

CARACTERIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA DO PROCESSO EROSIVO EM TRÊS DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS. RIO CLARO - SP

Lúcio A. PEREIRA¹
Jairo R. J. RUEDA²

RESUMO

Foi realizada uma caracterização micromorfológica do processo erosivo em três talhões de estrutura vegetal diferentes: (*Eucalyptus citriodora*, de 1940; *Eucalyptus citriodora*, de 1990 e uma mata nativa). A metodologia foi desenvolvida pelos autores e consiste em coletas de material erodido em variações micromorfológicas nas denominadas "zonas de acúmulo", que acompanham a topografia do terreno, formando patamares. Foi verificado que ocorre o processo erosivo nas 3 áreas na forma de micro-sulcos, canalículos e leques, estando sempre associados a um processo fundamental (sulco ou laminar). As análises mostram que o processo de transporte de sedimentos é na forma de grumos (complexos argilo-húmicos) nos talhões de *Eucalyptus citriodora* (1940) e na mata nativa; e na forma de agregados (argilo-minerais) no talhão de *Eucalyptus citriodora* (1 ano).

Palavras-chave: Micromorfologia, erosivo, zonas de acúmulo, grumos, agregados.

ABSTRACT

A micromorphological characterization of the erosive process was made in three different lots of land with different vegetable structures: (*Eucalyptus citriodora*, of 1940, *Eucalyptus citriodora*, of 1990 and a native wood). The methodology was developed by the authors and consist on collections of materials eroded in micromorphologicals on the denominated "accumulation zones" which accompany the topography of the ground, forming plateforms. It was verified the occurrence of an erosive process in the three areas in form of microfurrow, small chamer and fans, always associated to the fundamental process (furrow or roll). The analysis show that the process of transportation of sediment is made in the form of grume (clay-humic complexes) on land lots with culture of *Eucalyptus citriodora*, (1940), and native wood and in form of aggregation (clay-minerals) in land lots with culture of *Eucalyptus citriodora* (1 year).

Key words: Micromorphology, erosive, accumulation zones; grume, aggregation.

1 INTRODUÇÃO

O grande estímulo dado à agricultura nestas últimas décadas fez com que a fronteira agrícola, principalmente a monocultura, incorporasse os solos de vegetação natural aos solos agrícolas já existentes. Os reflorestamentos homogêneos (florestas energéticas), principalmente de *Eucalyptus*, tiveram um aumento considerável em hectares plantados. Essa expansão veio acompanhada, na maioria das vezes, com um uso predatório, que contribuiu para um desequilíbrio e conseqüente perda de produtividade dos solos, pelos efeitos da erosão.

Em condições tropicais e subtropicais, como é o caso do Brasil, o principal desequilíbrio que afeta diretamente o solo e água refere-se às relações solo-clima-vegetação. Sendo, portanto, o agroecossistema um sistema geomorfológico aberto apresentando interligações entre formas e processos faz-se necessário conhecer essa dinâmica, caracterizando seus componentes.

A proteção do solo é um fator inerente à vegetação,

onde a efetividade da cobertura é proporcional a sua quantidade de distribuição, sendo as perdas de solo e água proporcionais à área exposta. A vegetação é responsável, também, pelo fornecimento da matéria orgânica bruta, que a longo prazo determina a massa e a qualidade do húmus (DUCHAUFOR, 1965). A matéria orgânica, assim como a argila, funciona como agente cimentante, forçando a agregação das partículas individuais em partículas compostas ou agregadas. O complexo argilo-húmico é um componente importante na gênese da estrutura do solo, formando complexos estáveis, sendo esta uma característica que confere ao solo uma maior ou menor suscetibilidade à erosão.

Os ecossistemas terrestres, nos países tropicais, não possuem uma predição completa a respeito de sua compartimentação, fluxos entre esses compartimentos e sua capacidade de recuperação quando submetidos a diferentes usos. A falta dessas informações tem sido causa de frustradas tentativas de utilização racional desses ecossistemas. A estimativa desses parâmetros é de imprescindível importância para um uso controlado dos recursos naturais. Assim, considerando os níveis distintos de manejo e suas principais limitações deriva-

(1) Bacharel em Ecologia - UNESP - Rio Claro-SP.

