

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE  
EM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO

EVANDRO CARNEIRO MARTINS FILHO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM AGRONOMIA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO  
DE PLANTAS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1984

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de mestre em Agronomia Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgada pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

---

Evandro Carneiro Martins Filho

DISSERTAÇÃO APROVADA EM

---

Mardônio Aguiar Coelho, Ph. D.  
Orientador

---

José Ronaldo Coelho Silva, Mestre  
Co-Orientador

---

Elder Gurgel Souza Moreira, Doutor

---

Luiz Carlos Uchoa Saunders, Doutor



A memória de DULCE DE CASTRO MARTINS, minha mãe  
A minha esposa e filho

D E D I C O

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Ronaldo Coelho Silva, pela orientação segura, pela amizade e pelo estímulo.

Ao Professor Elder Gurgel Souza Moreira e demais integrantes do Convênio POLONORDESTE/SEPLAN-CE/FCPC/UFC - Ibiapaba, pela oportunidade de utilização de equipamentos e instalações.

Aos Professores Mardônio Aguiar Coelho, Luís Carlos Uchoa Saunders e Elder Gurgel Souza Moreira, pelas sugestões e colaborações recebidas.

Aos demais Professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, pelos ensinamentos recebidos.

Ao Programa CAPES - Demanda Social pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Banco do Nordeste do Brasil S.A. através do Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro necessário à realização da pesquisa.

À Dra. Helena Mattos de Carvalho Mendes, diretora da Biblioteca Central da UFC e às funcionárias Jandira Gomes Pinheiro e Lúcia Ferreira Mendes.



## SUMÁRIO

	página
LISTA DE QUADROS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 - <u>REVISÃO DA LITERATURA</u> .....	3
2.1 - <u>A Equação Universal de Perdas de Solo</u> .....	3
2.2 - <u>Determinação da Erodibilidade do Solo</u> .....	6
2.2.1 - <u>Determinação direta</u> .....	6
2.2.1.1 - <u>Determinação através de chuva natural</u> .....	6
2.2.1.2 - <u>Determinação através de chuva simulada</u> .....	8
2.2.2 - <u>Determinação indireta</u> .....	14
2.2.2.1 - <u>Determinação através de propriedades físicas e químicas</u> .....	14
2.2.2.1.1 - <u>Determinação através do método nomográfico de WISCHMEIER et alii</u> .....	24
2.3 - <u>Conhecimentos Atuais sobre a Erodibilidade do Solo</u> .....	29
3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	32
3.1 - <u>Material</u> .....	32
3.1.1 - <u>Características da área estudada</u> .....	32
3.1.1.1 - <u>Localização</u> .....	32
3.1.1.2 - <u>Clima</u> .....	32
3.1.1.3 - <u>Vegetação</u> .....	33
3.1.1.4 - <u>Geologia</u> .....	33
3.1.1.5 - <u>Geomorfologia</u> .....	33
3.1.1.6 - <u>Solo</u> .....	34
3.2 - <u>Métodos</u> .....	34
3.2.1 - <u>Amostragem</u> .....	34
3.2.2 - <u>Erodibilidade do solo com chuva natural</u> .....	35
3.2.3 - <u>Erodibilidade do solo com chuva simulada</u> .....	35

3.2.4 - Erodibilidade do solo pelo método nomográfico	
CO .....	36
3.2.5 - Conversão de valores da erodibilidade para	
o Sistema Métrico Internacional .....	37
3.2.6 - Análise estatística dos dados .....	38
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	39
4.1 - <u>Determinação Indireta da Erodibilidade pelo Mé-</u>	
<u>todo Nomográfico</u> .....	39
4.2 - <u>Avaliação do Método Nomográfico em Relação aos</u>	
<u>Métodos Diretos de Determinação da Erodibili-</u>	
<u>dade</u> .....	42
5 - <u>CONCLUSÕES</u> .....	47
6 - <u>APÊNDICES</u> .....	48
7 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	56



LISTA DE QUADROS

QUADRO		página
1	Parâmetros utilizados na determinação da erodibilidade de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-Ce., através do método nomográfico de WISCHMEIER .....	40
2	Fator de erodibilidade médio anual de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-Ce., determinado com chuva natural no período abril de 1980 a dezembro de 1983 .....	43
3	Erodibilidade de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-Ce., determinado com simulador de chuva .....	44
4	Valores de erodibilidade determinado .....	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		página
1	Mapa do Ceará com indicação da área de localização do solo estudado .....	50
2	Nomograma de Wischmeier apresentado em unidades do Sistema Internacional, segundo FOSTER et alii, 1981 .....	51

## RESUMO

Revisão da literatura acerca da erodibilidade do solo revelou que nenhum dos índices de erodibilidade existentes é capaz de interpretar, de forma absoluta, as interações complexas entre as propriedades que governam a erodibilidade.

