

PREVISÃO DE PERDAS DE SOLO E ESTIMATIVA DE ASSORAMENTO EM RELAÇÃO A CARACTERÍSTICAS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA*

JOSÉ RONALDO SILVA**
OCTÁVIO FREIRE***

RESUMO

Uma bacia hidrográfica de 46,3 ha, localizada em Piracicaba (SP), foi subdividida em áreas de classes de gradientes uniformes para amostrar e definir valores para os parâmetros da equação universal de perdas de solo, relacionados com características representativas de erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, topografia, manejo das culturas e práticas conservacionistas. Fotogrametria e fotointerpretação aliadas a análises de laboratório e de campo indicaram estas características de cada subárea da bacia hidrográfica, onde computou-se a erosão através da equação de perdas de solo. A massa de sedimentos anualmente depositada no reservatório d'água situado na bacia hidrográfica foi estimada através de uma relação de transferência de sedimentos relacionada com o tamanho da área de drenagem e com a erosão total. A eficiência do controle da erosão, proporcionada pelos terraços e pela floresta, foi confirmada mesmo nos declives mais fortes, e esta vegetação e gramíneas foram indicadas para

áreas onde a cobertura vegetal inadequada aumentava as perdas de solo. Essa mudança na cobertura vegetal manteria as perdas de solo abaixo de 2,2 t/ha/ano, um limite que não provocaria poluição no reservatório. A taxa de erosão em todas as subáreas da bacia hidrográfica totalizou 1.018,6t/ano, produzindo uma quantidade de 407,5 t de sedimentos por ano. Essa taxa de assoreamento não ameaça o reservatório, mesmo a longo prazo. Entretanto, a quantidade de sedimentos afetaria muito a qualidade da água e provocaria a depleção da capacidade de armazenamento do reservatório em um volume suficiente para o abastecimento anual de 10 pessoas ou de 90 ovelhas.

SUMMARY

SOIL LOSS PREDICTION AND SEDIMENTATION ESTIMATE RELATED TO CHARACTERISTICS OF A WATERSHED

A watershed of 46,3ha located in Piracicaba, São Paulo State, Brazil, was subdivided into areas of uniform gradient classes in order to sample and define values for the universal soil loss equation parameters related to its representative characteristics of rainfall erosivity, soil erodibility, topography, crop management and conservation

* Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Univer. de SP.

** Professor do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Bolsista do CNPq.

*** Professor do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Univer. de São Paulo.

practices. Photogrammetry and photointerpretation allied to field and laboratory analysis indicated these characteristics of each subarea of watershed where erosion was computed by means of the soil loss equation. An annual sediment load in the water-reservoir located in the watershed was estimated through a sediment delivery ratio related to the drainage area size and gross soil erosion. Effectiveness of erosion control provided by terraces and forest was confirmed even for the steeper slopes and this vegetation and grasses were indicated to areas where inadequate vegetal cover increased soil loss. This change in vegetal cover would hold soil loss below 2,2t/ha/yr a limit that would not cause sediment pollution in the reservoir. Rate of erosion in all subareas of the watershed amounted 1018,6t/year producing an estimated sediment yield of 407,5 t/year. This rate of sedimentation does not menace the reservoir even on a long term basis. Nevertheless, the quantity of sediment would greatly affect the water quality and deplete the reservoir storage in a volume large enough for an annual water supply for 10 persons or 90 sheeps.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas de Solo, assoreamento, erosão, relação de transferência de sedimentos, topografia, abastecimento d'água, poluição, qualidade da água.

INTRODUÇÃO

A desagregação e o transporte de partículas de solo pelo efeito do impacto das gotas de chuva e pela turbulência das enxurradas, constituem o início do processo de erosão pela água. Os prejuízos ocasionados pela erosão não se restringem somente às perdas de solo. Da fase final desse processo ocorrem também danos ao meio ambiente e limitações à captação e aproveitamento das águas em consequência da acumulação de sedimentos em rios, portos e represas.

Os sedimentos, em geral provenientes do incorreto uso da terra no que concerne à metodologia conservacionista, prejudicam os organismos aquáticos, obstruem rodovias e canais de drenagem e assoreiam cursos d'água e açudes, diminuindo sua capacidade de armazenamento e aumentando os riscos de inundação (BARRETO et alii²; HUNGRIA & LOBERTO⁹; SILVA & PAIVA¹⁹). Em consequência, são elevados os custos do processo de recuperação de fontes de suprimento d'água para consumo urbano, agrícola e industrial.

Existem evidências de que as perdas de solo estejam altamente correlacionadas com o assoreamento de reservatórios, não obstante, as estimativas dessa poluição por sedimentos ainda apresentarem controvérsias em termos de metodologia de previsões. Por essa razão, vem sendo utilizada a equação universal de perdas de solo, associada à relação de transferência de sedimentos, numa tentativa de estimar a quantidade dessas partículas que, efetivamente, são depositadas em reservatórios e cursos d'água, no estágio final do processo erosivo. Deve-se reconhecer que o emprego dessas equações empíricas apresentam limitações muitas vezes associadas à dificuldade de controlar variáveis secundárias em condições de campo. Até o presente, porém, nenhum outro modelo mais objetivo foi desenvolvido para a previsão de perdas de solo em termos quantitativos e com o suporte de tão expressivo número de dados experimentais de laboratório e de campo utilizados para sua programação (RENFRO¹⁵; WISCHMEIR & SMITH²⁴).

Presumindo-se que as perdas de solo e a consequente produção de sedimentos venham provocando assoreamento e poluição da água, o presente trabalho foi desenvolvido visando alcançar os seguintes objetivos:

a) Determinar valores dos fatores locais da equação universal de perdas de solo que influenciam a erosão numa

bacia hidrográfica da Fazenda Sertãozinho, em Piracicaba (SP);

b) Converter estes valores ao Sistema Métrico Internacional de Unidades vigente, visto que na Dissertação da qual o presente trabalho foi extraído não houve uniformidade de tratamento entre índices e unidades utilizadas no Sistema Inglês e no Sistema Decimal, em progressivo desuso no emprego da equação universal de perdas de solo;

c) Estimar a intensidade do assoreamento que ocorre em reservatório d'água situado nessa bacia hidrográfica, e

d) Apresentar alternativas de uso, manejo e conservação do solo visando uma redução na produção de sedimentos, melhoria da qualidade da água e aumento da vida útil do reservatório.