(2) Prof. Dr. do Curso de Geologia, Depto. Geologia Aplicada, UNESP - Rio Claro-SP.

das do condicionamento ecológico, permite a recuperação, uso e melhor conhecimento de sua dinâmica.

Os objetivos deste trabalho são: qualificar o processo erosivo e correlacionar com o tipo e quantidade de matéria orgânica e suas implicações com o processo erosivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área do estudo localiza-se no Horto Florestal "Navarro de Andrade" (FEPASA), Rio Claro-SP. Os talhões escolhidos estão sob o mesmo tipo de solo (Latosolo Roxo), sendo um talhão de *Eucalyptus citriodora*, plantado em 1940 (A); um talhão de *Eucalyptus citriodora*, plantado em 1990 (B); e um talhão de mata nativa (M). A metodologia para as coletas foi desenvolvida pelos autores e consiste em coletas de material erodido em variações micro-morfológicas nas denominadas "zonas de acúmulo", que acompanham a topografia do terreno, formando patamares. As coletas foram realizadas nas intersecções das "zonas de acúmulo" com retas equidistantes traçadas no sentido topo-vergente.

Para as coletas de solo seguiu-se o Manual da Ciência do Solo (2ª ed.), que para cada ponto foram de: perfil até 1 m, horizonte "A" e material transportado; num quadrado de 2 x 2 m.

Foram realizadas análises físicas para: limite líquido, limite plástico e índice de plasticidade e as análises química para obter: carbono orgânico total, nitrogênio total, matéria orgânica total, relação carbono/nitrogênio e pH.

3 RESULTADOS

Obtiveram-se os dados climáticos de temperatura e precipitação pluviométrica mensais para um período de 22 anos (1969 - 1991) e para o período de coletas (janeiro - agosto de 1991), onde foram elaborados climatogramas. O período de coletas foi separado por duas estações: janeiro a abril (úmido); maio a agosto (seco). Para o município, o diagrama climático mostrou

inexistência de estiagem durante os últimos 22 anos.

TALHÃO A

A areia apresenta-se em maior porcentagem no horizonte "A", com 23,20%, seguido do sedimento erodido, 21,09%, e do perfil, com 19,45%. A fração silte mostrou-se com pouca variação nos três itens. A porcentagem de argila é elevada para os três itens, apresentando o perfil com o maior índice seguido dos outros dois. A matéria orgânica é maior, com 8,01%, enquanto o sedimento erodido apresenta 7,31. O pH e o Δ pH mostram-se com pequena diferença do sedimento erodido para o horizonte "A". A relação carbono/nitrogênio indica ser maior para o horizonte "A". O limite líquido mostra-se maior no horizonte "A", seguido do sedimento erodido e do perfil. O limite plástico acompanha as oscilações do limite líquido, apresentando o horizonte "A" maior índice.

TALHÃO B

A fração areia mostra-se com maior índice no sedimento erodido, seguido do horizonte "A" e por último do perfil. O silte mostra-se com pequena diferença de porcentagem entre sedimento erodido e horizonte "A", indicando maior valor para o perfil. O índice para argila é alto também, apresentando o perfil maior índice. Matéria orgânica, relação carbono/nitrogênio, pH e Δ pH praticamente são iguais tanto para sedimento erodido quanto para horizonte "A". O limite plástico mostra-se maior no perfil e com menores índices e próximos, o sedimento erodido e o horizonte "A". O limite plástico apresenta-se com pouca variação, mas tendendo a ser maior no perfil.

Este talhão teve um corte raso e total da madeira e, após sua remoção, foi utilizada a técnica do fogo para limpeza da área. Esta limpeza ocorreu entre os meses de outubro/novembro de 1990 com novo plantio em janeiro de 1991.