Foi determinada a erodibilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-CE, utilizando-se o método nomográfico de Wischmeier, comparando-a com valores obtidos através de chuva natural e chuva simulada.

A erodibilidade com o nomograma foi igual a 0,003 t/ha.R<sup>-1</sup>, com chuva natural foi de 0,021 t/ha.R<sup>-1</sup> e com chuva simulada foi igual a 0,028 t/ha.R<sup>-1</sup>, em unidades do Sistema Métrico Internacional.

A comparação estatística utilizando o teste t de Student, ao nível de 5% de probabilidade mostrou que o método nomográfico é pouco confiável e impreciso para o solo estudado ou outros solos de características semelhantes.

A alta permeabilidade juntamente com altas percentagens de areia (2,0 - 0,1mm) e baixos teores de silte e mais areia muito fina exerceram maior influência no pequeno valor da erodibilidade determinado com o nomograma.

## ABSTRACT

Literature review in soil erodibility showed that there is no erodibility index that be able to interpret, in a sound basis, the complex interactions among these governing soil's erodibility properties.

Erodibility value of a Red Yellow Distrophic Latosol soil at Ubajara country, Ceará, Brazil, was determined by using Wischmeier's nomograph.

The resulting value,  $K = 0,003 \text{ t,ha.h/ha.MJ.mm}$  was compared with values obtained from determinations with natural ( $K = 0,028$ ) and simulated rainfall ( $K = 0,021$ ).

A statistical comparison using Student's test at the 5% probability level showed that the nomographic method is unreliable and non accurate for this soil and others one with similar characteristics.

High soil permeability, high sand (2,0 - 0,1mm) percentage and low value of silt plus very fine sand markedly influenced the low erodibility value determined using the nomographic method in the soil studied.



## 1 - INTRODUÇÃO

O fenômeno da erosão se registra desde os estágios iniciais da formação do solo, atuando como mantenedor do equilíbrio de ganhos e perdas do próprio solo, enfocado como um sistema aberto, anatômico e transformador de energia. Nesta maneira de atuação do fenômeno erosivo, as taxas de perdas do solo permanecem sempre menores ou iguais às taxas de forma  
ção.

A partir do momento em que neste sistema é introduzida a ação do homem, este equilíbrio é violentado, elevando as taxas de perdas de solo além das de formação, caracterizando o processo de erosão acelerada.

No Planalto da Ibiapaba, região onde ocorre relativamente alta pluviosidade média anual, observa-se o desenvolvimento de uma agricultura intensiva, na qual predomina o uso crescente de insumos modernos, notadamente, fertilizantes. Entretanto, a erosão representa uma das causas principais do empobrecimento e degradação das terras, e o desbravamento de novas áreas, crescente mecanização das lavouras e o uso inadequado dos solos locais vem acelerando o processo erosivo.

A erosão depaupera os solos tanto pela desagregação e carreamento de suas partículas, quanto pelo transporte dos nutrientes a elas adsorvidos, e em prazo mais elástico poderá destruí-los, prejudicando as áreas agricultáveis e que constituem um dos mais valiosos bens do homem, atualmente tão aviltados pela prática da agricultura predatória.

A Conservação do Solo deve ser entendida como toda e qualquer medida que se adote para manter o solo produtivo economicamente por tempo indefinido. São necessárias, portanto, pesquisas dirigidas à identificação dos principais fatores que influenciam a erosão e consequentes perdas de solo, passo inicial para o planejamento e execução de práticas conservacionistas, objetivando o uso racional dos solos da região.

A erodibilidade, (K), constitui um destes fatores e sua presença na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), como componente dimensional, enfatiza a necessidade de determinar seu valor.

O Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em estudo no presente trabalho, pode ser considerado, em termos de extensão, topografia e condições físicas, entre os mais importantes solos mapeados no Estado do Ceará para os futuros planejamentos agrícolas, devendo ser racional e intensamente cultivado.