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho foi constituído por uma pequena bacia hidrográfica de 46,3ha localizada na Fazenda Sertãozinho, em Piracicaba (SP), onde se situa uma represa com capacidade de armazenamento de 54.790m^3 , cuja água é utilizada para suprir parte das necessidades da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ. Localizada a $22^{\circ}42'S$ de latitude e $47^{\circ}38'W$ de longitude a sudeste do *campus* da ESALQ e com uma altitude variando de 560 a 600m, essa bacia hidrográfica não é uniforme no que concerne à topografia, cobertura vegetal e práticas de controle da erosão.

O solo apresenta-se como uma mancha uniforme na área mapeada (FIG. 1), e foi classificado por RANZANI et alii¹⁴ como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, álico, A fraco, textura arenosa. O clima local é subtropical com inverno seco, Cwa, segundo a classificação de Koeppen. A topografia é pouco movimentada, com relevo ondulado, predominando a classe de declive de 6 a 12% conforme mostra a Fig. 1, onde se observa a caracterização

planialtimétrica da área mapeada. A vegetação predominante é a do tipo campina com maior incidência de gramíneas, porém, próximo ao reservatório, existe um reflorestamento com eucaliptos e pinheiros e algumas essências nativas remanescentes. Existem também uma cultura de coqueiros e outra de soja. Nas áreas cultivadas as práticas conservacionistas adotadas são o plantio em nível e o terraceamento.

Os métodos utilizados foram os seguintes:

1. Delimitação e mapeamento planialtimétrico da bacia hidrográfica.

A delimitação da área de estudo foi realizada com fotointerpretação de pares estereoscópicos, na escala de 1:8.000, do arquivo de Aerofotogrametria e Fotointerpretação da ESALQ. Essa área foi delimitada em função da superfície da bacia hidrográfica que contribua com produção de sedimentos para assorear o reservatório, razão pela qual, além dos divisores naturais de água, considerou-se, também, quatro segmentos de estradas que agiam como canais divergentes, impedindo a passagem das enxurradas e dos sedimentos para o açude situado à sua juzante, conforme mostra a Fig. 1. Elaborou-se o mapeamento planialtimétrico, através de restituição aerofotogramétrica dos pares estereoscópicos, com apoio de levantamento topográfico de três pontos do terreno para triangulação radial gráfica e delimitação das curvas de nível apresentadas na Fig. 1.

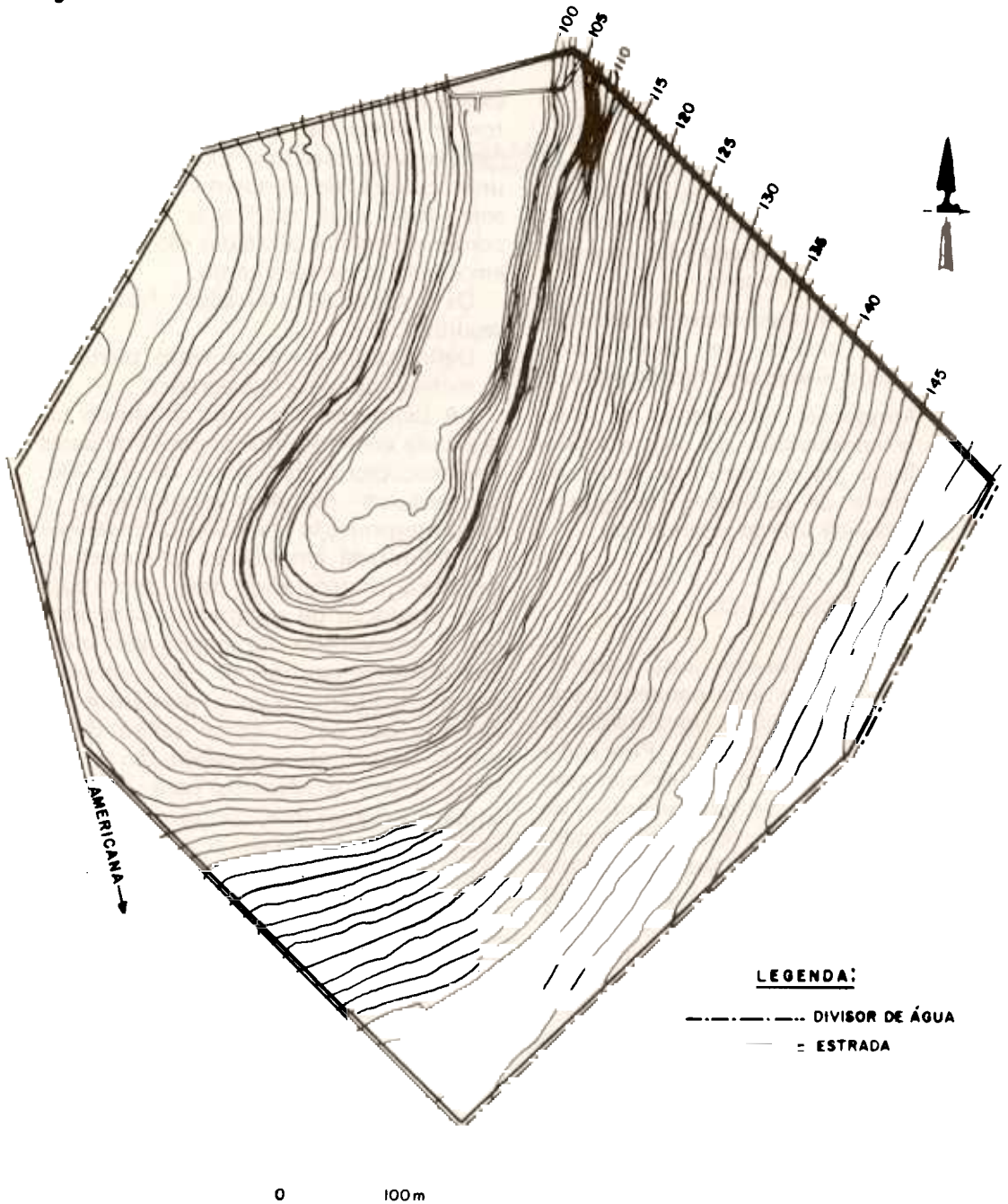
2. Determinação de valores dos fatores da equação universal de perdas de solo.

