

IDELMO VILLALOBOS MEDINA

INGENIERO - AGRÓNOMO

**Instituto Agrario Nacional
Venezuela**

**PERDAS EM AMOSTRAS DE SOLOS
SUBMETIDAS A CHUVA SIMULADA**

Orientador : Dr. Octavio Freire

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em "Solos e Nutrição de Plantas".

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
1 9 7 4

À memória de meu pai

A minha mãe

A meus irmãos

A minha esposa Benis

A meus filhos Róger, Idelmo,
Natalie, Trina e
Benis

DEDICO

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Dr. Alfredo Bustamante B., Gerente Geral do Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias da Venezuela, por sua colaboração para obtenção da bolsa de estudos que deu ensejo à realização do Curso de Pós - Graduação, na E.S.A. "Luiz de Queiroz" da U.S.P. em Piracicaba-SP, Brasil.

Ao Instituto Agrario Nacional da Venezuela, por ter propiciado a oportunidade de realizar o Curso de Pós Graduação.

Ao Dr. Octavio Freire, Professor Adjunto do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela sua assistência e ajuda como orientador e amigo durante os estudos realizados.

Ao Dr. Rubens Scardua, Professor do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela colaboração e estímulo durante a realização deste trabalho.

Aos Engenheiros-Agrônomos Angel Casanova e Ciro Dávila, Professores do Departamento de Estatística da Faculdade de Ingeniería Agronómica da Universidade del Zulia, Venezuela, pela ajuda prestada para a realização da análise estatística.

A todos aqueles que direta ou indiretamente concorreram para a realização deste trabalho.

CONTEÚDO

1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. <u>Efeito da intensidade da chuva</u>	2
2.2. <u>Efeito do tempo de duração da chuva</u>	3
2.3. <u>Efeito da erosividade da chuva</u>	4
2.4. <u>Efeito da declividade</u>	6
2.5. <u>Efeito da cobertura do solo</u>	8
2.6. <u>Efeito da erodibilidade do solo</u>	10
3. <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	13
3.1. <u>Material</u>	13
3.1.1. Solos	13
3.1.2. Aparelhos utilizados	14
3.1.2.1. Simulador de chuva	14
3.1.3. Micro-parcelas	15
3.1.4. Cobertura do solo	17
3.2. <u>Método</u>	17
3.2.1. Delineamento experimental	17
3.2.2. Critérios e convenções	24
3.2.3. Amostragem dos solos	24
3.2.4. Determinação das perdas de solo	26
3.2.5. Determinação do fator erosividade da chuva	26
3.2.6. Determinação do fator erodibilidade do solo	26

4. <u>RESULTADOS</u>	28
4.1. <u>Perdas de terra</u>	28
4.2. <u>Índice de erodibilidade dos solos</u>	36
5. <u>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	38
5.1. <u>Perdas de terra</u>	38
5.2. <u>Índice de erodibilidade dos solos</u>	40
6. <u>CONCLUSÕES</u>	41
7. <u>RESUMO</u>	42
8. <u>SUMMARY</u>	43
9. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	44
<u>APÊNDICE</u>	49

1. INTRODUÇÃO

A erosão causada pela água é um problema sério na maior parte das terras agrícolas do mundo, especialmente naquelas das áreas declivosas das regiões úmidas e semiáridas. O clima, o relevo, a natureza do solo, a cobertura do solo e suas interações têm sido considerados os fatores determinantes da erosão pela água. Nenhum desses fatores pode ser considerado como causa principal; embora alguns, por si só, possam criar condições para o estabelecimento da erosão em proporção que constitua um problema.

Em termos gerais, pode-se dizer que a erosão do solo pela água requer atenção em todos os países onde o complexo solo-água-clima é adequado para a agricultura e para o pastoreio, e onde estas atividades se desenvolvam segundo um ritmo estacional.

Assim sendo, o objetivo fundamental deste trabalho é avaliar as perdas que ocorrem em amostras de solo, devidas à erosão hídrica em condições simuladas de chuva, declive e cobertura do solo; uma vez que a influência de cada uma dessas variáveis e sua interação, não é conhecida para os solos e condições do Município de Piracicaba.

Embora as condições sejam artificiais, como na maior parte dos experimentos conservacionistas atualmente em execução, espera-se que os resultados obtidos representem uma aproximação aceitável e de valor para o planejamento de outros experimentos a serem desenvolvidos a longo prazo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As causas, ou fatores que promovem a erosão do solo pela água, têm sido consideradas sob múltiplos aspectos, por um grande número de pesquisadores.

Nos países tropicais e subtropicais, a pesquisa sobre a erosão do solo tem sido, no entanto, muito escassa. Por esse motivo, quase toda a bibliografia se refere a resultados obtidos em países de clima temperado.

2.1. Efeito da Intensidade da Chuva

BERTRAND & SOR (8) observaram que chuvas de intensidades de 71,12 e 101,6 milímetros por hora produzem maior diminuição do conteúdo de argila, da superfície específica, da estabilidade dos agregados e do conteúdo de matéria orgânica na capa superficial do solo do que a chuva de 40,14 milímetros por hora.

MOLDENHAUER & LONG (25) acharam que chuvas de intensidades de 34,3 e 67,8 milímetros por hora provocavam perdas de solo variáveis, observando-se maior perda de solo quando a intensidade da chuva era maior.

ROGERS et al (32), em estudos realizados com intensidades de chuva de 31,75, 63,5, 82,55 e 127,00 milímetros por hora, concluíram

que 70% ou mais das variações das perdas de solo foram explicadas pela intensidade da precipitação multiplicada pela quantidade da precipitação.

MAZURAK & MOSHER (20), utilizando chuva simulada, encontraram que a quantidade de partículas de solo separadas da superfície do solo era linearmente relacionada com a intensidade da chuva simulada.

RAMIREZ VELASQUEZ (30), estudando a influência de diversos fatores sobre a erosão do solo e a perda de fósforo, afirmou que quanto maior a intensidade da chuva simulada, maior foi a perda de solo e portanto, maior a perda de fósforo.

BARNETT & DOOLEY (4), utilizando o "rainulator" encontraram que a energia produzida por uma chuva simulada era igual a 75% da energia de uma chuva natural de 63,5 milímetros por hora, demonstrando que um simulador-de-chuva pode ser usado para prever perdas de solo por erosão.

2.2. Efeito do tempo de duração da chuva

Com respeito ao tempo de duração da chuva na erosão do solo, se tem feito, relativamente, poucos estudos.

ADAMS et al (2), trabalhando com um aparelho simulador-de-chuva e um infiltrômetro, encontraram que a erosão por lavagem ou sedimentos em suspensão, alcançava valor máximo entre 5 e 10 minutos depois de começada a precipitação. A erosão por lavagem diminuía durante os 5 minutos seguintes, embora a enxurrada continuasse aumentando.

WISCHMEIER & SMITH (47) analisaram o valor do índice de erosividade EI durante tres tempos diferentes e encontraram uma correlação mais alta entre a energia cinética da chuva e sua intensidade máxima específica durante 30 minutos, do que com as intensidades máximas de 5 e 15 minutos.

RAMIREZ VELASQUEZ (30), utilizando chuva simulada, achou que a erosão do solo era um tanto maior quanto maior era o tempo de duração da precipitação.

2.3. Efeito da erosividade da chuva

A erosão do solo pela água é um processo mecânico que requer energia. A maior parte desta energia é fornecida pelas gotas de chuva. Por isso, a mais exata e simples avaliação do índice de erosividade é a que se fundamenta na intensidade da chuva.

AREND (3) chegou à conclusão que as altas intensidades de chuva produzem uma enxurrada suficientemente intensa para provocar erosão laminar, uma vez que superem a capacidade de infiltração do solo.

ELLISON (13) observou que as gotas de água da chuva ao baterem contra o solo provocaram a desagregação e o transporte de suas partículas causando, dessa maneira, a erosão do solo.

WOODRUFF (49) afirmou que o impacto das gotas de água da chuva era o fator dominante da erosão do solo.

OSBORN (27 e 28) concluiu de seus experimentos que a quantidade de solo erodido é uma função da erosividade da chuva, e que as gotas de água têm grande influência na erosão do solo por esborrifamento.

SMITH & WISCHMEIER (36 e 37) acharam que a energia cinética produzida pelas gotas de chuva é de importância preponderante no processo de erosão do solo. Estes autores relacionaram a energia cinética da chuva com a quantidade e com a intensidade da precipitação.

WISCHMEIER & SMITH (47) desenvolveram uma equação de regressão para determinar a energia cinética da chuva. Consideraram que a energia cinética é função da intensidade, podendo ser representada da seguinte

forma:

$$Y = 916 + 331 \log_{10} X$$

onde: Y é a energia cinética em pés-toneladas por acre-polegadas e X é a intensidade da chuva em polegadas por hora.

Esta equação, em unidades do sistema métrico, pode ser expressa da seguinte forma:

$$Y = 12,142 + 8,877 \log_{10} X$$

onde: Y representa a energia cinética da chuva em quilogrâmetros por milímetros de chuva que caem sobre um hectare, e X a intensidade da chuva em milímetros por hora, FAO (16).