A identificação da erodibilidade desta unidade de solo é necessária, portanto, para que seja possível utilizar o seu valor juntamente com os demais fatores da EUPS no sentido de planejar práticas adequadas de controle da erosão, visando a manter as perdas de solo dentro dos limites de tolerância.

A determinação da erodibilidade dos solos por métodos diretos - chuva natural e chuva simulada - apresenta a desvantagem de ser demorada e custosa, quando cotejada com o uso do método nomográfico de WISCHMEIER et alii (1971). A necessidade de da obtenção imediata de resultados tem levado à utilização deste último método, sem que, no entanto, sua validade de uso em solos de características diferentes daquelas em que foi concebido tenha sido suficientemente testada.

Dessa forma, são, pois, objetivos do presente estudo:

(a) apreciar, através de revisão bibliográfica, os conhecimentos atuais acerca da erodibilidade dos solos;

(b) determinar o valor do fator K de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVd) da Ibiapaba, através do emprego do método nomográfico de WISCHMEIER et alii (1971).

(c) comparar o valor de K assim determinado com aqueles obtidos com chuvas simuladas e com chuvas naturais, verificando a significância da diferença entre os três métodos e testando a aplicabilidade do método nomográfico para solos tropicais.



## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. - A Equação Universal de Perdas do Solo

A erosão é o resultado da interação complexa de forças naturais e humanas, segundo SURMACH (1979).

Nas últimas décadas muitos pesquisadores têm proposto fórmulas nas quais alguns fatores da erosão natural estão associados por uma relação matemática. Algumas das fórmulas podem ser usadas para cálculos aproximados da erosão. Porém, quase todas elas não têm muita aplicação prática.

Os trabalhos pioneiros que tentaram desenvolver equações que permitissem a avaliação das perdas de solo pela erosão hídrica foram realizadas na região do "Corn Belt" dos Estados Unidos, em 1940. Os fatores comprimento e grau do declive foram relacionados pela primeira vez em uma equação publicada por ZINGG (1940). Foi SMITH (1941) quem estabeleceu o conceito de perda mínima de solo, fazendo uma primeira avaliação dos fatores cultura e práticas conservacionistas. Outros avanços foram registrados através de pesquisas realizadas por SMITH & WHITT (1947, 1948) e por VAN DOREN & BARTELLI (1956). BROWNING et alii (1947) adicionaram os fatores erodibilidade e manejo do solo, organizando ainda tabelas visando a simplificar o uso da equação no Estado do Iowa.

A adaptação da equação do "Corn Belt" às demais regiões cultivadas foi o tema da reunião de uma comissão nacional para predição de perdas de solo, em 1946, no Estado de Ohio, resultando daí a inclusão do fator chuva, na equação (MUSGRAVE, 1947). A partir daí a comissão passou a considerar e a estudar as variações dentro da própria chuva, o que resultou no aparecimento de uma nova equação, que ficou conhecida como Equação de Musgrave ou ainda Equação Prática-Declive, em função desses dois fatores, declive e práticas culturais, se



rem duas das mais importantes variáveis (HUDSON, 1971). A forma da equação de Musgrave era:  $E = T.S.L.P.M.R.$ , sendo E: erosão; T: tipo de solo; S: declive; L: comprimento de rampa; P: práticas agronômicas; M: proteção mecânica e R: chuva. Uma solução gráfica da equação foi apresentada por LLOYD & SELEY (1952), e usada pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.

No final dos anos 50, uma equação foi desenvolvida conseguindo superar as limitações existentes até então (UNITED STATES, 1961; WISCHMEIER & SMITH, 1961). A atual equação de perdas de solo foi desenvolvida em 1954, no Centro de Dados de Enxurrada e Perdas de Solo do Serviço de Pesquisa Agrícola dos Estados Unidos, sediado na Universidade de Purdue. Os dados básicos de enxurrada e perdas de solo, em sua maioria, foram obtidos de projetos de pesquisas, em 21 Estados americanos que acumulavam, desde 1930, dados de dez mil parcelas-ano de enxurrada, relacionados com dados de precipitação (WISCHMEIER & SMITH, 1965; HUDSON, 1971). Foram incluídos na nova equação:

(a) um fator quantitativo da erodibilidade do solo; (b) um método de avaliação dos efeitos do manejo de uma cultura com vistas às condições climáticas locais; (c) um índice de erosão pela chuva (WISCHMEIER, 1959); (d) um método que leva em conta os efeitos de interrelações de certas variáveis, tais como nível de produtividade, sequência de culturas e manejo de resíduos.