Para o cálculo das perdas de solo utilizou-se a equação de WISCHMEIER & SMITH²⁴ expressa como:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot CP$$

onde A representa as perdas de solo em t/ha/ano; R é o índice de erosividade das chuvas, expressando sua capacidade de provocar erosão; K é a erodibilidade do solo, indicando sua suscetibilidade ao

Figura 1— PLANTA PLANIALTIMÉTRICA



processo erosivo em termos dimensionais e LS, C e P são, respectivamente, os fatores topográfico, manejo das culturas e práticas conservacionistas, os quais expressam, nessa seqüência, a relação

entre as perdas de solo que ocorrem em uma área com dada declividade e comprimento de rampa, cobertura vegetal e prática conservacionista e as perdas que ocorrem nessa área em condições de uma

parcela unitária ou padrão, mantidos constantes os fatores R e K. Uma parcela padrão apresenta 9% de declividade, 22,1m de comprimento de rampa, não apresenta vegetação e o solo está arado e gradeado a favor do declive e, portanto, sem nenhuma prática conservacionista.

2.1. Fator R

O fator R foi determinado através das linhas isoerosivas do Estado de São Paulo, apresentadas por LOMBARDI NETO¹² e definindo-se o valor de 650, o qual foi convertido ao Sistema Métrico Internacional de Unidades (FOSTER et alii⁸, SILVA¹⁸).

2.2. Fator K

Determinou-se o fator K através da coleta, em duplicata de amostras de solo com estrutura indeformada em 21 pontos representativos de toda a área da bacia, verificando-se a uniformidade do solo. Nessas 42 amostras realizou-se as seguintes análises: granulometria, pelo método de BOUYOUCOS⁵; matéria orgânica, de acordo com ALLISON¹; estrutura do solo, conforme recomendações da SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO²¹ e permeabilidade, avaliada pela equação de Darcy em coluna de solo saturado, conforme procedimento indicado por FORSYTHE⁷. De posse da média dos valores desses parâmetros utilizou-se o programa de SILVA¹⁷ para o cálculo de K pela equação do nomograma de WISCHMEIER et alii²³, convertida ao Sistema Métrico Internacional de Unidades. Essa equação é expressa como:

$$K = [2,1M^{1,4} (10^{-4}) (12 - a) + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3)] (0,1317 \times 10^{-2}),$$

onde K = fator erodibilidade do solo; M = tamanho de partícula definido como (% de silte + areia muito fina) (100 - % argila); a = % de matéria orgânica; b = estrutura do solo em código numeral e c = a classe de permeabilidade do perfil também codificada numeralmente.

2.3. Fator LS

O fator LS foi calculado após o traçado das curvas de nível em equidistâncias verticais de 1m, obtidas através de restituição aerofotogramétrica de pares estereoscópicos na escala de 1: 8.000. Na planta planialtimétrica subdividiu-se a área da bacia hidrográfica em parcelas homogêneas quanto às classes de declive de 0% a 2%, 2% a 6%, 6% a 12% e 12% a 20%. Nessas parcelas homogêneas determinou-se os valores médios das classes de declive e, de posse de seus comprimentos, calculou-se seus respectivos fatores LS através da equação indicada por BERTONI et alii⁴, expressa como:

$$LS = \frac{L}{100} (1,36 + 0,97s + 0,1385s^2),$$

onde: LS = fator topográfico; L = comprimento do declive em metros e s = declividade em percentagem.

2.4 Fator C

Por meio da fotointerpretação, com apoio de observações de campo, identificou-se e mapeou-se os tipos de cobertura vegetal, utilizando-se para floresta, campina e coqueiro os valores indicados por ROOSE¹⁶ e para soja e grama de crescimento rápido, os valores calculados por BERTONI et alii⁴ e FARMER & FLETCHER⁶, respectivamente.

2.5 Fator P

Identificadas as práticas conservacionistas no campo, seus valores de P foram determinados de acordo com BEASLEY³ e WISCHMEIER & SMITH²⁴.

3. Previsão das perdas de solo na bacia hidrográfica

Atribuindo-se valores aos fatores R, K, LS, C e P representativos das condições específicas de cada parcela homo-

gênea, em relação às classes de declive, calculou-se suas perdas médias anuais (A), em t/ha/ano pela equação de WISCHMEIER & SMITH²⁴. O somatório desses valores indicou as perdas médias anuais de solo em t/ano em toda a superfície de 46,3 ha da bacia hidrográfica.

4 Estimativa de assoreamento do reservatório

O volume estimado de sedimentos que anualmente deposita-se no reservatório foi calculado pela seguinte expressão:

$$S = (E \times RT) / D_s,$$

onde S = volume de sedimentos depositados no reservatório em m³/ano; E = total de perdas de solo em t/ano; RT = relação de transferência de sedimentos em percentagem e D_s = densidade dos sedimentos, em t/m³, tomada como aproximadamente igual à densidade do solo.

A relação de transferência de sedimentos foi definida de acordo com a curva que apresenta essa relação empírica em função da área de drenagem da bacia hidrográfica, indicada por RENFRO¹⁵ e WISCHMEIER & SMITH²⁴, para estudos específicos de sedimentação em reservatório d'água.