WISCHMEIER (43 e 45) relacionou a energia cinética da chuva com a sua intensidade e propoz um índice de erosividade, que chamou EI_{30} . Esse índice é o produto da energia cinética total da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. Os autores afirmam que o EI_{30} reflete a influência das características da chuva sobre a concentração de partículas do solo na enxurrada.

WISCHMEIER & SMITH (46) desenvolveram uma equação para prever as perdas de solo. Essa equação se apresenta da forma seguinte:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

onde:

A = a perda média anual de solo em toneladas por acre;

R = o fator erosividade da chuva em toneladas-pés por acre quadrado;

K = o fator erodibilidade do solo, em toneladas por acre e por unidade de erosividade;

SL = o fator declive e comprimento da rampa;

C = o fator manejo do solo;

P = o fator de práticas conservacionistas.

HUDSON (18), em estudos realizados na África, encontrou um índice de erosividade que denominou $KE > 25$. Esse índice pode ser utilizado exatamente da mesma forma que o índice EI_{30} , embora seja mais apropriado para as regiões tropicais e sub-tropicais, segundo observações do próprio autor.

MEYER & McCUNE (22) construíram, na Universidade de Purdue, um simulador-de-chuva que denominaram "rainulator". Este aparelho foi utilizado posteriormente por MEYER (21) para pesquisas em canteiros providos de coletores de enxurrada, onde determinou perdas de solo. Este simulador-de-chuva produz gotas com distribuição de tamanho e energia cinética muito próximas às das chuvas naturais de alta intensidade.

ROSE (33), utilizando diversos tamanhos de gotas de chuva artificial, com intensidades de 50,8, 101,6 e 152,4 milímetros por hora, encontrou que a desagregação do solo depende mais do tempo de duração do que da intensidade das chuvas.

2.4. Efeito da declividade

ELLISON (13), CARREKER (11) e RAMIREZ VELASQUEZ (30) estudaram a erosão do solo pela chuva e concluíram que as perdas de solo pela erosão eram proporcionais ao declive do terreno.

SMITH & SMITH (35), estudando as perdas em solos argilosos, encontraram uma relação direta entre o declive do terreno e as perdas de solo. Isso se verificava para declives de 4 a 12%, quando o declive era menor do que 4% essa relação era menor.

WOODRUFF (49), em estudos da erosão em relação ao declive, precipitação e cobertura do solo, concluiu que em declives de 4% ou menos, a erosão do solo não era tão grande; em declives de 8% a erosão foi maior

e em declives de 10% a erosão do solo era grave. Afirmou que uma avaliação dos fatores que afetam a erosão do solo não é satisfatória para estimar a taxa média anual de erosão em áreas cultivadas e que uma avaliação mais precisa poderia ser feita com a utilização de uma equação empírica composta de dados obtidos por medições de campo.

GARD & VAN DOREN (17) chegaram, assim como outros pesquisadores, à conclusão de que a erosão do solo aumenta à medida que o declive do terreno é maior. Esses autores encontraram que a média anual de perdas de solo foram maiores em parcelas com declives de 9% do que em parcelas com 5%.

SMITH & WISCHMEIER (36 e 37), MEYER & MONKE (23) e WISCHMEIER (47), em pesquisas realizadas, chegaram à conclusão que as perdas de solo pela erosão variavam com a percentagem e comprimento do declive; sendo as perdas de solo maiores, quando a percentagem e comprimento do declive, também, são maiores.

FAO (16) considerando o efeito da declividade sobre a erosão afirmou que a medida que a declividade dos terrenos aumenta, aumenta também, a erosão. Encontrou que em terrenos com declividades maiores do que 10%, a erosão pode ser o fator mais importante em terrenos agrícolas. Considera ainda, que a inclinação dos terrenos influi de diversas maneiras na erosão. A maior velocidade da água da enxurrada faz que seja maior a quantidade de solo arrastada e transportada para outro lugar. A medida que a declividade aumenta, a água se detém menos tempo na superfície do terreno; sendo, as depressões, incapazes de conter a água que escorre. Nos terrenos inclinados não se formam, portanto, as lâminas superficiais de água que, nos terrenos planos, durante as chuvas intensas contribuem para dissipar a energia das gotas de chuva.

SWANSON & DEDRICK (39) acharam que as perdas totais de solo

aumentam de 0,31 quilos por metro quadrado para cada incremento de 3 a 12% de declive, a partir de uma precipitação de 63,5 milímetros por hora.

YOUNG & MITCHLER (50), em pesquisas realizadas, encontraram que a erosão do solo variava com a percentagem e comprimento do declive, assim como também, com a configuração do relevo.

2.5. Efeito da cobertura do solo

BORST & WOODBURN (9) concluíram que a cobertura com palha reduzia a erosão de até 95%. Nesse mesmo experimento isolaram o efeito da cobertura sobre o impacto da gota, do seu efeito sobre o arrastamento das partículas do solo, tendo chegado à conclusão de que o impacto é muito mais importante do que a enxurrada. Esses resultados foram obtidos em solos de regiões temperadas utilizando um simulador-de-chuva.

ELLISON (12 e 14) reconheceu o embate como a fase inicial do processo de erosão pela água. Esse autor demonstrou que o embate pode erodir o solo sem que se estabeleça enxurrada.

SREENIVAS et al (38) utilizaram cinco toneladas de palha por hectare, na forma de cobertura, tendo constatado sua eficiência para reduzir a erosão por embate. Também acharam que os restos de palha de aveia foram mais eficientes para reduzir a erosão do que os restos de trevo doce.

WOODRUFF (49) demonstrou que, excluindo-se o impacto da gota de chuva, o solo arrastado era somente 10% do que era perdido por chuva artificial em declives de menos de 8%.

CARREKER (11) chegou à conclusão que, aumentando a cobertura do terreno, diminui a erosão pela enxurrada. Quando o declive era maior, maior quantidade de cobertura foi necessária para reduzir a erosão a um ní

vel satisfatório.

SMITH & WISCHMEIER (36 e 37) e WISCHMEIER (45), em suas pesquisas, observaram que a cobertura é um dos fatores mais importantes sobre a erosão do solo. Eles encontraram que as perdas são menores naqueles solos que permaneceram com cobertura do que naqueles que permaneceram sem cobertura. À mesmas conclusões chegaram SWANSON et al (41).

MANMERING & MEYER (19) chegaram à conclusão de que aplicações superficiais de palha de trigo foram eficientes para o controle da erosão. A cobertura morta sobre a superfície do solo interceptou as gotas de chuva e dissipou sua energia, prevenindo, dessa maneira, a separação das partículas do solo e a obstrução da porosidade da superfície do solo. A eficiência da cobertura morta para manter boa infiltração apresentou alta correlação com a percentagem de cobertura superficial. Também encontraram que 0,6 e 1,2 toneladas de cobertura morta por hectare foram adequadas para diminuir a quantidade de solo na enxurrada.

TAYLOR et al (42), utilizando cobertura morta constituída de restos da cultura de milho queimada e esterco, obtiveram excelente controle das perdas de solo e água, em terrenos cultivados excessivamente inclinados. Encontraram que as perdas de solo em terrenos cultivados com milho depois de milho com cobertura morta, foram menores do que as perdas que se verificaram em milho ou aveia sem cobertura morta, em uma rotação milho-aveia-pastagem.

Uma cobertura morta de palha ou pedra que praticamente eliminou a erosão, foi utilizada por ADAMS (1). Esse autor observou que com cobertura morta de palha e/ou pedra aumentou a penetração de água no solo, devido à redução da enxurrada; tendo, a erosão, sido sensivelmente diminuída. A ação protetora de uma superfície protetora sobre a interceptação do impacto das gotas de chuva, impediu a obstrução da superfície do solo.

EPSTEIN et al (15), em pesquisas realizadas, observaram que partículas da superfície do solo, atuam como uma cobertura morta, interceptando e dissipando a energia das gotas da chuva. Esta ação pode diminuir a quantidade de superfície com poros obstruídos; conseqüentemente, a infiltração é maior e a erosão é menor.

Várias quantidades de cobertura com palha, para determinar a sua eficiência na redução da erosão em terrenos com 15% de declividade, foram utilizadas por MEYER et al (24). Foi observado que 0,56 e 1,12 toneladas por hectare reduziu as perdas de solo a menos de um terço do total observado naquelas mesmas áreas quando estavam sem cobertura morta. Uma quantidade de 2,24 toneladas por hectare diminuiu as perdas de solo a 18% daquela que ocorreu onde não havia cobertura morta. Quantidades de 4,48 e 8,96 toneladas por hectare reduziram as perdas de solo a menos de 5%. Ainda que pequenas quantidades de cobertura morta tenham reduzido grandemente a erosão, maiores quantidades de cobertura morta foram necessárias para eliminar completamente o fenômeno.