Face a sua generalidade, a equação tem sido referida por WISCHMEIER & SMITH (1978) como Equação Universal de Perdas de Solo, para distingui-la de equações de perdas de solo formuladas em bases estritamente regionais. A utilização dessa equação serve como guia para o planejamento do uso da terra e na determinação das práticas de conservação do solo mais apropriadas para cada terreno.

A Equação Universal de Perdas de Solo traduz a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica e expressa-se por:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P, \text{ onde:}$$



- A = perda média anual de solo, em toneladas por unidade de superfície;
- R = fator chuva, caracterizado pelo índice de erosividade  $EI_{30}$ , dado pelo produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima em 30 minutos, determinando-se a capacidade das precipitações em provocar erosão;
- K = fator erodibilidade do solo, expressando a sua susceptibilidade à erosão e definido como a perda média anual de solo em toneladas por unidade de área, por unidade do fator R, para uma área com declive de 9% e comprimento de rampa de 22,1m sem vegetação e cultivada no sentido do declive (parcela padrão);
- L = fator comprimento do declive - é a relação entre as perdas de solo nos diferentes comprimentos de rampa em condições de campo, e aquelas que ocorrem em uma parcela padrão;
- S = fator grau de declividade - é a relação de perdas de solo entre um declive qualquer e aquelas que se verificam em um declive de 9% para um mesmo tipo de solo e comprimento de rampa;
- C = fator manejo e cobertura vegetal - é a relação entre as perdas de solo em condições específicas de campo para um determinado manejo e cobertura vegetal e as perdas ocorridas nas mesmas condições de avaliação do fator K;
- P = fator práticas conservacionistas - é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas de solo que ocorrem em uma área arada e gradeada no sentido do declive.

SHVEBS, citado por SURMACH (1979) fez um levantamento dos esquemas propostos para expressar quantitativamente a erosão do solo e mencionou que no presente, a EUPS é o único esquema empírico com grande alcance de aplicação prática.

## 2.2 - Determinação da Erodibilidade do Solo

Em termos físicos, a erodibilidade do solo reflete o efeito combinado da resistência à desagregação e transporte pela chuva e enxurrada e da capacidade de infiltração do solo.

De acordo com BRYAN (1968), foi BENNET (1926) quem inicialmente reconheceu formalmente a variabilidade da erosão em função de propriedades ligadas ao solo. As propriedades que conferiam ao solo a resistência à erosão foram chamadas, por MIDDLETON (1930), de "erosividade do solo" e por COOK (1936) de erodibilidade do solo.

HUDSON (1971) definiu a erodibilidade do solo como a susceptibilidade deste à erosão, de forma que sob as mesmas condições, um solo com alta erodibilidade apresentaria maiores perdas que um outro com baixa erodibilidade.

Para ROMKENS et alii (1975) a erodibilidade é o fator da EUPS de mais difícil avaliação, em face das complexas interações entre as propriedades que a determinam.

WISCHMEIER & SMITH (1978) definiram a erodibilidade como as perdas em toneladas por unidade de área por unidade de índice de erosividade ( $EI_{30}$ ), tomando-o como o fator mais importante da EUPS.

### 2.2.1 - Determinação direta

#### 2.2.1.1 - Determinação através de chuva natural

A dificuldade na determinação da erodibilidade por meios diretos, isto é, com chuva natural, em face de demandar muito tempo e dinheiro, foi ratificada por OLSON et alii (1962).



A erodibilidade do solo determinada diretamente, com chuva natural, é um procedimento bastante demorado, requerendo muitos anos de determinação e segundo HUDSON (1971) depende ainda da própria variabilidade inerente às precipitações.

Esta determinação há de ser feita em parcela - padrão, que é aquela com 22,1m de comprimento e uma declividade uniforme de 9%, em alqueive, preparada no sentido do declive. Entenda-se alqueive como um terreno lavrado e mantido sem cobertura vegetal por um período mínimo de 2 anos ou até que os resíduos da cultura anterior sejam decompostos, segundo explicam WISCHMEIER & SMITH (1978).