A Fig. 2 mostra a curva indicada por RENFRO¹⁵ e utilizada no presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Erosividade das chuvas (Fator R)

A transformação do índice EI₃ cujo valor médio anual é igual a 650 tm.mm/ha. hora. ano, obtido nas linhas isoerosivas do Estado de São Paulo (LOMBARDI NETO et alii¹²), para o Sistema Métrico Internacional de Unidades, indica um valor de 6.376 MJ. mm/ha.h.

Esse índice, que corresponde ao fator R para o local em estudo, classifica-se como uma erosividade moderada, de acordo com FOSTER et alii⁸, aumentando as possibilidades de intensidades maiores de perdas de solo.

Erodibilidade do solo (Fator K)

A Tabela 1 mostra a média, \hat{m} , e desvio da média, $s(\hat{m})$, o desvio padrão, s , e o intervalo de confiança, I. C. do fator K e dos parâmetros que o determinam nas 42 amostras de solo analisadas.

As pequenas amplitudes dos intervalos de confiança dos parâmetros determinados indicam uma alta representati-

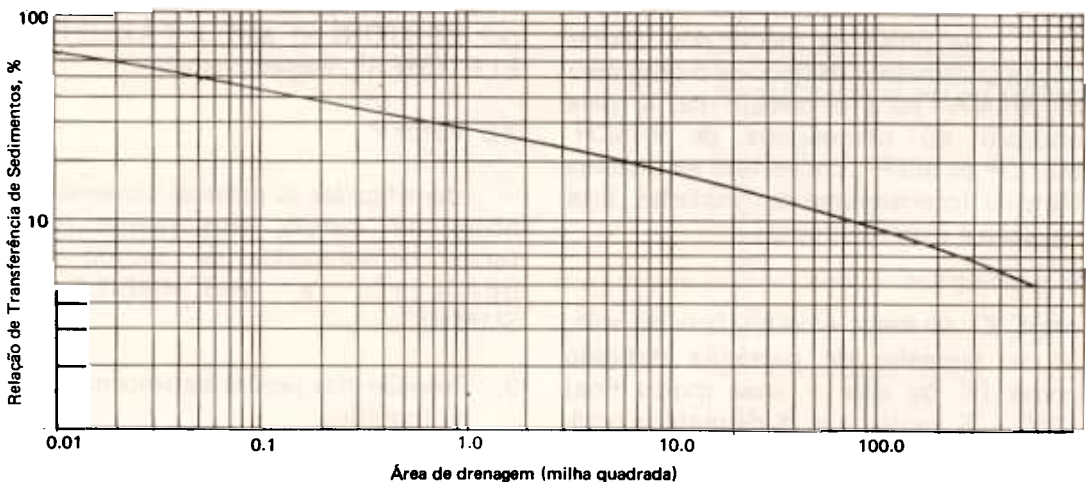


Figura 2 — Relação de transferência de sedimentos em percentagem da erosão versus tamanho da área de drenagem.

TABELA 1

Parâmetros Estatísticos do Fator K e das Propriedades que o Determinaram em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de Piracicaba, (SP)

Parâmetros Estatísticos	Propriedades do solo utilizadas na determinação do fator K			Fator erodibilidade (K)
	s. + a.m.f. (1)	a (2)	m.O. (3)	
m	18,3	64,4	1,6	0,016
sl(m)	0,6	1,9	0,1	0,0008
s	2,9	8,8	0,6	0,035
I. C.	[16,9; 19,6]	[60,4; 68,4]	[1,3; 1,9]	[0,018; 0,014]
			estrutura maciça (código)	t. ha.h/ha.MJ.mm
			4	11,40
			-	1,2
			-	5,4
				[8,9; 13,9]

(1): silte + areia muito fina; (2): areia (2 - 0,1mm); (3): matéria orgânica

vidade do solo estudado. A baixa percentagem de silte, mais areia muito fina, e a alta percentagem de areia, aliada ao médio teor de matéria orgânica, são indicadores significativos de que é pequena a massa de solo passível de desagregação e transporte e atestam a baixa erodibilidade determinada. Outrossim, as observações de campo, onde não se constatou formas graves de erosão, confirmam uma alta resistência à desagregação e transporte do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Contudo, o valor determinado da erodibilidade pelo método indireto deve ser considerado com as reservas próprias a previsões não comprovadas com métodos diretos de determinação.

Topografia (Fator LS)

A Fig. 1 mostra a planialtimetria da área em estudo obtida por restituição aerofotogramétrica com curvas de nível à equidistância vertical de 1m. Com referencial na média dos limites superiores e inferiores das classes de declive, dividiu-se a bacia hidrográfica em parcelas homogêneas (FIG. 3), cujos comprimentos dos declives de cada classe foram tomados para o cálculo do fator LS. A Tabela 2 mostra os valores desses parâmetros nas parcelas homogêneas.

A Fig. 3 indica a predominância da classe C de declive, sendo que a classe D, onde os riscos de erosão aumentam, situa-se nas margens do reservatório, facilitando a erosão e transferência de sedimentos. Nessas áreas, entretanto, a bacia hidrográfica está muito bem protegida por práticas de manejo e conservação do solo, como as florestas e os terraços, diminuindo drasticamente a erosão e o assoreamento do reservatório.