2.6. Efeito da erodibilidade do solo

ELLISON (13) afirma que as propriedades do solo que afetam a erosão são sua susceptibilidade de desagregar-se e de ser transportado. Um solo altamente erodível é altamente desagregável e altamente transportável. Frequentemente, os solos argilosos são de alta transportabilidade, porém são também de alta resistência à desagregação; embora os solos arenosos usualmente apresentem características opostas.

OSBORN (28) encontrou que a quantidade de erosão é uma função da erodibilidade do solo; assim como, também, da erosividade da chuva e do efeito protetor da cobertura.

SMITH & WISCHMEIER (36 e 37) e WISCHMEIER & SMITH (45), observando que alguns solos se desgastam mais rapidamente do que outros, definiram a erodibilidade do solo como as perdas em toneladas por acre por unidade do índice de erosividade da precipitação. Desse modo o fator erodibilidade do solo se converteu num fator quantitativo.

MEYER (21), utilizando o "rainulator" em parcelas providas de coletores de enxurrada determinou que a erodibilidade relativa de diferentes solos pode ser estudada utilizando-se chuva simulada, o que favorece a rapidez com que se obtêm os resultados.

WISCHMEIER (44 e 45), OLSON & WISCHMEIER (26) e WISCHMEIER & MANNRING (46) encontraram que a erodibilidade dos solos é um dos fatores mais importantes na predição da erosão do solo e no planejamento do uso da terra. Consideraram que a erodibilidade é uma propriedade complexa, dependente de sua capacidade de infiltração, de sua capacidade para resistir à desagregação e ao transporte pela precipitação e enxurrada. De maneira que a erodibilidade dos solos é uma função de interações complexas de um grande número de propriedades físicas e químicas.

MOLDENHAUER & LONG (25), estudando as perdas de solo e de água em cinco tipos de solos, encontraram que as perdas relativas, sob chuva simulada com intensidades desde 34,3 a 67,8 milímetros por hora, seguiram uma seqüência dependente da textura na seguinte ordem: argilo-limoso, maior que barro-argilo-limoso, maior que limoso, maior que barrento e maior que areia fina.

BARNETT & ROGERS (5) e BARNETT et al. (6) encontraram que a erosão estava diretamente relacionada com a textura e umidade inicial do solo e com as características da chuva.

SWANSON & DEDRICK (39) e SWANSON et al. (40), em pesquisas realizadas com chuva simulada, chegaram à conclusão de que uma modificação

considerável ocorreu progressivamente na distribuição do tamanho dos agregados do solo. Quando a aplicação da água era contínua, esta modificação diminuiu até um ponto onde a distribuição dos agregados do solo permaneceu quase estável.

Eles também encontraram que o material do solo removido pela enxurrada era de textura mais fina do que o da superfície original do solo, independentemente da declividade.

SMITH & VAN DOREN (34) afirmaram que a infiltração de um solo tem um efeito importante sobre a enxurrada e a erosão do solo. Esses autores consideram que, geralmente, quando a infiltração é maior, a perda de água pela enxurrada é menor, causando menor erosão.

HUDSON (18) definiu a erodibilidade do solo como a susceptibilidade do solo erodir-se. De maneira que um solo com alta erodibilidade, sofreria maior erosão do que um solo com baixa erodibilidade sob as mesmas condições.

Da bibliografia que se refere a experimentos sobre o efeito da intensidade e quantidade da precipitação, da declividade, da natureza do solo e da sua cobertura, observa-se que, em termos gerais, esses efeitos já estão bem compreendidos; embora, especificamente para um determinado solo das regiões tropicais, não se disponha de nenhum resultado que permita ter-se idéia das perdas que pode sofrer sob determinadas condições.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

3.1.1. Solos

Como material de estudo, foram coletadas amostras do horizonte superficial (Ap) de dois solos de ocorrência frequente no Município de Piracicaba. Estes solos foram classificados por RANZANI et al. (31), como Série Luiz de Queiroz e Série Quebra-Dente. Esses solos se enquadram nas unidades de mapeamento como Terra Roxa Estruturada e Podzólico Vermelho Amarelo, variação Laras, respectivamente (10).

Esses solos foram escolhidos por apresentarem características contrastantes. Tratando-se de séries conhecidas, utilizou-se apenas o horizonte Ap para o estudo do efeito da natureza do solo sobre a erodibilidade.

A caracterização morfológica das camadas superficiais desses solos é a seguinte:

Série Luiz de Queiroz

Ap 0-35 cm : pardo avermelhado (2,5 YR 4/4; 3/4 úmido); barro-argiloso; granular, média a grossa, moderada a forte; dura, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas, abundante; cascalhos (1 cm) angu-

losos, raro; pH 6.0; limite ondulado claro.

Série Quebra-Dente

Ap 0-25 cm : cinza rosado (7,5 YR 6/2; pardo 7,5 YR 5/2 úmido); areia barrenta fina; sem estrutura, grãos simples, com fraca tendência para formação de grânulos; macio, solto, não plástico, não pegajoso; raízes finas, abundantes; carvão abundante; pH 5,3; limite ondulado irregular.

O Quadro 1 contém as características físicas dos horizontes Ap das séries Luiz de Queiroz e Quebra-Dente.

QUADRO 1 - Características físicas dos horizontes Ap das séries utilizadas.

Série	Composição Textural			Massa Específica	
				Real	Aparente
	Areia	Limo	Argila	g/cm ³	g/cm ³
Luiz de Queiroz	39,2	22,9	38,0	2,75	1,48
Quebra-Dente	79,9	15,9	4,2	2,63	1,52

3.1.2. Aparelhos utilizados

3.1.2.1. Simulador-de-chuva

Foi idealizado no Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, um aparelho para simular chuva. Esse aparelho é uma modificação do "Purdue

"Sprinkling Infiltrometer" construído por BERTRAND & PARR (7) que é capaz de produzir chuva simulada de intensidades de 63,50 e 82,55 milímetros por hora, utilizando os aspersores 5B e 5D, respectivamente.

A pressão para o funcionamento é de $0,42 \text{ kg/cm}^2$ para o aspersor 5B e de $0,63 \text{ kg/cm}^2$ para o 5D. A altura de funcionamento de ambos os aspersores de 2,70 m da superfície do solo.

A figura 1 mostra um esquema do simulador-de-chuva utilizado. Esse aparelho consta das seguintes partes: tanque fornecedor da água (A); bomba centrífuga (B); tanque de pressão com seu respectivo manômetro (C); válvula de retorno da água (D); mangueira que leva a água do tanque de pressão ao aspersor (E); aspersor (F); cobertura de plástico do aparelho (G); manômetro para regular a pressão (H); torre do aparelho simulador-de-chuva (I); caixa de madeira para conter a amostra de solo (J); recipiente coletor da enxurrada (K); caixa metálica de drenagem (L) e recipiente coletor de água de percolação (M).

3.1.3. Micro-Parcelas

As micro-parcelas consistiram de caixas de madeira, as quais foram enchidas de terra até uma altura de 0,13 m. Estas caixas tinham as seguintes dimensões: 1,00 m de comprimento, 0,50 m de largura e 0,20 m de profundidade; sendo o fundo de tela plástica. Em uma de suas extremidades, tinham uma soleira na qual estava acoplada uma mangueira plástica por onde escoava a enxurrada. Estas micro-parcelas eram colocadas em cima de caixas de metal galvanizado, as quais estavam cheias de areia fina até uma altura de 0,05 m. Essas caixas metálicas apresentavam as seguintes dimensões: 1,10 m de comprimento, 0,60 m de largura e 0,10 m de profundidade. Em um de seus extremos as caixas metálicas eram providas de uma solei-

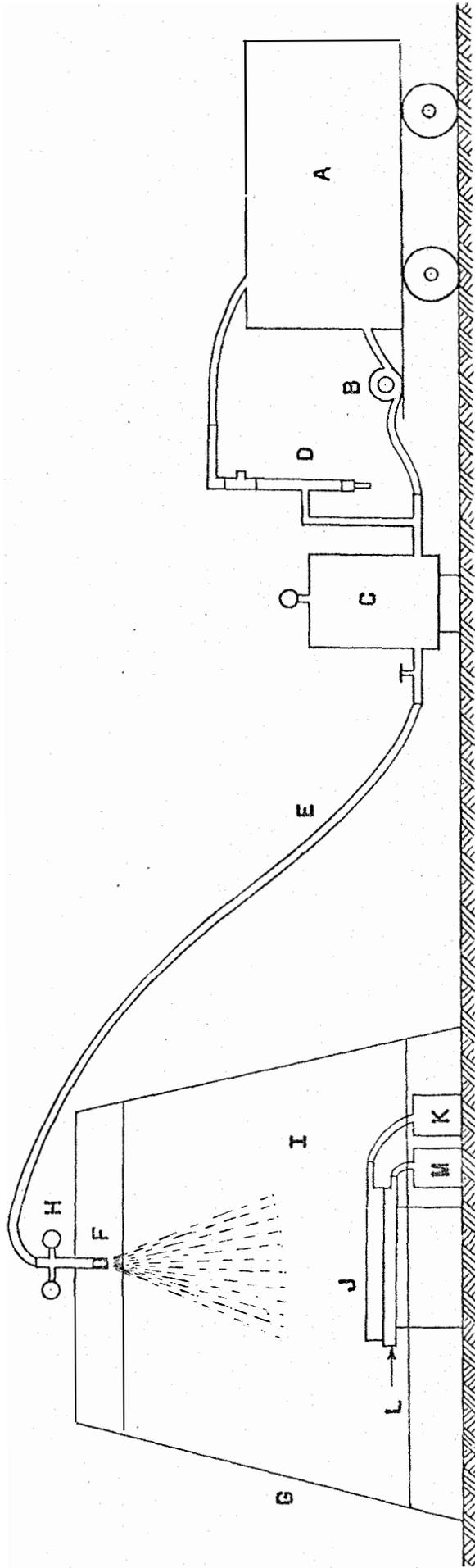


Fig. 1 -- Esquema do simulador-de-chuva

- A. Tanque fornecedor da água
- B. Bomba centrífuga
- C. Tanque de pressão
- D. Válvula de retorno da água
- E. Mangueira
- F. Aspersor
- G. Cobertura de plástico do aparelho