TALHÃO M

A areia indica maior índice no horizonte "A", apresentando o sedimento erodido e perfil com pouca diferença. A fração silte é maior no sedimento erodido, seguido do horizonte "A" e por último do perfil. A argila total também possui um índice alto nos três itens, apre-

TABELA 1 - Totais das frações de areia, silte, argila, M.O., pH, Δ pH, carbono/nitrogênio, limite líquido e limite plástico para erosão, horizonte "A" e perfil do talhão A

PTO/FR	AREIA	SILTE	ARGILA	M.O.	pH	Δ pH	C/N	LL	LP
EROSÃO	21,19	14,55	64,20	7,31	5,0	-0,8	12,7	52,26	40,22
H.A.	23,30	14,09	62,69	8,01	5,1	-0,8	11,6	57,50	43,93
PERFIL	19,45	13,28	67,29	-	-	-	-	49,37	37,46

TABELA 2 - Totais das frações de areia, silte, argila, M.O., pH, Δ pH, carbono/nitrogênio, limite líquido e limite plástico para erosão, horizonte "A" e perfil do talhão B

PTO/FR	AREIA	SILTE	ARGILA	M.O.	pH	Δ pH	C/N	LL	LP
EROSÃO	20,38	12,47	67,15	3,97	6,3	0,8	11,8	45,69	35,84
H.A.	18,83	12,09	66,79	3,96	6,3	0,7	11,6	46,13	36,29
PERFIL	15,99	8,45	76,51	-	-	-	-	49,83	36,62

TABELA 3 - Totais das frações de areia, silte, argila, M.O., pH, ΔpH, carbono/nitrogênio, limite líquido e limite plástico para erosão, horizonte "A" e perfil do talhão M

PTO/FR	AREIA	SILTE	ARGILA	M.O.	pH	ΔpH	C/N	LL	LP
EROSÃO	20,91	16,42	62,66	7,50	6,9	-0,8	11,7	40,53	30,44
H.A.	24,04	15,77	60,22	8,04	6,8	-0,6	11,7	41,95	27,95
PERFIL	21,13	12,37	66,04	-	-	-	-	37,69	21,63

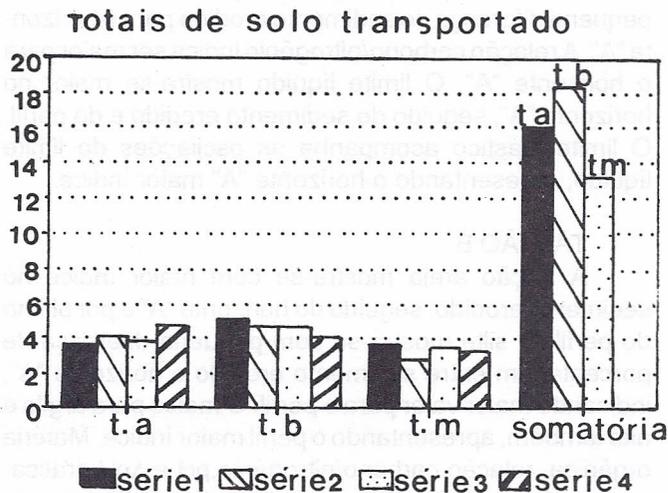


FIGURA 1 - Totais de Material transportado por cada talhão

sentando-se o perfil com maior índice. Matéria orgânica, pH, ΔpH e a relação carbono/nitrogênio mostram-se com pequenas diferenças entre sedimento erodido e horizonte "A". O limite líquido apresenta, também, pequena diferença entre horizonte "A" e sedimento erodido e por último com menor índice o perfil. Já o limite plástico decresce do sedimento erodido para o horizonte "A" e deste para o perfil que apresenta menor índice (TABELA3).

4 DISCUSSÃO

Nas três áreas de estudo, o processo erosivo ocorre nas formas micro-sulcos, canalículos e leques, podendo estar associadas, porém, apresentando sempre um processo fundamental relacionado com o relevo, vegetação e a ocupação do solo.