Na subdivisão da área em parcelas homogêneas evitou-se a incorreção de considerar a média de duas classes de declive. É provável, contudo, que, neste caso, a avaliação do comprimento dos declives, embora matematicamente correta, subestime o valor de LS,

Figura 3 - PARCELAS HOMOGÊNEAS EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE DECLIVE

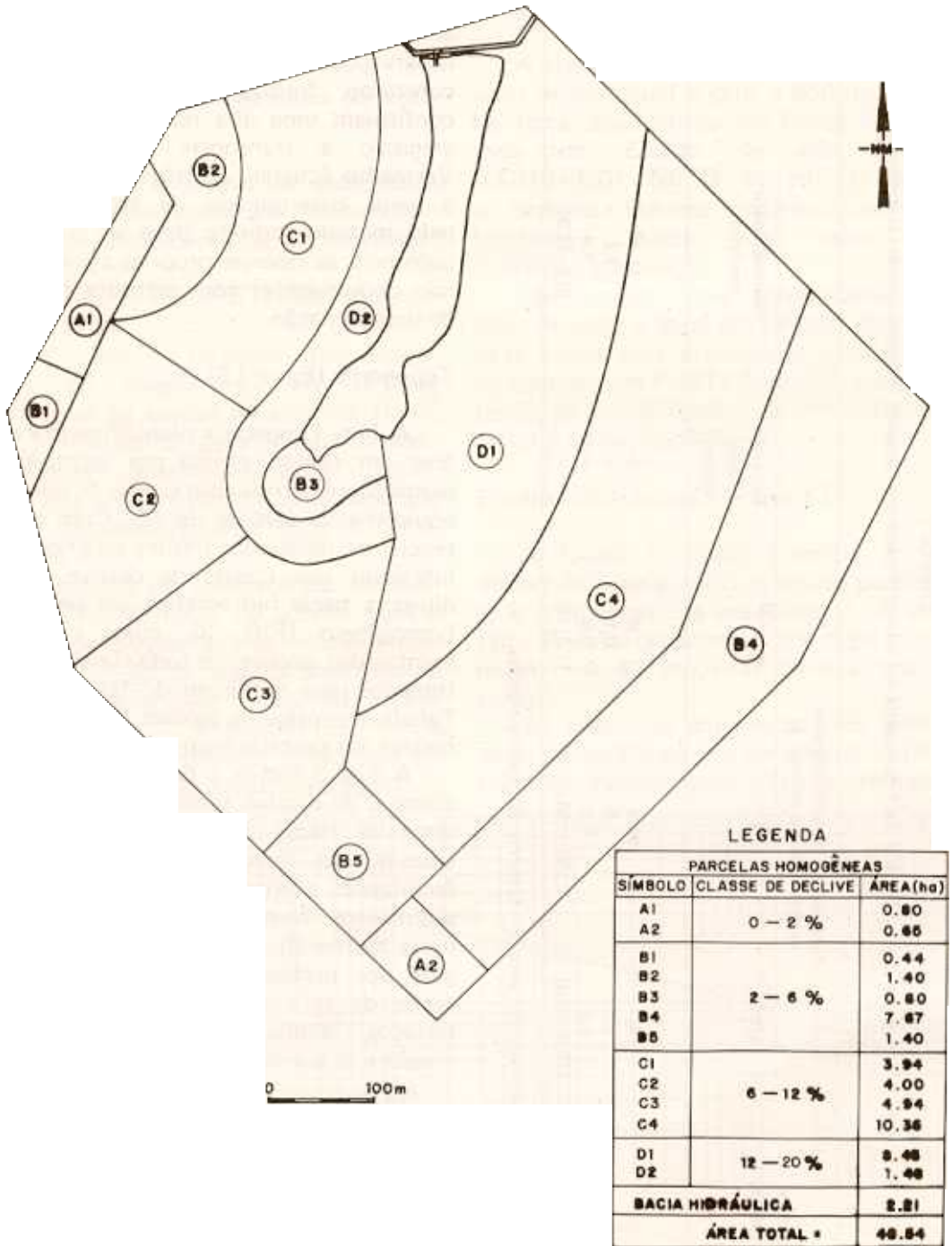


TABELA 2

Classes, Comprimentos de Declive e Fator LS das Parcelas Homogêneas da
Bacia Hidrográfica Sertãozinho, Piracicaba, SP.

Parcela Homogênea	Classe de declive	Comprimento do declive	Fator LS
AI	%	m	
	0 - 2	40	0,16
A2		140	0,25
	2 - 6		
		120	
	6 - 12	190	
		250	
		156	
D1	12 - 20	176	
D2		46	

mesmo considerando as conclusões de WILLIAMS & BERNDT²² Esses autores afirmam que, na aplicação da equação de perdas de solo, é mais importante estimar precisamente a declividade (S) do que o comprimento do declive (L).

As dificuldades e limitações encontradas para avaliação do fator LS, indicadas por WISCHMEIER & SMITH²⁴ e ROOSE¹⁶, foram comprovadas no presente trabalho.

Manejo das culturas (Fator C)

A Tabela 3 mostra os valores do fator C adotados no presente trabalho, em relação aos tipos de vegetação que ocorrem na área em estudo. Representam aproximações com base em dados disponíveis na literatura e no julgamento subjetivo do efeito que estes tipos de vegetação podem causar na diminuição das perdas de solo da área SMITH & WISCHMEIER²⁰; BERTONI et alii⁴; FARMER & FLETCHER⁶; ROOSE¹⁶, porque não existem dados locais específicos para as coberturas vegetais em estudo, com exceção da soja.

É válido, contudo, considerar a lógica dos baixos valores indicados para a floresta, grama e campina, tendo em vista suas quase completas coberturas do solo protegendo-o contra o impacto das gotas de chuva e oferecendo maior obstáculo às enxurradas. Quanto ao coqueiro, o valor indicado é coerente, pois esse vegetal, devido ao espaçamento entre plantas, oferece maior área de exposição do solo à ação erosiva das chuvas. A consistência do fator C para a soja deve ser reconhecida, pois foi determinada em condições climáticas semelhantes às do local em estudo, situação ideal para o emprego de valores mais precisos do fator C.

Práticas conservacionistas (Fator P)

A Tabela 4 mostra os valores do fator P para as práticas conservacionistas presentes na área em estudo.