- H. Manômetros
- I. Torre do aparelho
- J. Caixa de madeira para conter a amostra de solo
- K. Recipiente coletor da enxurrada
- L. Caixa metálica de drenagem
- M. Recipiente coletor da água de percolação

ra acoplada a um dreno para a água de percolação, que era coletada e armazenada em um recipiente plástico. A enxurrada formada nas caixas de madeira era coletada em outros recipientes de polietileno. A razão de se colocar a microparcela cheia de terra em cima da caixa de metal com areia fina era a de formar uma coluna contínua de água, para facilitar a infiltração.

As figuras 2 e 3 mostram um esquema da caixa de madeira e da de metal galvanizado. As figuras 4, 5 e 6 mostram aspectos do equipamento utilizado.

3.1.4. Cobertura do solo

Como cobertura do solo, usou-se capim gordura (Melinis minutiflora Beauv.) o qual foi cortado e posto para secar ao sol. A quantidade de capim utilizada foi de 250 g por $0,5 \text{ m}^2$ de superfície, ou seja uma cobertura morta de 5 toneladas por hectare. A figura 7 mostra duas caixas de madeira contendo a amostra de solo com cobertura morta.

3.2. Método

3.2.1. Delineamento Experimental

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado em esquema fatorial de 2^5 , com tres repetições, visando determinar o efeito dos diferentes fatores sobre a erosão do solo, assim como também determinar a erodibilidade relativa dos solos estudados. Os fatores (tratamentos) foram aplicados na seguinte ordem:

- a) solos (Série Luiz de Queiroz e Série Quebra-Dente);
- b) cobertura (sem e com);

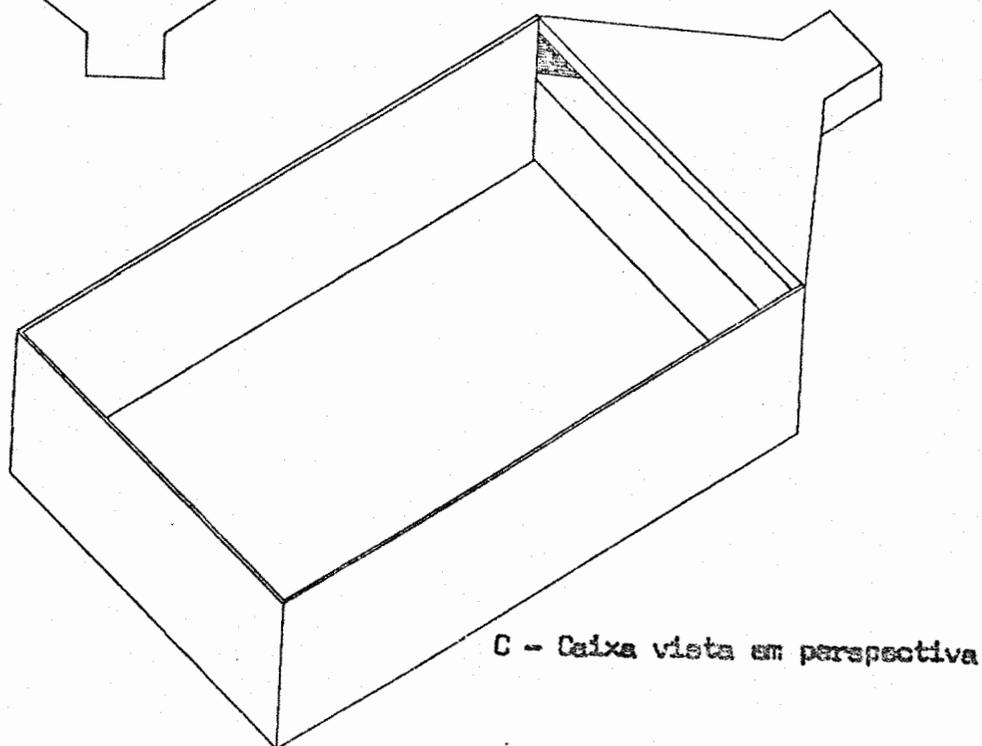
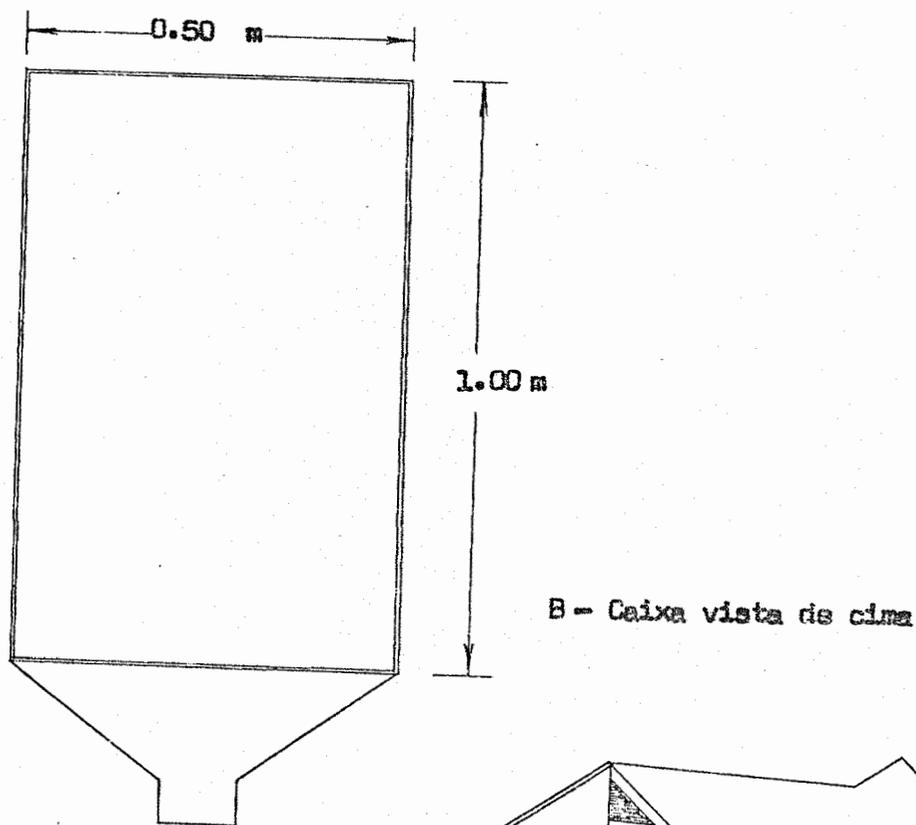
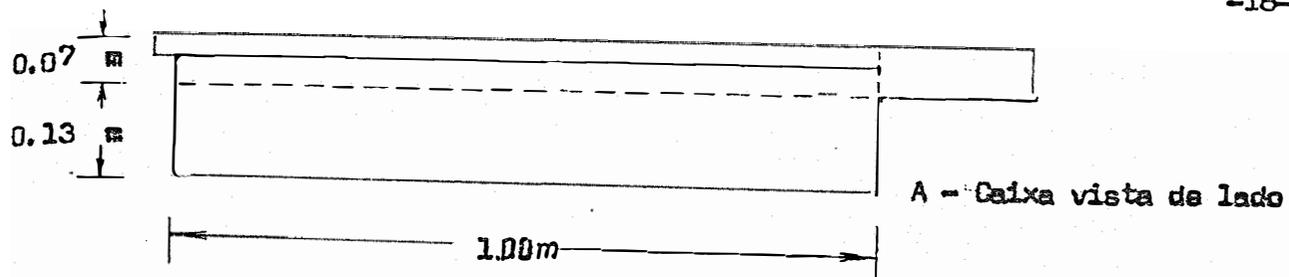


