papel da cobertura vegetal, as características das encostas e o uso da terra puderam ser avaliados, especialmente na escala relacionada à Rogate e à estação experimental. Apesar do fato de nem todos os fatores que afetam a erosão dos solos

puderam ser considerados em todas as escalas, o uso das três escalas de observação tornou possível a fixação de alguns fatores, tal como a declividade da encosta, na estação experimental e no simulador de chuvas, com o objetivo de controlar mais efetivamente os experimentos.

Embora a formação de crostas não tenha sido quantificada neste trabalho, foi observada a sua formação tanto nos campos erodidos em Rogate, na estação experimental, bem como nas amostras expostas a simulação. Além disso, o tempo para formação de crostas foi determinado para os experimentos do simulador de chuvas e apresenta correlações negativas significantes, tanto com "runoff" como com a quantidade de material erodido. Mais uma vez, o papel do teor de matéria orgânica pode ser inferido, na estruturação do solo e na consequente redução da ruptura dos agregados.

Apesar das dificuldades em se quantificar e analisar os mesmos parâmetros em cada uma das escalas, algumas propriedades do solo foram avaliadas nas três escalas. Por exemplo, não foi fácil determinar a influência da textura na erodibilidade dos solos, na estação experimental, entretanto, sua influência foi evidente nas amostras expostas à chuva simulada. Além disso, o fato da maioria dos campos erodidos em Rogate terem apresentado maiores teores de areia e silte, do que os campos não erodidos, confirma o papel da textura como um fator controlador da erodibilidade dos solos. Algumas características dos solos, tal como a acidez é muito difícil de ser avaliada em terras agrícolas, devido à aplicação de calcário. Entretanto, na estação experimental foi possível o controle desse processo, e a avaliação do papel do pH na erodibilidade do solo, porque em apenas uma das parcelas o pH foi aumentado, com a aplicação de calcário. Esse aumento causou maior estabilidade dos agregados nessa parcela, com maiores taxas de infiltração e menor "runoff" do que na parcela 1, onde o calcário não foi aplicado. Esses resultados concordam com Mitchell (1976).

A comparação entre as propriedades do solo enfatiza a importância do papel do teor de matéria orgânica na erodibilidade dos solos. Isso foi demonstrado em todas as escalas de

observação, através da sua influência na estabilidade dos agregados, na formação de crostas, na densidade aparente, na porosidade, nas taxas de infiltração, resultando na geração de "runoff" e na perda de solo.

Os resultados obtidos com essa investigação confirmam os trabalhos de De Ploey (1981 e 1985), Bryan e De Ploey (1983), Morgan (1984), Boardman e Robinson (1985), De Ploey e Poesen (1985), Evans e Cook (1986), Arden-Clarke e Hodges (1987), Robinson e Boardman (1988), Boardman (1990), Dickinson et al. (1990), Evans (1990) e Francis (1990), das seguintes maneiras: 1) a importância dos simuladores de chuvas em estudos de erosão de solos; 2) o papel que o teor de matéria orgânica e de agregados tem em dificultar a formação de crostas, a geração de "runoff" e a perda de solo; 3) o papel da erosividade da chuva na erosão do solo; 4) a grande vulnerabilidade das encostas com gradiente entre 3° e 7°, 5) a importância das parcelas (plots) nos estudos de erosão; 6) o papel que outras propriedades, além do teor de matéria orgânica, tem na erodibilidade dos solos; 7) a importância da cobertura vegetal em prevenir, ou dificultar a erosão dos solos.

Agradecimentos - Ao CNPq pela concessão de Bolsa de Doutorado na Universidade de Londres, entre 1986 e 1990, onde o referido trabalho foi desenvolvido.

BIBLIOGRAFIA

- ARDEN-CLARKE, C. & HODGES, D. (1987). Soil erosion: The answer lies in organic farming. *New Scientist*, 42-43.
- BENTLEY, O.G. (1985). Soil erosion and crop productivity: A call for action. *Soil erosion and crop productivity*. Eds.: R.F. Follet e B.A. Stewart, 1-7.
- BOARDMAN, J. (1983). Soil erosion at Albourne, West Sussex, England. *Applied Geography*, 3, 317-329.
- BOARDMAN, J. (1990). Soil erosion on the South Downs: A review. *Soil erosion on agricultural land*. Eds.: J. Boardman, I.D.L. Foster e J.A. Dearing, 87-105.
- BOARDMAN, J. & ROBINSON, D.A. (1985). Soil erosion, climatic vagary and agricultural change on the Downs around