A FIG. 4 mostra as áreas onde estão localizadas essas práticas, juntamente com os tipos de vegetação da área em estudo. Observa-se que os terraços, não obstante ocuparem apenas 3,7% do total da área da bacia hidrográfica, estão

Figura 4 – TIPOS DE COBERTURA VEGETAL E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

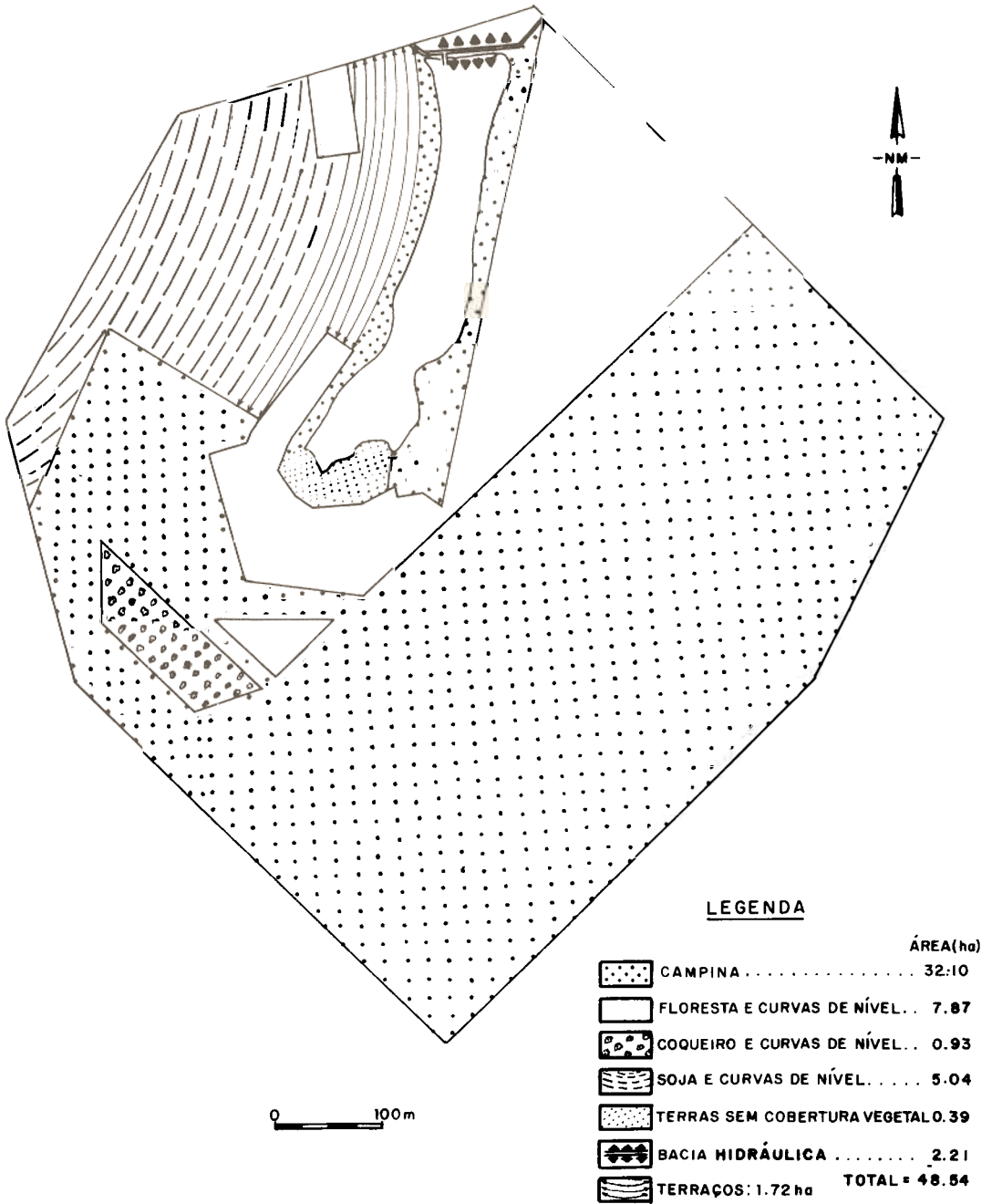


TABELA 3

Tipos de Vegetação Presentes na Bacia Hidrográfica Sertãozinho, Piracicaba, SP, e seus Valores de Fator C.

Vegetação	Valor médio anual do fator C	Referência
	0,001	(ROOSE) ¹⁶
	0,01	(FARMER & FLETCHER) ⁶
	0,1	(ROOSE) ¹⁶
	0,2193	(BERTONI et alii) ⁴
	0,3	(ROOSE) ¹⁶

TABELA 4

Valores do Fator P para as Práticas Conservacionistas da Bacia Hidrográfica Sertãozinho, Piracicaba, SP., em Relação às Classes de Declive (BEASLEY)³.

Classes de declive	Valores do fator P	
	Cultivo em níveis	Terraços
%		
1, 1 – 2	0,6	
2, 1 – 7	0,5	
7, 1 – 12	0,6	0,12
12, 1 – 18	0,8	0,16

muito bem localizados em uma das margens onde os riscos de erosão são mais graves, tendo em vista a declividade mais forte. A localização dessa eficiente prática conservacionista vem contribuindo para uma significativa redução da erosão e do assoreamento do reservatório.

É válido acrescentar que os valores do fator P mostrados na Tabela 3 são indicados pelos pesquisadores, mesmo para condições de solo e clima diferentes daquelas onde foram determinados.

Estimativa de perdas de solo

Na Tabela 5 são apresentadas as perdas resultantes da aplicação dos valores dos fatores da equação universal de perdas de solo específicos para cada parcela homogênea em relação às classes de declive. É importante esclarecer que as parcelas B3, C1, C2, C3, C4, D1 e D2 foram subdivididas em função das diferentes coberturas vegetais que apresen-

tavam, de forma a se calcular as perdas com maior representatividade possível da combinação dos fatores específicos de cada uma delas. Verifica-se que as perdas totais de 1018,64 t de solo por ano estão distribuídas em função das diferentes características de topografia, vegetação, práticas conservacionistas e área das parcelas homogêneas.