Fig. 2 - Esquema da caixa de madeira para conter a amostra de solo

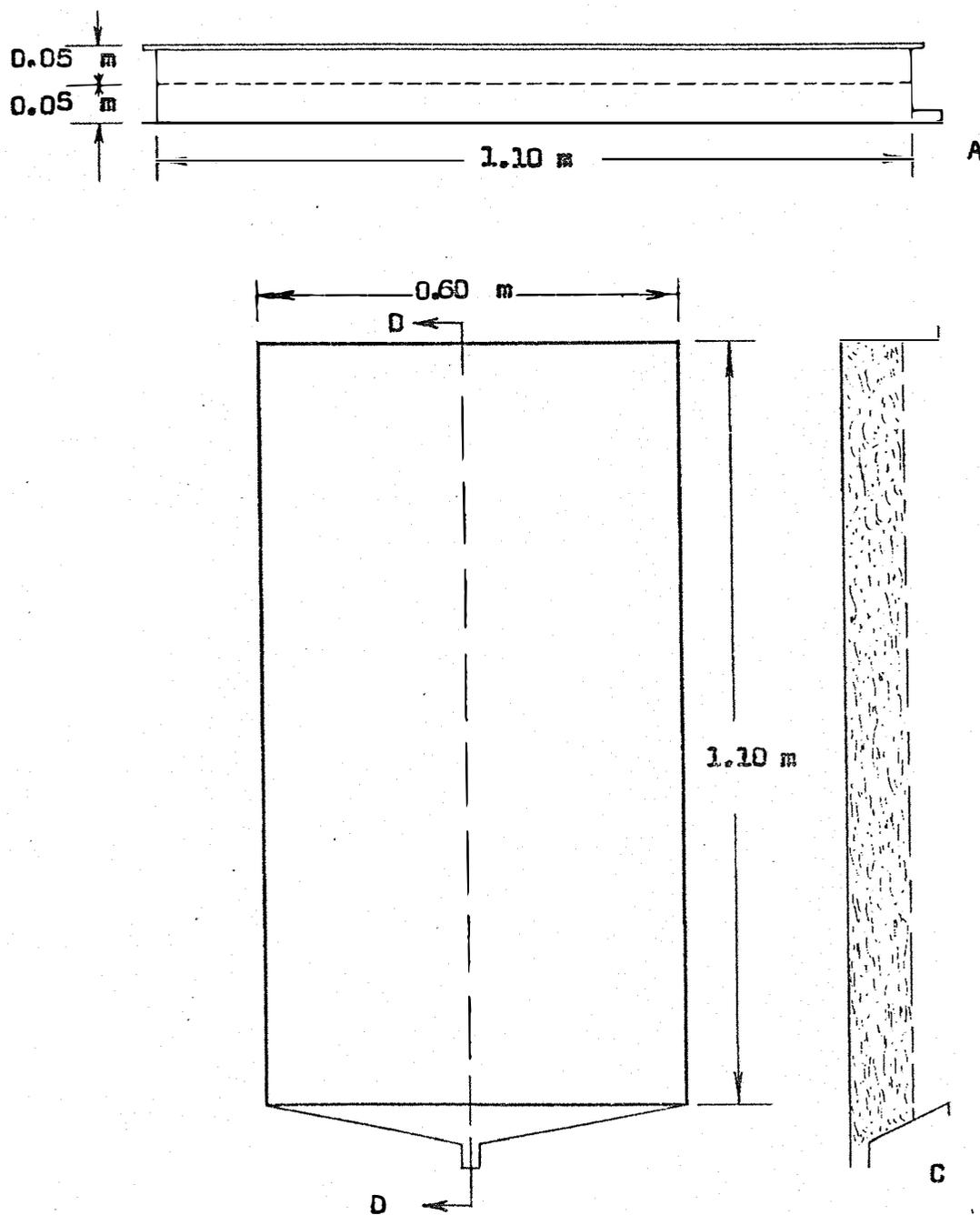


Fig. 3 - Esquema da caixa metálica de drenagem

- A -- Caixa vista de lado
- B -- Caixa vista de cima
- C -- Corte D-D^o da caixa

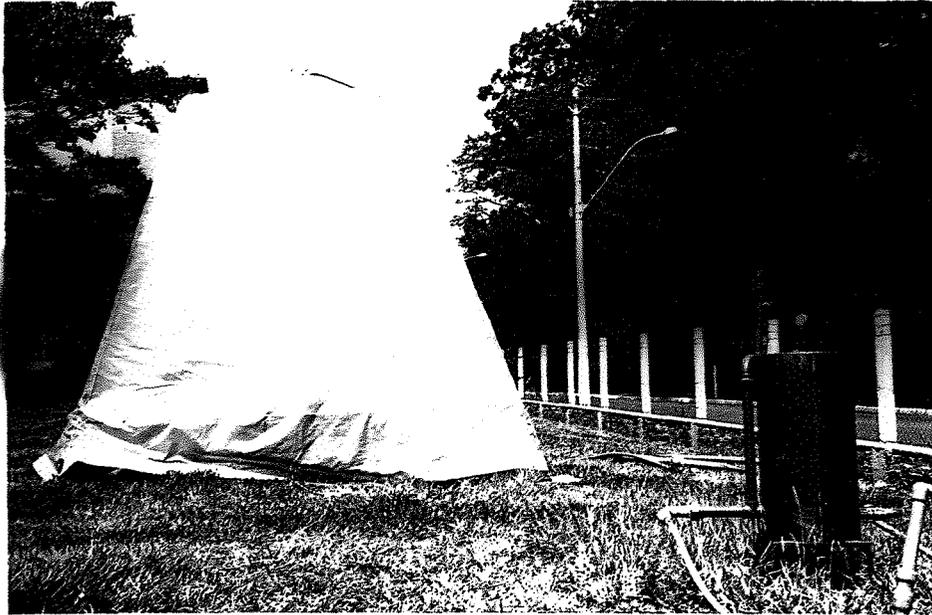


Fig. 4 -- Simulador-de-chuva



Fig. 5 - Conjunto de simulador-de-chuva,
caixas de madeira e recipientes
coletores.

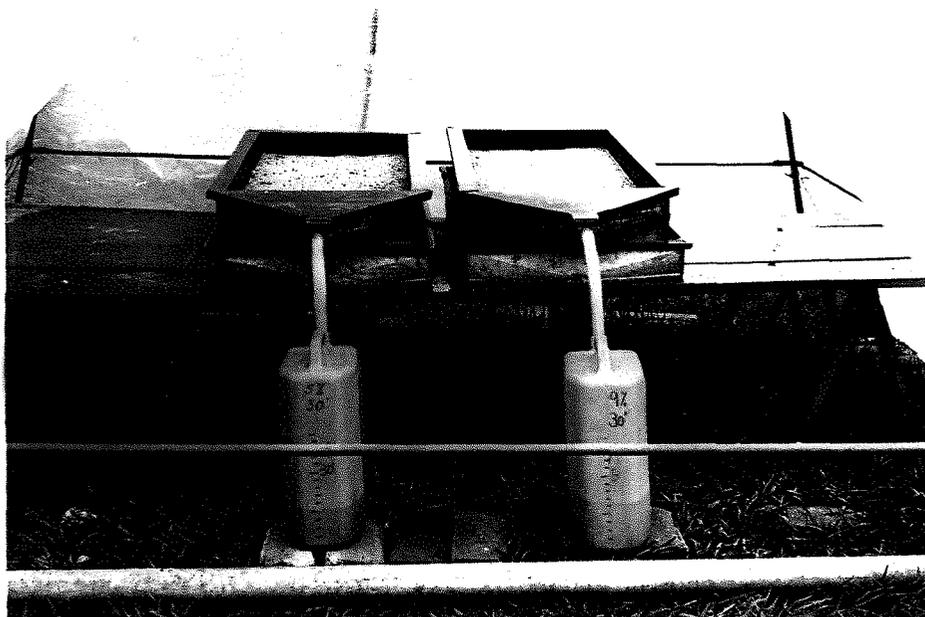


Fig. 6 Conjunto de caixas de madeira, caixas de metal galvanizado e recipientes coletores.



Fig. 7 -- Caixas de madeira contendo a amostra de solo com cobertura morta.

- c) declividade (S_1' e S_2');
- d) intensidade da chuva (63,5 e 82,55 mm/h);
- e) tempo (15 e 30 min.).

O Quadro 2 contém o esquema e a identificação numérica dos tratamentos.

3.2.2. Critérios e convenções

O critério usado para a comparação do efeito dos tratamentos foi a quantidade de perdas de solo pela erosão na enxurrada coletada. Os dados obtidos foram submetidos apenas a uma análise de variância, uma vez que permitiu a comparação do efeito dos dois tratamentos correspondentes a cada fator.

As convenções utilizadas, para apresentar os limites fiduciais de "F" na análise de variância, aos níveis de 5 e 1%, foram um e dois asteriscos, respectivamente.

3.2.3. Amostragem dos solos

As amostras foram coletadas seguindo-se as recomendações usuais: exposição do perfil, identificação do horizonte e, uma vez confirmadas as características da unidade taxonômica, recolheram-se aproximadamente 3.970 kg de material do horizonte Ap de cada série de solo.

As amostras foram postas a secar ao ar e à sombra; posteriormente, foram desterradas e passadas num tamis com crivos de 4 mm de diâmetro.

QUADRO 2 - Esquema do Experimento Fatorial 2⁵.