Os sedimentos erodidos são normalmente constituídos de partículas primárias individualizadas (areia, silte e argila) e partículas secundárias (agregados de partículas primárias) (SWANSON et. alii, 1965). A quantidade e o tamanho dos sedimentos transportados pela enxurrada estão em função da velocidade do escoamento superficial da água e sua turbulência, os quais são influenciados pela rugosidade superficial, declividade e cobertura do solo (LOPES et. alii, 1987). A principal correlação entre cobertura vegetal e processos erosivos é fundamentalmente definida pela presença de complexos argilo-húmicos presentes na forma de grumos. Quanto mais intensa for a decomposição da serrapilheira, maior será seu efeito agregante sobre o solo. Segundo

DUCHAUFOR (1965), a quantidade e a natureza da matéria orgânica presentes no solo, determinam, em grande parte, as características deste. KIEHL (1979) cita que existe no solo um conjunto orgânico, que compreende os fragmentos semitransformados e as substâncias húmicas verdadeiras. No curso da decomposição, formam-se substâncias coloidais que desempenham papel fundamental na estabilidade dos complexos argilo-húmicos, contribuindo ainda para troca iônica do solo, manutenção os cátions sob forma trocável. No entanto, PRIMAVESI (1985) cita que por si o húmus não tem efeito agregante, este efeito depende do tipo de argila.

Na área do presente trabalho, ocorre a argila do grupo da caulinita, sua estrutura é do tipo não expansiva, apresentando baixa atividade, ou seja, não há forte atração entre as partículas, podendo ser transportadas com maior dificuldade sob ação da água de enxurrada. Este fato através dos limites líquido e plástico indica a erodibilidade do solo e o tipo de manejo que deve ser aplicado.

De acordo com GARAVITO (1979), baseado em DUCHAUFOR (1960), nos três talhões estudados ocorre húmus do tipo Mull Florestal. O composto que integra este húmus produz uma estrutura no solo pouco estável alterando-se rapidamente. Sua estrutura e consistência é grumosa ou formada por agregados argilo-húmicos. A humificação e as características bioquímicas da síntese biológica são medianas. A relação C/N compreende os valores de 10 - 15, indicando alta mineralização e, em consequência, pouca acumulação de matéria orgânica fresca. A relação S/T está entre 20 à 60%; esta relação ajuda na caracterização do húmus, que possui saturação de mediana a baixa, definindo-o como subtipo ácido.

De acordo com a citação anterior, o autor estabelece que o pH esteja entre 5,0 e 6,5. Porém no presente estudo, este apresentou variações entre os talhões. O talhão A apresentou pH entre 5,0 a 5,1; o talhão B entre, 6,3; e o talhão M, 6,9 a 6,8. O ΔpH (Δ delta pH) para todos os talhões foi negativo, indicando predominâncias de argilas silicatadas. A amplitude de variação entre duas determinações de pH é pequena, indicando que a quantidade de alumínio é baixa (KIEHL, 1979).

O pH é um fator que condiciona o meio onde se altera o material orgânico e que influencia, através de sua relação, com os microrganismos, a saturação, a concentração em cátions, etc. Este fator pode ser substituído por condições favoráveis de alteração e deve considerar-se não como um fator direto, associado ao húmus, mas sim como meio onde se forma e se altera

(GARAVITO, 1979). Assim, as oscilações de pH entre os talhões podem estar associadas com alguns dos fatores citados acima ou ainda podem estar relacionadas ao tipo de húmus diferente em função do tempo de decomposição da matéria orgânica em cada talhão.

A metodologia empregada neste presente trabalho não possibilita afirmar diretamente qual o fator ou fatores que estão atuando para que ocorram as oscilações.

No curso de cada ciclo anual, o solo recebe certa quantidade de matéria orgânica. Em um ecossistema em equilíbrio, estes depósitos são necessariamente iguais à produtividade líquida, pois a biomassa deve permanecer constante. A acumulação de substâncias húmicas pode ocorrer de diferentes formas: difusa em revestimentos orgânicos (geralmente em mescla com argilas e sesquióxidos) e em pequenos grânulos (20 - 50 μm). Esta acumulação pode ocorrer em profundidade ou simplesmente "translocar-se" através do horizonte "A". A espessura deste horizonte dependerá, portanto, da natureza do húmus e de seu "regime" de migração (GARAVITO, 1979). A capacidade de migração dos elementos no solo está determinada pela natureza dos ácidos húmicos e seu conteúdo em ferro e alumínio e pela natureza dos cátions (VOLOBUYEV, 1970).