HUDSON (1971) informa que os valores de 22,1m de comprimento e 9% de declive foram escolhidos por representarem os valores médios dominantes que ocorriam nas parcelas de campo das Estações Experimentais americanas, cujas medidas de perdas de solo forneceram os dados básicos para o desenvolvimento da EUPS. São, portanto, meramente históricos.

Alguns trabalhos de determinação direta da erodibilidade, com chuva natural, têm sido realizados no mundo.

OLSON & WISCHMEIER (1963) obtiveram o fator K para oito solos dos Estados Unidos, através da EUPS e da percentagem de suspensão, que foi definida por MIDDLETON et alii (1932) como a percentagem de partículas de solo menores de 0,05mm de diâmetro, existentes após agitação por um tempo arbitrário. Encontraram resultados qualitativos praticamente iguais.

WISCHMEIER & SMITH (1978) listaram os valores de erodibilidade para 23 solos mais importantes das Estações Experimentais dos Estados Unidos, observando uma variação de 0,09 a 0,003. Em um Ultisol contendo 85,3% de areia, 7,4% de silte e 7,3% de argila, THOMAS et alii (1967) determinaram K igual a 0,006. WISCHMEIER & MANNERING (1969) relatam para vários solos do "Corn Belt" valores de K entre 0,063 e 0,013.

BERTONI et alii (1975) acharam o valor de K para Latossolo Roxo, sendo igual a 0,012, enquanto FREIRE & PESSOTI (1978) encontraram, com o método nomográfico  $K = 0,006$ . Para Latossolo Vermelho Escuro Álico, BISCAIA (1977) anotou valores variando de 0,006 a 0,003, no período de janeiro a dezem



bro de 1977, os quais foram superiores aos determinados com chuva simulada. WUNSCHÉ & DENARDIN (1978) encontraram um valor médio de 0,020, para Latossolo Vermelho Escuro Álico, unidade Passo Fundo, determinado no período de novembro de 1976 a novembro de 1977. Este valor aproximou-se daquele determinado com chuva simulada,  $K = 0,021$ , pelos mesmos autores (DENARDIN & WUNSCHÉ, 1980).

MONDARDO *et alii* (1978) acharam  $K = 0,037$  para Latossolo Roxo Distrófico, de uso antigo e  $K = 0,009$  para Latossolo Vermelho Escuro, textura média, valores esses que foram praticamente iguais aos determinados com chuva simulada. BISCAIA *et alii* (1980) baseando-se em dados de perda de solo em parcelas de chuva natural e valores de energia de chuva ( $EI_{30}$ ) de quatro anos, efetuaram o cálculo da erodibilidade, encontrando  $K = 0,010 \pm 0,004$  para Latossolo Vermelho Escuro, argiloso e  $K = 0,015 \pm 0,003$  para Latossolo Roxo Distrófico, no Paraná.

Para Typic Hapludult, LANGDALE *et alii* (1979) encontraram 0,023, enquanto que THOMAS *et alii* (1967) determinaram  $K$  igual a 0,005 para solo de textura areia franca.

MARGOLIS & CAMPOS FILHO (1980) determinaram  $K = 0,010$  para solo Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico orto, em Pernambuco.

#### 2.2.1.2 - Determinação através de chuva simulada

Os resultados de pesquisas de erosão obtidos com chuva natural exigem muitos anos de determinações. Para superar esta limitação, a partir de 1930, foram desenvolvidos vários tipos de simuladores de chuva com a finalidade de tentar uma melhor reprodução das condições de chuva natural (SWANSON & MEYER, 1965).

Estudos realizados por LOWDERMILK (1930), DULEY & HAYS (1932) e NICHOLS & SEXTON (1932) foram de grande valia, embora, de maneira geral, não reconhecessem a importância do



impacto da gota de chuva como detonador do processo de erosão hídrica. A importância da ação das gotas de chuva foi realçada por trabalhos efetuados por ELLISON (1948).

No início dos anos 40, LAWS (1941) estudou a influência do tamanho de gota e distância de queda sobre sua velocidade de queda. Em seguida, LAWS & PARSONS (1943) relacionaram a distribuição por tamanho de gotas com a intensidade da chuva. Estes trabalhos forneceram elementos para WILM (1943) que projetou um pulverizador que esguicha água para cima fazendo com que as gotas caiam de uma altura média aproximada de 2,44m, resultando numa velocidade de queda consideravelmente menor que a velocidade terminal da maior parte das gotas de chuva natural, limitando seu uso pela escassa fidedignidade na reprodução das condições observadas na chuva natural.