F A T O R E S					Tratamento
Solo	Cobertura	Declividade (%)	Intensidade (mm/h)	Tempo (minutos)	Nº
Série Luiz de Queiroz	Sem	5	63,50	15	1
				30	2
		82,55	15	3	
			30	4	
		9	63,50	15	5
				30	6
	82,55	63,50	15	7	
			30	8	
	Com	5	63,50	15	9
				30	10
		82,55	63,50	15	11
				30	12
9		63,50	15	13	
			30	14	
82,55	63,50	15	15		
		30	16		
Série Quebra-Dente	Sem	5	63,50	15	17
				30	18
		82,55	63,50	15	19
				30	20
		9	63,50	15	21
				30	22
	82,55	63,50	15	23	
			30	24	
	Com	5	63,50	15	25
				30	26
		82,55	63,50	15	27
				30	28
9		63,50	15	29	
			30	30	
82,55	63,50	15	31		
		30	32		

3.2.4. Determinação das perdas de solo

As amostras de solo uma vez tamisadas foram colocadas nas caixas de madeira, as quais foram umedecidas com chuva simulada durante 15 minutos. Uma hora depois, foi iniciado o experimento. A enxurrada foi coletada nos recipientes de polietileno. Seis horas depois de coletada a enxurrada, tomou-se uma alíquota de 100 ml que foi colocada na estufa, a 110°C durante 24 h, para a determinação da quantidade de sólidos. A massa de solo remanescente nos recipientes de polietileno foi pesada e colocada na estufa, a 110°C durante 24 h para a determinação da umidade. A quantidade de sólidos foi calculada em g/0.5 m² e expressa em g/m², depois de corrigida em função do peso de material em suspensão.

3.2.5. Determinação do Fator Erosividade da chuva

Para a determinação da energia cinética da chuva com as duas intensidades utilizadas, aplicou-se a equação desenvolvida por WISCHMEIER & SMITH (47).

$$Y = 12,142 + 8,877 \log_{10} X$$

Estas energias cinéticas foram multiplicadas pelas respectivas quantidades de precipitação para se determinar o índice de erosividade da chuva, desenvolvido por HUDSON (18).

3.2.6. Determinação do Fator Erodibilidade do solo

Para a determinação do fator erodibilidade do solo aplicou-se a equação de perdas de solo desenvolvida por WISCHMEIER & SMITH (48).

O fator erosividade da chuva (R) foi calculado para cada u-

na das intensidades de chuva utilizadas de acordo com a equação de WISCHMEIER & SMITH (47):

O fator declividade e comprimento da rampa (SL) foi reduzido às condições padrões, utilizando-se a seguinte relação:

$$SL = \sqrt{\frac{L}{100}} (1.36 + 0.97s + 0.138 s^2) \quad (16)$$

Tendo-se utilizado os dados referentes aos tratamentos que não incluíam Cobertura do Solo, o cálculo do índice de erodibilidade do solo foi obtido pela seguinte expressão:

$$K = \frac{A}{R \times SL}$$

4. RESULTADOS

Os dados foram utilizados para o estudo das perdas de terra, nas condições do experimento e para a avaliação do índice de erodibilidade dos solos.

4.1. Perdas de terra

Os dados obtidos por meio dos experimentos realizados foram submetidos a uma análise de variância, cujos resultados estão apresentados no quadro 3.

Nesse quadro, pode-se observar que houve diferenças significativas entre os efeitos isolados dos tratamentos e entre as interações de primeira ordem.

O quadro 4 apresenta o efeito isolado dos tratamentos, Solo, Intensidade da Chuva, Duração da Chuva, Declividade e Cobertura do Solo sobre as perdas de terra, expressos em g/m^2 e em porcentagem; atribuindo-se 100 ao menor valor de cada tratamento.

Uma comparação preliminar mostra que as diferenças em perdas de terra foram devidas principalmente ao efeito da Cobertura do Solo, da Duração da Chuva e da Declividade. Os efeitos do Solo e Intensidade da Chuva, embora significativos, foram menos pronunciados.

QUADRO 3 - Análise da variância dos dados obtidos.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Solo (S)	1	2.321,55	2.321,55	1.059,83**
Intensidade (I)	1	1.478,23	1.478,23	681,21**
Tempo (T)	1	5.767,71	5.767,71	2.637,92**
Declividade (D)	1	2.497,47	2.497,47	1.150,90**
Cobertura (C)	1	12.396,71	12.396,71	5.712,76**
S x I	1	15,81	15,81	7,29**
S x T	1	627,66	627,66	289,24**
S x D	1	722,31	722,31	328,86**
S x C	1	1.251,87	1.251,87	576,89**
I x T	1	356,70	356,70	164,37**
I x D	1	63,16	63,16	29,10**
I x C	1	1.263,60	1.263,60	582,30**
T x D	1	731,23	731,23	336,97**
T x C	1	3.174,58	3.174,58	1.462,94**
D x C	1	1.951,84	1.951,84	899,46**
Outras Interações	16	2.544,53	159,03	73,28
Tratamentos	31	37.164,96	1.198,86	552,47
Resíduo	64	136,95	2,17	-
Total	95	37.303,91	-	-

QUADRO 4 - Efeito isolado dos tratamentos.

Tratamento		Perda de Terra (g/m ²)	Porcentagem
Solo (série)	Quebra-Dente	19,78	100
	Luiz de Queiroz	39,44	199
Intensidade (mm/h)	63,50	21,76	100
	82,55	37,46	172
Duração (min)	15	14,10	100
	30	45,11	320
Declividade (%)	5	19,41	100
	9	38,81	205
Cobertura	Com	6,89	100
	Sem	52,34	760

O quadro 5 apresenta o desdobramento das interações de primeira ordem, que foram as únicas estudadas, por não se julgar viável uma análise mais complexa. Todas essas interações mostraram-se também significativas a 1% de probabilidade.

Os efeitos das interações de primeira ordem que incluem Solo, Intensidade da Chuva, Duração da Chuva, Declividade e Cobertura do Solo estão apresentados nos quadros 6, 7, 8 e 9, respectivamente. Nesses quadros, as médias referentes às perdas de terra estão expressas em g/m^2 .

Como se pode observar, todas as médias apresentaram diferenças altamente significativas entre si.

O quadro 6 mostra, no entanto, que houve uma diferença muito evidente entre o comportamento das amostras da Série Luiz de Queiroz e Quebra-Dente.

QUADRO 5 - Análise da variância para o desdobramento das interações de primeira ordem.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Int. dentro do Solo L.Q.	1	594,11	594,11	273,78**
Int. dentro do Solo Q.D.	1	899,55	899,55	414,54**
Tempo dentro do Solo L.Q.	1	5.099,59	5.099,59	2.350,04**
Tempo dentro do Solo Q.D.	1	1.295,01	1.295,01	596,78**
Declividade dentro do Solo L.Q.	1	2.953,01	2.953,01	1.350,83**
Declividade dentro do Solo Q.D.	1	266,78	266,78	122,94**
Cobertura dentro do Solo L.Q.	1	10.763,72	10.763,72	4.960,24**
Cobertura dentro do Solo Q.D.	1	2.884,86	2.884,86	1.329,43**
Tempo dentro da Int. 63.50	1	1.627,86	1.627,86	750,17**
Tempo dentro da Int. 82.55	1	4.496,56	4.496,56	2.072,15**
Decliv. dentro da Int. 63.50	1	883,14	883,14	406,98**
Decliv. dentro da Int. 82.55	1	1.677,50	1.677,50	773,04**
Cobertura dentro da Int. 63.50	1	2.872,32	2.872,32	1.323,65**
Cobertura dentro da Int. 82.55	1	10.788,01	10.788,01	4.971,43**
Decliv. dentro do Tempo 15	1	262,97	262,97	121,16**
Decliv. dentro do Tempo 30	1	2.965,74	2.965,74	1.366,70**
Cobertura dentro do Tempo 15	1	1.512,34	1.512,34	696,93**
Cobertura dentro do Tempo 30	1	14.058,95	14.058,95	6.478,78**
Cobertura dentro da Decliv. 5	1	2.255,30	2.255,30	1.039,31**
Cobertura dentro da Decliv. 9	1	12.093,26	12.093,26	5.572,93**
Tratamentos	31	37.164,96	1.198,86	552,47
Resíduo	64	138,95	2,17	-
Total	95	37.303,91	-	-

QUADRO 6 -- Efeito das interações que incluem Solos, sobre as perdas de terra, expressas em g/m^2 .

Interações		Solos	
		Luiz de Queiroz	Quebra-Dente
Intensidade (mm/h)	63,50	32,40	11,12
	82,55	46,48	28,44
Duração (min)	15	18,82	9,38
	30	60,06	30,16
Declividade (%)	5	23,76	15,05
	9	55,14	24,48
Cobertura	Sem	69,40	35,28
	Com	9,50	4,27

QUADRO 7 - Efeito das interações que incluem Intensidade da chuva sobre as perdas de terra, expressas em g/m^2 .