Observa-se que as maiores perdas de solo ocorrem na parcela D1. 2, onde o efeito protetor da vegetação herbácea que reveste o solo não é suficiente para controlar a erosão, incrementada, principalmente, pela maior declividade e ausência de práticas conservacionistas. A influência das florestas implantadas em curvas de nível e dos terraços, na drástica redução da intensidade da erosão, está claramente evidenciada nas estimativas de perdas de solo determinadas nas parcelas revestidas por esse tipo de vegetação. Mesmo nas regiões de maior declive, onde se situam as essências florestais, as perdas de solo estimadas não excedem 0,57 t/ha/ano. Estes resultados confirmam as conclusões de PATRIC & BRINK¹³ e fortalecem a opinião de que, a longo prazo, nenhuma outra prática conservacionista supera a eficiência do reflorestamento.

É importante considerar que cerca de 50% da área da bacia hidrográfica apresenta perdas de solo inferiores a 15t/ha/ano o que representa uma tolerância comum a Latossolos em São Paulo, conforme LOMBARDI NETO & BERTONI¹¹. Outrossim, todas as culturas e parte da área com campina estão

TABELA 5

Estimativa de Perdas Anuais na Bacia Hidrográfica Sertãozinho, Piracicaba, SP., com Base na Aplicação de Equação Universal de Perdas de Solo.

Parcelas	Área	Porcentagem da bacia hidrográfica	Valores médios anuais dos fatores da equação universal de perdas de solo				Perda de solo	
			RKLS	Cobertura vegetal	Prática conservacionista	t/ano		
	ha	%						
A1	0,80	1,65	10,61	Soja	0,2193	Curva de nível	0,60	1,72
A2	0,66	1,36	16,58	Campina	0,1	Ausente	1,0	1,68
B1	0,44	0,92	34,49	Soja	0,2193	Curva de nível	0,50	2,56
B2	1,40	2,88	38,47	Soja	0,2193	Curva de nível	0,50	9,08
B3.1	0,21	0,43	37,14	Floresta	0,001	Curva de nível	0,50	0,006
B3.2	0,39	0,81	37,14	Ausente	1,0	Ausente	1,0	22,28
B4	7,87	16,22	54,38	Campina	0,1	Ausente	1,0	65,84
B5	1,40	2,88	62,34	Campina	0,1	Ausente	1,0	13,43
C1. 1	0,30	0,62	154,53	Floresta	0,001	Curva de nível	0,60	0,04
C1. 2	2,40	4,94	154,53	Soja	0,2193	Curva de nível	0,60	75,06
C1. 3	1,24	2,57	154,53	Campina	0,1	Terraço	0,12	3,54
C2. 1	0,17	0,35	194,99	Floresta	0,001	Curva de nível	0,60	0,03
C2. 2	0,34	0,70	194,99	Coqueiro	0,3	Curva de nível	0,60	18,36
C2. 3	3,49	7,19	194,99	Campina	0,1	Ausente	1,0	104,67
C3. 1	0,63	1,30	223,51	Floresta	0,001	Curva de nível	0,60	0,13
C3. 2	0,59	1,21	223,51	Coqueiro	0,3	Curva de nível	0,60	36,51
C3. 3	3,72	7,62	223,51	Campina	0,1	Ausente	1,0	127,89
C4. 1	9,33	19,22	176,42	Campina	0,1	Ausente	1,0	253,18
C4. 2	1,02	2,11	176,42	Floresta	0,001	Curva de nível	0,60	0,17
D1. 1	4,54	9,35	460,29	Floresta	0,001	Curva de nível	0,80	2,57
D1. 2	3,91	8,07	460,29	Campina	0,1	Ausente	1,0	276,82
D2. 1	1,0	2,06	235,45	Floresta	0,001	Curva de nível	0,80	0,29
D2. 2	0,48	0,99	235,45	Campina	0,1	Terraço	0,16	2,78
Reservatório	2,21	4,55	—	—	—	—	—	—
Total	48,54	100,0						1018,64

protegidas por práticas conservacionistas, o que confere uma boa proteção da bacia hidrográfica contra a erosão e a transferência de sedimentos para o reservatório d'água.

Estimativa da transferência de sedimentos

A conversão da área da bacia hidrográfica, em hectares, resulta em uma superfície de 0,18 milhas quadradas a qual, utilizada na curva mostrada pela FIG. 1, indica uma relação de transferência de sedimentos igual a 40%. Essa relação aplicada à erosão total e considerando uma densidade dos sedimentos igual a $1,5t \cdot m^{-3}$ indicaria um volume anual de assoreamento igual a $271,7m^3$. Considerando-se o volume da represa de $54.790m^3$, essa taxa anual de assoreamento pouco afetaria a capacidade de armazenamento do reservatório, mesmo em um prazo de 20 anos, quando, aproximadamente, 1/10 de seu volume útil estaria ocupado pelos sedimentos. Contudo, essa quantidade de sedimentos iria gradualmente comprometendo a qualidade da água para uso humano e representaria ainda a diminuição anual da capacidade de armazenamento do reservatório em volume suficiente para suprimento de água de 10 pessoas ou 90 ovelhas.