Assim, as variações nas porcentagens de matéria orgânica em cada talhão são devidas a estes fatores associados às necessidades minerais de cada cobertura vegetal, que retira do solo elementos essenciais.

O enriquecimento da matéria orgânica não se produz com rapidez constante no curso da pedogênese; varia na proporção em que se aproxima de um certo nível de equilíbrio, definido pelas características do ecossistema. Este nível de equilíbrio tende a ser mais elevado segundo os sistemas, variando de solo, talvez pela sua textura, e um mesmo método de conservação do solo pode ser eficaz ou não, segundo os casos (RUSSELL, 1954).

As áreas de reflorestamento depois de implantadas e após um período de desenvolvimento inicia cobrem totalmente o solo com serrapilheira. Nesta situação, mesmo em grandes declividades ou solos de alta erodibilidade, as perdas de terra são mínimas. Se após a colheita os resíduos não forem queimados ou removidos da superfície, a proteção também é boa. Por outro lado, no período de implantação da floresta, no qual o solo pode ficar descoberto, as perdas por erosão podem ser maiores, principalmente se o preparo da área incluir o sistema de queima; mas se houver uma incorporação imediata das cinzas ao solo, isto pode ajudar a reduzir o processo erosivo, devido à formação de complexos orgânicos (ALOISI & SPAROVEK, 1990). Isto vem diretamente ao encontro com o que ocorreu no talhão B, onde houve queima de resíduos e uma "lavagem" da área pelas chuvas, não havendo incorporação no solo.

Estudando o processo de recomposição de um ecossistema florestal a partir do corte raso, BORMAN & LIKENS (1979) citam que o novo ecossistema passa por quatro fases principais. Com o corte raso há uma perda direta e indireta de biomassa. A segunda fase caracteriza-se pela acumulação e máximo crescimento de biomassa. Depois de uma fase de transição, durante a qual ocorrem oscilações e um ligeiro declínio da biomassa,

o novo ecossistema atinge a fase da maturidade. A citação anterior mostra o comportamento dos dois talhões estudados no presente trabalho. O talhão B está em transição entre a primeira fase (reorganização) e a segunda fase (acumulação) e o talhão A na última fase, indicando estabilidade do sistema.

Há uma vasta bibliografia sobre trabalhos que correlacionam perdas de solo com tipo de cultura e manejo. Todos eles, indicam que o processo erosivo ocorre e que está associado principalmente à cobertura vegetal, apresentando-se com maior ou menor intensidade.

Esta cobertura vegetal, em contato com a superfície do solo, atua como barreira física ao livre escoamento da enxurrada, aumentando a tortuosidade do fluxo e permitindo que se acumule mais uniformemente. A distribuição dos sedimentos transportados varia de acordo com seu tamanho e com a textura do solo (LOPES, 1987). A rugosidade superficial do solo induzida pelo preparo e pelo grau de consolidação da superfície influencia grandemente a distribuição e tamanho dos sedimentos erodidos (ALBERTS et alii, 1980; COGO, 1981). De acordo com ALBERTS et alii (1980), a porcentagem de material grosseiro transportado é menor que a quantidade de material fino, variando de acordo com o gradativo aumento da cobertura vegetal.

Portanto, as partículas do solo não são igualmente deslocadas no processo de transporte pela água. As partículas mais finas, vencida a força de coesão que as une formando agregados menores, são facilmente transportadas. As partículas maiores, contrariamente, oferecem maior superfície, onde passam a reduzir a erosão, por reduzir o efeito de impacto das gotas d'água (RESENDE, 1985).

De acordo com RESENDE (1985), a fração areia fina possui facilidade em ser deslocada e transportada. As frações argila e até certo ponto o silte tendem a estar na forma de agregados, dificultando o deslocamento. Entretanto, destruídos estes agregados, pelo impacto da chuva, aumenta a facilidade de deslocamento. A areia grossa pode sofrer movimentação a curta distância, mas deposita-se com maior facilidade.