- Lewes and Brighton, autumn, 1982. *Applied Geography*, 5, 243-258.
- BRANDT, C.J. (1986). Transformation of the kinetic energy on rainfall with variable tree canopies. Tese de Doutorado, Universidade de Londres, 444 p.
- BRYAN, R.B. (1974). Water erosion by splash and the erodibility of Albertan soils. *Geog. Annaler*, 56A, 159-181.
- BRYAN, R.B. & DE PLOEY, J. (1983). Comparability of soil erosion measurements with different laboratory rainfall simulators. Rainfall simulation, runoff and soil erosion. Editor: J. De Ploey, *Catena Supplement*, 4, 33-56.
- CHANEY, K. & SWIFT, R.S. (1986). Studies on aggregate stability II. The effect of humic substances on the stability of re-formed soil aggregates. *Journal of Soil Science*, 37, 2, 337-343.
- COUSEN, S.M. & FARRES, P.J. (1984). The role of moisture content in the stability of soil aggregates from a temperate silty soil to raindrop impact. *Catena*, 11, 313-320.
- DAVIES, P. (1985). Influence of organic matter content, moisture status and time after reworking on soil shear strength. *Journal of Soil Science*, 36, 2, 299-306.
- DE PLOEY, J. (1981). Crusting and time dependent rainwash mechanisms on loamy soil. *Soil conservation: Problems and prospects*. Editor: R.P.C. Morgan, 139-152.
- DE PLOEY, J. (1985). Experimental data on runoff, generation. *Soil erosion and conservation*. Eds.: S.A. Swaffy, W.C. Moldenhauer e A. Lo, 528-539.
- DE PLOEY, J. & GABRIELS, D. (1980). Measuring soil loss and experimental studies. *Soil erosion*. Eds.: M.J. Kirkby e R.P.C. Morgan, 63-108.
- DE PLOEY, J. & POESEN, J. (1985). Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. *Geomorphology and soils*. Eds.: K.S. Richards, R.R. Arnett e S. Ellis, 99-120.
- DICKINSON, W.T., WALL, G.J. & RUDRA, R.P. (1990). Model building for predicting and managing soil erosion and transport. *Soil erosion on agricultural land*. Eds.: J. Boardman, I.D.L. Foster e J.A. Dearing, 415-428.
- ELWELL, H.A. & STOCKING, M.A. (1976). Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rodhesia. *Geoderma*, 15, 61-70.
- EMERSON, W.W. (1977). Physical properties and structure. *Capítulo 5. Soil factors in crop productivity in a semi-arid environment*. Eds.: J.S. Russel e E.L. Greacen, 78-104.
- EPSTEIN, E. & GRANT, W.J. (1967). Soil losses and crust formation as related to some physical properties. *Proceedings of Soil Science Society of America*, 31, 547-550.
- EVANS, R. (1980). Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical viewpoint. *Soil erosion*. Eds.: M.J. Kirkby e R.P.C. Morgan, 109-128.
- EVANS, R. (1990). Water erosion in British farmer's fields-some causes, impacts, predictions. *Progress in Physical Geography*, 14, 2, 199-219.
- EVANS, R. & COOK, S. (1986). Soil erosion in Britain. *Seesoil, The Journal of the South East England Soil Discuss Group*, 3, 28-58.
- FARRES, P.J. (1978). The role of time and aggregate size in the crusting process. *Earth Surf. Proc.*, 3, 243-254.
- FRANCIS, C. (1990). Soil erosion and organic matter losses on fallow land: a case study from South-East Spain. *Soil erosion on agricultural land*. Eds.: J. Boardman, I.D.L. Foster e J.A. Dearing, 331-338.
- GREENLAND, D.L., RIMMER, D. & PAYNE, D. (1975). Determination of the structural stability class of English and Welsh Soils using a water coherence test. *J. Soil. Sci.*, 26, 294-303.
- GUERRA, A.J.T. (1991). Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content. Tese de Doutorado, Universidade de Londres, 441 p.
- HAMBLIN, A.P. & DAVIES, D.B. (1977). Influence of organic matter on the physical properties of some East Anglian soils of high silt content. *J. Soil Sci.*, 28, 11-22.
- HARTMANN, R. & DE BOODT, M. (1974). The influence of the moisture content, texture and organic matter on the aggregation on sandy and loamy soils. *Geoderma*, 11, 53-62.
- IMESON, A.C. & KWAAD, F.J.D.M. (1990). The

- response of tilled soils to wetting by rainfall and the dynamic character of soil erodibility. Soil erosion on agricultural land. Eds.: J. Boardman, I.D.L. Foster e J.A. Dearing, 3-14.
- MITCHELL, K.K. (1976). Fundamentals of soil behaviour. John Wiley and Sons, New York, 422 p.
- MORGAN, R.P.C. (1984). Soil degradation and erosion as a result of agricultural practice. *Geomorphology and soils*. Eds.: K.S. Richards, R.R. Arnett e S. Ellis, 379-395.
- NOBLE, C.A. & MORGAN, R.P.C. (1983). Rainfall interception and splash detachment with a Brussels Sprout plant: a laboratory simulation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 8, 569-577.
- REYNOLDS, S.G. (1990). The influence of forest-clearance methods, tillage and slope runoff on soil chemical properties and banana plant yields in the South Pacific. *Soil erosion on agricultural land*. Eds.: I.D.L. Foster e J.A. Dearing, 339-350.
- ROBERTS, N. & LAMBERT, R. (1990). Degradation of Dambo soils and peasant agriculture in Zimbabwe. *Soil erosion on agricultural land*. Eds.: J. Boardman, I.D.L. Foster e J.A. Dearing, 537-558.
- ROBINSON, D.A. & BOARDMAN, J. (1988). Cultivation practice, season and soil erosion on the South Downs, England: A preliminary study. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 110, 169-177.
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33, 2, 141-163.
- VERHAEGEN, T. (1984). The influence of soil properties on the erodibility of Belgian Loamy soils: a study based on rainfall simulations / experiments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 9, 499-507.
- VORONEY, R.P., VEEN, J.A. & PAUL, E.A. (1981). Organic carbon dynamics in grassland soils. II model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian J. Soil Sci.*, 61, 211-224.
- WISCHMEIER, W.H. & MANNERING, J.V. (1969). Relation of soil properties to its erodibility. *Proceedings of Soil Science of America*, 33, 131-137.
- WOLMAN, M.G. (1985). Soil erosion and crop productivity: a worldwide perspective. *Soil erosion and crop productivity*. Eds.: R.F. Follet e B.A. Stewart. *American Society of Agronomy, S.S.S.A.*, 9-21.