Transformando o volume de sedimentação para as unidades utilizadas por HUNGRIA & LOBERTO⁹, verifica-se que, na bacia hidrográfica Sertãozinho, teríamos um assoreamento de $590,65m^3/Km^2/ano$, o que se revela superior à média de assoreamento de $320m^3/Km^2/ano$, verificada pelos citados autores para as duas bacias hidrográficas estudadas e com áreas de drenagem maiores. Esses valores são coerentes com a correlação inversamente proporcional entre a transferência de sedimentos e o tamanho da área de drenagem. É provável, entretanto, que, face às características de maior proteção e menores riscos de perdas de solo verificadas na

bacia hidrográfica deste estudo, a relação de transferência de sedimentos aqui adotada superestime a efetiva carga de sedimentos que anualmente deposita-se no reservatório. Considerando as limitações metodológicas atuais inerentes às previsões de transferência de sedimentos, deve-se considerar o resultado aqui obtido com as reservas a que todas as previsões não confirmadas devem estar sujeitas. Não se pode desprezar, contudo, a evidência de que neste trabalho todo o critério possível foi adotado no sentido de diminuir as margens de erro, considerando que estes são os dados mais detalhados possíveis, não havendo disponibilidade de outras informações mais precisas no momento.

Alternativas para reduzir a produção de sedimentos

A massa de sedimentos de 407,5t expressa a concentração de 7,409, 1mg/l, um valor muito alto em relação a um padrão de qualidade de água citado por KANERVA & PORTS¹⁰, que não deveria exceder 1.900 ppm de sólidos totais, com o agravante de que anualmente a concentração aumentaria em função de novas sedimentações. Outrossim, as perdas médias anuais de solo de 22,0 t/ha/ano estão bem acima da taxa de 2,2t/ha/ano citada por KANERVA & PORTS¹⁰ como o limite de erosão capaz de provocar poluição por sedimentos. Dessa forma, sugeriu-se a ampliação da área coberta com floresta ($C = 0,001$), pela substituição da cobertura original das parcelas B4, C1.2, C2.3, C3.3, C4.1, e D1.2, aliada à implantação de grama de crescimento rápido ($C = 0,01$) na área sem cobertura vegetal e nos terraços. Essas alternativas de manejo da vegetação em que poderiam ser introduzidas as coníferas (*Pinus* sp.) e grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge) diminuiriam as perdas médias de solo para uma intensidade de 2,08t/ha/ano, totalizando 96,3t/ano na bacia hidrográfica, mantendo elevados padrões de qualidade da água, evitando poluição e aumen-

tando significativamente a vida útil do reservatório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLISON, L. E. Organic carbon. In: BLACK, C. A. Methods of soil analysis. Madison. ASA. p. 1367-1378. 1967.
2. BARRETO, G. B.; FOSTER, R. & BERTONI, J. Estudo da bacia hidrográfica da barragem "Monjolinho". Bragantia, 21: 765-776, 1962.
3. BEASLEY, R. P. Erosion and sediment Pollution control. The Iwad State University Press. Ames. 320 p. 1972.
4. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JR., R. Equação de perdas de solo. Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Bol. Téc. no 21, Campinas. 25 p. 1975.
5. BOUYOUCOS G. J. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43: 434-439, 1951.
6. FARMER, E. E. & FLETCHER, J. E. Highway erosion control systems: an evaluation based on the universal soil loss equation. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA: Soil erosion: prediction and control. Ankeny. p. 183-192. 1977.
7. FORSYTHE, W. Física de solos: Manual de laboratório. IICA, San Jose. 212 p. 1975.
8. FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G. & MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J. Soil Wat Cons. 36: 355-359. 1981.
9. HUNGRIA, L. S. & LOBERTO, L. C. Barragens dos Ribeirões dos Mottas e Taboão: um estudo sobre assoreamento. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15.: Campinas 1976. Anais. Campinas, SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, p. 571-580. 1976.
10. KANERVA, R. A. & PORTS. M. A. Urban sediment control: the Maryland experience. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Soil erosion: prediction and control. Ankeny, p. 314-319. 1977.
11. LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para Solos do Estado de São Paulo. Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Bol. Téc. n.º 28, Campinas. 120 p. 1975.
12. LOMBARDI NETO, F.; SILVA, I. R. & CASTRO, O. M. Potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. (Trabalho apresentado no III Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, Recife). 14 p. 1980 (Mimeografado).
13. PATRIC, J. H. & L. I. BRINK. Soil erosion and its control in the eastern forest. In: SOILS CONSERVATIONS SOCIETY OF AMERICA. Soil erosion: prediction and control. Ankeny. p. 362-368. 1977.
14. RANZANI, G.; FREIRE, O. & KINJO, T. Catta de solos do município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. Piracicaba. ESALQ-USP. 85p. 1966.
15. RENFRO, G. W. Use of erosion equations and sediment-delivery ratios for predicting sediment yeld. In: Present and prospective technology for predicting sediment yelds sources. USDA-ARS S-40. p. 33-45. 1975.
16. ROOSE, E. J. Use of the universal soil loss equation to predict erosion in West Africa. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Soil erosion: prediction and control. Ankeny. p. 60-74. 1977.
17. SILVA, J. R. C. Cálculo da erodibilidade pela equação do manograma de Wischmeier et alii (1971) no Sistema Internacional de Unidades: programa para calculadora HP 33-E (Trabalho apresentado no IV Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, Campinas) 1982.
18. SILVA, J. R. C. Fatores da equação universal de perdas de solo e sua conversão para o Sistema Métrico Internacional. Ciên. Agron., Fortaleza, 16 (2), 1985 (no prelo).
19. SILVA, J. R. C. & PAIVA, J. B. Eficiência de cordões de pedra em contorno do controle do assoreamento de barragem situada em Litossolo. (Trabalho apresentado no V Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, Porto Alegre). 1984.

20. SMITH, D. D. & WISCHMEIER, W. H. Rainfall erosion. Adv. Agron. 14: 109-148, 1962.
21. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Manual de métodos de trabalho de campo. SBCS, Campinas, 36p. 1976.
22. WILLIAMS, J. R. & BERNDT, H. D. Determining the universal soil loss equation's length slope factor for watersheds. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Soil erosion: prediction and control. Ankeny. p. 217-226. 1977.
23. WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B. & CROSS, B. W. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. J. Soil Wat. Cons. 26: 189-193, 1971.
24. WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses — a guide to conservation planning. USDA, WASHINGTON, (Agriculture Handbook, N.o 537), 28p. 1978.