Baseado em WISCHMEIER et alii (1972), RESENDE (1985) comenta que a erodibilidade do solo aumenta substancialmente com o teor de silte mais areia fina, de forma bem menos pronunciada com o teor de areia. O processo diminui muito pronunciadamente com o teor de matéria orgânica, quando os teores de silte mais areia fina são elevados, e aumenta com a granulicidade da estrutura. O material mais erodível teria altos teores de silte mais areia fina, altos teores de areia e baixos teores de matéria orgânica com estrutura muito pequena.

No presente estudo foram verificadas, diferenças em porcentagens das frações analisadas do sedimento erodido. Nos três talhões, os índices de silte e areia são baixos e com pequena variação entre si. As frações de argila são altas e a matéria orgânica é maior nos talhões A (*E. citriodora*, 1940) e talhão M (Mata nativa) e menor no talhão B (*E. citriodora*, 1990). Portanto, baseando-se nas citações anteriores e nos resultados obtidos, a erodibilidade da área de estudo é baixa nos talhões A e M e mais pronunciada no talhão B.

Tomando como referência a mata nativa e comparando-a com os dois talhões, o talhão A se mostrou com comportamento semelhante ao da mata, quanto ao processo erosivo e estabilidade do sítio. O talhão B, por ser jovem e devido ao tipo de manejo ao qual foi submetido, mostra-se alterado, principalmente em relação à taxa de matéria orgânica, indicando a influência da vegetação no processo erosivo, que mostrou-se mais intenso devido às condições desse ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTS, E. E.; MOLDENHAUER, W. C. & FOSTER, G. R., 1987. Soil aggregates and primary particles transported in rill and interill flow. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madson, Vol. 11, nº 2, 193-197 p.
- ALOISI, R. R. & SPAROVEK, G., 1990. Conservação do solo - Apostila teórica II. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. 11 p.
- BORMANN, F. H. & LIKENS, G. E., 1979. *Pattern and Process in a Forested Ecosystem*. New York. Springer-Verlag, 253 p.
- COGO, N. P., 1981. Effect of residue cover, tillage - induced roughness and slope length on erosion and related parameters. In: R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, 1981, 11 (2): 193-197.
- DUCHAUFOR, P., 1960. *Précis de Pedologie*. Paris, 481p.
- DUCHAUFOR, P., 1965. *Précis de Pedologie*. Paris, 481p.
- EMBRAPA, 1979. *Manual de Métodos de Análise do Solo*. 1979.
- GARAVITO, N.V., 1975. *Química del Suelo*. Mérida. INSTITUTO GEOGRÁFICO "AUGUSTIN CODOZZI", DIREÇÃO AGROLÓGICA., 1973. *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos* (3ª ed. corrigida e aumentada). Bogotá.
- KIEHL, E.J. 1979. *Manual de Edafologia*. São Paulo, 269 p.
- LOPES, P. R.; COGO, N. P. & CASSOL, E. A., 1987. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. R. bras. Ci. Solo. Campinas, SP, 1987, 11 (2): 194-197.
- PRIMAVESI, A., 1984. *Manejo ecológico do solo*. São Paulo.
- RESENDE, M., 1985. *Aplicações de Conhecimentos Pedológicos Aplicados à Conservação do Solo*. Informe Agropecuário, EPAMIG, Belo Horizonte, 11 (128).
- RUSSEL, G. S., 1954. *Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas*. Madri, 770p.
- VOLUBUYEV, V. R., 1975. A system of types of organomineral reactions. In: Garavito, N.V. Inst. Geogr. "Augustin Codozzi", Dir. Agrológica. Mérida.
- WARREN FORSYTHE INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIÊNCIAS AGRÍCOLAS., 1975. *Manual del Laboratorio para Física del Suelos*. San Jose - Costa Rica.
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D., 1972. *Predicting rainfall - erosion losses from cropland east of rocky mountain*. Agriculture handbook, Washington, 47 p.