Interações		Intensidade (mm/h)	
		63,50	82,55
Duração (min)	15	10,12	18,10
	30	33,40	56,82
Declividade (%)	5	13,18	25,64
	9	30,34	49,26
Cobertura	Sem	37,24	67,44
	Com	6,30	7,48

QUADRO 8 - Efeito das interações que incluem Duração da chuva, sobre as perdas de terra, expressas em g/m^2 .

Interações		Duração (min)	
		15	30
Declividade (%)	5	9,42	29,40
	9	18,78	60,84
Cobertura	Sem	25,34	79,34
	Com	2,88	10,88

QUADRO 9 - Efeito da interação da Declividade com Cobertura, sobre as perdas de terra, expressas em g/m^2 .

Interação		Declividade (%)	
		5	9
Cobertura	Sem	33,12	71,56
	Com	5,70	8,06

4.2. Índice de erodibilidade dos solos

As erosividades das chuvas simuladas foram utilizadas nesse experimento estão apresentadas no quadro 10.

QUADRO 10 - Erosividade das chuvas simuladas.

Intensidade da chuva (mm/h)	Duração da chuva (min)	R (kgm/ha)
63,50	15	446,80
	30	893,60
82,55	15	601,73
	30	1203,46

Os valores dos fatores declividade e comprimento do declive estão contidos no quadro 11.

QUADRO 11 - Fatores declividade e comprimento do declive

Declividade (%)	Comprimento do declive (m)	SL
5	1	0,154
9	1	0,385

Os valores da erodibilidade do solo foram calculados com base nos resultados de perdas de terra dos tratamentos que não incluíram cobertura do solo.

Esses valores e as médias para cada solo estudado estão apresentados no quadro 12, expressos em t/ha por unidade de erosividade.

QUADRO 12 - Erodibilidade dos solos das Séries Luiz de Queiroz e Quebra-Dente.

Série Luiz de Queiroz		Série Quebra-Dente	
Tratamento Nº	K	Tratamento Nº	K
1	1.75	17	1.17
2	3.03	18	1.62
3.	2.77	19	2.20
4	4.23	20	3.04
5	2.37	21	0.62
6	3.74	22	0.97
7	2.32	23	1.33
8	3.76	24	2.16
Média	3.00	Média	1.64

Pode-se observar que o índice médio de erodibilidade da amostra da Série Quebra-Dente é mais baixo do que o da Série Luiz de Queiroz.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A discussão dos resultados obtidos, através da análise estatística dos dados de perdas de terra e pela comparação dos dados calculados referentes ao índice de erodibilidade das amostras superficiais das séries estudadas, está apresentada a seguir.

5.1. Perdas de terra

O efeito da intensidade da chuva, assinalado por BERTRAND & SOR (8), ROGERS et al (32), MAZURAK & MOSHER (20), RAMIREZ VELASQUEZ (30) e BARNETT & DOOLEY (4), foi comprovado. Entretanto, analisado isoladamente, o efeito da intensidade da chuva foi o menos importante.

A duração da chuva, estudada em relação às perdas de terra por ADAMS et al (2), WISCHMEIER & SMITH (47) e RAMIREZ VELASQUEZ (30), apresentou importância maior do que a da intensidade da chuva e do que a das declividades experimentadas. Deve-se lembrar, no entanto, que maiores declividades, se houvessem sido experimentadas, poderiam alterar esse resultado.

O efeito da erosividade da chuva, estudado por OSBORN (27 e 28), SMITH & WISCHMEIER (36 e 37), WISCHMEIER (43 e 45) e HUDSON (32), foi, também, comprovado. Observando-se que as perdas de terra acompanharam o au

mento da erosividade.

A cobertura do solo foi, dos fatores estudados, o que apresentou maior efeito sobre as perdas por erosão. Esse fato vem corroborar as afirmações de BORST & WOODBURN (9) e SREENIVAS *et al* (36), além de outros pesquisadores. A quantidade de 5 t de capim por ha, alta em relação às quantidades utilizadas por MANNERING & MEYER (19), e por MEYER *et al* (24), mostrou ser altamente eficiente no controle da erosão.

As amostras dos solos da Série Luiz de Queiroz apresentaram comportamentos diferentes dos da Série Quebra-Dente. Surpreendentemente, a camada superficial da Série Quebra-Dente é mais resistente à erosão do que a da Série Luiz de Queiroz. Esse fato encontra explicação na maior permeabilidade apresentada pelas amostras da Série Quebra-Dente, em consequência de sua textura mais grossa. Parece justo poder-se generalizar, dizendo que os solos da série Quebra-Dente são mais resistentes à erosão do que os da Série Luiz de Queiroz; uma vez que ambos apresentam perfis com um horizonte B argílico, como foi descrito por PANZANI *et al* (31).

O efeito das interações confirma este último resultado. O horizonte superficial da Série Quebra-Dente, submetido a quaisquer das condições do experimento, foi sempre mais resistente à erosão do que o da Série Luiz de Queiroz.

As maiores perdas de terra ocorreram quando se utilizou alta intensidade de chuva simulada e solo sem cobertura; entretanto as menores perdas foram observadas, quer em baixa quer em alta intensidade de chuva quando o solo estava protegido.

O efeito da cobertura do solo foi eficiente para o controle da erosão em ambas as declividades, especialmente para diminuir as perdas na declividade maior. Esse fato se deve, provavelmente, ao efeito descrito por MANNERING & MEYER (19) e por EPSTEIN (18). Naquelas condições o efeito

da enxurrada se faz sentir mais intensamente e a cobertura, além de diminuir a desagregação do solo, deve dificultar as perdas por enxurrada.

5.2. Índice de erodibilidade dos solos

Os índices de erodibilidade dos solos, calculados pela equação de perdas de WISDHMEIER & SMITH (48), mostraram grande variação. Essa variação deve ter sido causada pela desuniformidade das amostras submetidas à chuva simulada.

As perdas de solo obtidas devem ter sido maiores do que as que ocorreriam se o solo estivesse em condições naturais. Isto pode ser devido a que as amostras dos solos se apresentavam modificadas pelo preparo prévio.

A média, calculada para cada solo, não pode, por esse motivo, ser tomada como a expressão da erodibilidade desses solos, se não como um valor relativo. A pesar disso, a média dos valores calculados para a Série Luiz de Queiroz foi quase duas vezes maior do que a dos valores calculados para a Série Quebra-Dente. Isso vem reforçar o que foi observado pela análise das perdas de terra.

6. CONCLUSÕES

A análise e discussão dos resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- 1 - As perdas de terra dependem, em grande parte, da declividade do terreno e da erosividade da chuva;
- 2 - Os solos da Série Quebra-Dente são mais resistentes à erosão pela chuva do que os Solos da Série Luiz de Queiroz;
- 3 - A cobertura do solo é uma prática de manejo eficiente para o controle da erosão pela chuva nos solos da Série Quebra-Dente e Luiz de Queiroz.

7. RESUMO

Este trabalho foi realizado com a finalidade de comparar as perdas por erosão em amostras de dois solos de ocorrência muito frequente no Município de Piracicaba.

O experimento constou de um fatorial 2^5 , em que os fatores utilizados foram:

Solo (Série Quebra-Dente e Série Luiz de Queiroz);

Cobertura (Sem e Com);

Declividade (5 e 5 $\frac{1}{2}$);

Intensidade da Chuva Simulada (63,50 e 82,55 mm/h);

Duração da Chuva Simulada (15 e 30 min.).

Para a realização do experimento utilizou-se um simulador-de-chuva, construído na E.S.A. "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, o qual constitui uma modificação do "Pardue Sprinkling Infiltrometer", idealizado por BERTRAND e PARR (7).

O solo da Série Quebra-Dente (Podzólico Vermelho-Amarelo) apresentou, comparativamente ao da Série Luiz de Queiroz (Terra Roxa Estruturada), uma erodibilidade muito mais baixa.

Sob quaisquer condições, a cobertura do solo revelou-se uma prática de manejo altamente eficiente para controlar a erosão hídrica nos dois solos estudados.

8. SUMMARY

This paper deals with the measurement of soil losses from samples taken from the upper horizon of two soil series occurring in the Piraicaba Municipality.

The experiment was a 2^5 factorial, in which the factors studied were:

Soil (Quebra-Dente Series and Luiz de Queiroz Series);

Mulch (with and without);

Slope (5 and 9%);

Intensity of simulated rain (63,50 and 82,55 mm/h);

Time of simulated rain (15 and 30 min.).

The Pardeu Sprinkling Infiltrometer of BERTRAND and PARR (7) modified at E.S.A. "Luiz de Queiroz" was used as a rain simulator.

The soil of the Quebra-Dente Soil Series was considerably more resistant to water erosion than the Luiz de Queiroz Soil Series.

Under all of the conditions tested mulch showed to be highly efficient in the control of water erosion in both of the studied soils.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- ADAMS, J.E. Influence of mulches on runoff, erosion, and soil moisture depletion. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 30: 110-4, 1966.
- 2.- _____; KIRKHAM, D.; NIELSEN, D.R. A portable rainfall-simulator infiltrometer and physical measurements of soil in place. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 21: 473-6, 1957.
- 3.- AREND, J.L. & HORTON, R.E. Some effects of rain intensity, erosion, and sedimentation on infiltration capacity. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 7: 62-9, 1942.
- 4.- BARNETT, A.P. & DOOLEY, A.E. Erosion potencial of natural and simulated rainfall compared. Trans. ASAE, St. Joseph, Mich., 15: 1112-4, 1972.
- 5.- _____ & ROGERS, J.S. Soil physical properties related to runoff and erosion from artificial rainfall. Trans. ASAE, St. Joseph, Mich., 9: 123-8, 1966.
- 6.- _____ et alii. Soil erodibility factors for selected soils in Georgia and South Carolina. Trans. ASAE, St. Joseph, Mich., 8: 393-5, 1965.
- 7.- BERTRAND, A.R. & PARR, J.F. Design and operation of the PURDUE Sprinkling Infiltrometer. Res. Bull. Purdue Univ. Engng. Exp. Stn, Lafayette, 1961.

- 8.-- _____ & SOR, K. Effects of rainfall intensity on soil structure and migration of colloidal materials in soils. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 26: 297-300, 1962.
- 9.-- BORST, H.L. & WOODBURN, R. The effect of mulching and methods of cultivation on runoff and erosion for Muskingum silt loam. Agric. Engng., St Joseph, Mich., 23: 19-22, 1942.
- 10.-- BRASIL. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (contribuição à Carta de Solos do Brasil) B. Serv. Nac. Pesq. Agron., Rio de Janeiro, nº 12, 1960, 634 p.
- 11.-- CAPREKER, J.R. The effects of rainfall, land slope, and cropping on runoff and soil losses. J. Soil Wat. Conserv., Baltimore, 9 (3): 115-9, 1954.
- 12.-- ELLISON, W.D. Studies of raindrop erosion. Agric. Engng., St Joseph, Mich., 25: 131-82, 1944.
- 13.-- _____ Soil erosion. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 12: 479-84, 1947.
- 14.-- _____ Soil erosion studies. Agric. Engng., St Joseph, Mich., 28: 145-351, 1947.
- 15.-- EPSTEIN, E.; GRANT, W.J.; STRUCHTEMEYER, R.A. Effects of Stones on runoff, erosion, and soil moisture. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 30: 636-40, 1966.
- 16.-- FAO. La erosión del suelo por el agua. Roma, 1967. 207 p.
- 17.-- GARD, L.E. & VAN DOREN, C.A. Soil losses as affected by cover, rainfall, and slope. Proc. Soil Soc. Amer., Ann Arbor, 14: 374-8, 1949.
- 18.-- HUDSON, N. Soil conservation. New York, Cornell Univ., 1971. 319 p.

- 19.-- MANNERING, J.V. & MEYER, L.D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 27: 84-6, 1963.
- 20.-- MAZURAK, A.P. & MOSHER, P.N. Detachment of soil particles in simulated rainfall. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 32: 716-9, 1968.
- 21.-- MEYER, L.D. Use of the Rainulator for runoff plot research. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 24: 319-22, 1960.
- 22.-- _____ & Mc CUNE, D.L. Rainfall simulator for runoff plots. Agric. Engng., St Joseph, Mich., 39: 644-8, 1958.
- 23.-- _____ & MONKE, E.J. Mechanics of soil erosion by rainfall and overland flow. Trans. ASAE, St Joseph, Mich., 8: 572-7, 1955.
- 24.-- _____ WISCHMEIER, W.H.; FOSTER, G.R. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 34: 926-31, 1970.
- 25.-- MOLDENHAUER, W.C. & LONG, D.C. Influence of rainfall energy on soil loss and infiltration rates. I Effect over a range of texture. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 28: 813-7, 1964.
- 26.-- OLSON, T.C. & WISCHMEIER, W.H. Soil-erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 27: 590-2, 1963.
- 27.-- OSBORN, B. Soil splash by raindrop on bare soils. J. Soil Wat. Conserv., Baltimore, 9 (1): 33-8, 43, 49, 1954.
- 28.-- _____. Effectiveness of cover in reducing soil splash raindrop impact. J. Soil Wat. Conserv., Baltimore, 9 (2): 70-6, 1954.
- 29.-- GOMES, F. PIMENTEL. Curso de estatística experimental. 2. ed. Piracicaba, 1963, 384 p.

- 30.-- RAMIREZ VELASQUEZ, A. The movement of phosphorus from soils as affected by phosphorus application rate, soil texture, slope, cover, and rainfall intensity and duration. Columbus, Ohio, 1971. 49 p. [M.S. -- OSU].
- 31.-- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, 1966. 85 p.
- 32.-- ROGERS, J.S.; BARNETT, A.P.; COBB JR., C. An evaluation of factors affecting runoff and soil loss from simulated rainfall. Trans. ASAE., St Joseph, Mich., 7: 457-9, 1964.
- 33.-- ROSE, C.W. Soil detachment caused by rainfall. Soil Sci., New Brunswick, 89: 26-36, 1960.
- 34.-- SMITH, B.L. & VAN DOREN, JR., D.M. Rainfall intake rates. Ohio Fun Home Res., Wooster, 51 (4): 52-4, 1966.
- 35.-- SMITH, D.D. & SMITH, D.M. Estimating soil losses from field areas of clay pan soil. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 12: 495-90, 1947.
- 36.-- SMITH, D.D. & WISCHMEIER, W.H. Factors affecting sheet and rill erosion. Trans. Am. Geophys. Un., Washington, 38 (6): 889-96, 1967.
- 37.-- _____; _____. Rainfall erosion. Adv. Agron., New York, 14: 109-48, 1962.
- 38.-- SREENIVAS, L.; JOHNSTON, J.R.; HILL, H.O. Some relationship of vegetation and soil detachment in the erosion process. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 12: 471-3, 1947.
- 39.-- SWANSON, N.P. & DEDRICK, A.R. Soil particles and aggregates transported in water runoff under various slope conditions using simulated rainfall. Trans. ASAE, St Joseph, Mich., 10: 246-7, 1967.

- 40.- _____; _____ WEALY, H.E. Soil particles and aggregates transported --
in runoff from simulated rainfall. Trans. ASAE, St Joseph, Mich.,
8: 437-40, 1965.
- 41.- _____ et alii Evaluation of mulches for water-erosion control. Trans.
ASAE, St Joseph, Mich., 8: 438-440, 1965.
- 42.- TAYLOR, R.E. et alii. Corn stover mulch for control of runoff and --
erosion on land planted to corn after corn. Proc. Soil Sci. Soc.
Amer., Ann Arbor, 28: 123-5, 1964.
- 43.- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil loss
equation. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 23: 246-9, 1959.
- 44.- _____. Cropping-management factor evaluation for a universal soil-
loss equation. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 24: 322-6, --
1960.
- 45.- _____. Relation of field-plot runoff to management and physical fac-
tors. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 30: 272-7, 1966.
- 46.- _____ & MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibili-
ty. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, 33: 131-6, 1959.
- 47.- _____ & SMITH, D.D. Rainfall energy its relationship to soil loss. --
Trans. Am. Geophys. Un., St Joseph, Mich., 39 (2): 285-91, 1958.
- 48.- _____; _____. A universal soil-loss equation to guide conservation --
farm planning. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7., Ma-
dison, 1960. Transactions. Madison, 1960. v. 2, p. 418-25.
- 49.- WOODRUFF, C.M. Erosion in relation to rainfall, crop cover, and slo-
pe on a Greenhouse plot. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Ann Arbor, --
12: 475-8, 1947.
- 50.- YOUNG, R.A. & MITCHLER, C.K. Effect of slope shape on erosion and ru-
noff. Trans. ASAE, St Joseph, Mich., 12: 231-33, 39, 1969.

APENDICE

QUADRO 1 -- Dados obtidos durante o experimento. (Perdas de terra em g/m^2).

TRATAMENTO	DETERMINAÇÕES		
	Nº	1	2
1	12.12	10.82	13.36
2	42.52	38.66	43.84
3	27.22	24.38	25.48
4	79.58	72.00	83.70
5	42.50	36.88	43.14
6	133.92	119.14	132.66
7	55.02	53.26	52.94
8	175.82	171.76	174.74
9	3.08	2.68	3.94
10	13.46	12.16	11.72
11	4.74	5.08	4.16
12	12.58	12.42	11.48
13	3.98	4.42	4.32
14	16.22	16.92	16.34
15	6.30	6.72	6.34
16	16.30	16.78	16.74
17	8.10	6.92	9.12
18	21.94	17.68	27.40
19	21.98	16.28	22.84
20	58.20	50.12	60.56
21	11.32	8.12	13.66
22	31.84	28.54	39.38
23	33.24	29.72	29.78
24	105.02	93.74	101.40
25	0.64	0.70	0.70
26	5.18	5.22	5.42
27	0.92	1.00	0.96
28	6.22	5.96	7.36
29	0.92	1.14	1.16
30	6.36	7.66	7.62
31	2.04	2.12	2.08
32	10.64	9.56	10.88