ELLISON & POMERENE (1944) desenvolveram um aparelho simulador de chuvas onde várias agulhetas de pequenos comprimentos produziam gotas do mesmo tamanho.

Um outro simulador portátil foi desenvolvido na Universidade de Purdue, por MEYER & McCUNE (1958) para produzir chuvas com energia cinética bastante aproximada à da chuva natural de alta intensidade.

PALMER (1963) desenvolveu um aparelho para medir, em laboratório, a energia do impacto da gota d'água. Mostrou que quando a gota de chuva passa através de uma camada d'água é desacelerada antes de atingir a superfície do solo. Contudo, ela pode funcionar como uma esfera sólida, ganhando massa ao atravessar a camada d'água, aumentando, assim, a força do impacto. Se a camada é suficientemente fina, a gota se dispersa sem causar impacto apreciável na superfície sólida.

MUTCHLER & MOLDENHAUER (1963) relataram a construção de um simulador, para uso em laboratório, que utilizava formadores de gotas feitos por pedaços de tubos telescópicos.

BUBENZER & MEYER (1965) descrevem um simulador, para laboratório, o qual possui três bicos aspersores Vee-jet 80.100 colocados à altura de 2,44m sobre uma parcela de aproximadamente 0,60m de largura por 3,0m de comprimento.



SWANSON (1965) desenvolveu, na Universidade de Nebraska, EUA, um simulador de chuvas de braços rotativos, capaz de produzir chuvas com características mais aproximadas das chuvas naturais, além de apresentar as seguintes vantagens:

(a) possibilidade de controle do tamanho de gotas e de sua velocidade terminal; (b) mínima deformação do padrão de chuva pelo vento; (c) obtenção de médias e altas intensidades de chuvas; (d) uniformidade de aplicação de chuva na superfície das parcelas; (e) portabilidade, facilidade de montagem e desmontagem.

ROMKENS et alii (1975) desenvolveram um simulador de chuvas, para laboratório, com grande precisão de intensidade e uniforme distribuição da chuva para estudos de infiltração da água nos solos e desagregação do solo pela água. As intensidades de chuva, geralmente, variaram numa faixa de 2,5% dos valores esperados.

CHANDRA & DE (1978) idealizaram um aparelho simples de laboratório para medição da erodibilidade relativa dos solos, com rapidez e custo reduzido.

MEYER (1960) cita que um equipamento simulador de chuvas deve possuir, entre outras características, as seguintes: distribuição do tamanho e velocidade de queda de gotas semelhante às da chuva natural; intensidades para produzir média a altas taxas de deflúvio e erosão; área de aplicação de tamanho suficiente para representar satisfatoriamente condições de erosão; ângulo de impacto aproximadamente vertical para a maioria das gotas e facilidade de transporte.

SMITH (1964) aponta a velocidade de queda, a distribuição das gotas por tamanho, os efeitos do vento e as variações de intensidade das precipitações produzidas como alguns dos problemas encontrados no desenvolvimento dos simuladores de chuvas.

O alto custo de construção e operação, a necessidade de um bem suprimento d'água, o pequeno tamanho das parcelas experimentais e a dificuldade de extrapolação ou conversão de resultados para as condições de campo são algumas das limitações ao uso dos simuladores apontadas por MECH (1965).



MEYER (1960) cita a redução do tempo para obtenção de resultados na pesquisa de erosão como a principal vantagem do uso do simulador. Cita ainda a maior eficiência e o maior controle como vantagens apresentadas pelo seu uso.

O ponto mais importante na construção do simulador é para MUTCHLER & MOLDENHAUER (1963) o método formador de gotas, pois este determina não só até que ponto é possível reproduzir a chuva, como também o método requerido para obter uma chuva uniforme sobre a parcela experimental.

YOUNG & BURWELL (1972) afirmam que o simulador pode ser usado na pesquisa de deflúvio e erosão com bastante confiabilidade, pois irá reproduzir enxurrada e perdas de solo que ocorreriam sob condições similares de chuva natural.

O simulador de chuvas constitui-se em elemento bastante valioso, no sentido de promover um maior conhecimento do fenômeno da erosão do solo. Entretanto, apresenta limitações que implicam a necessidade de comparação dos dados da erodibilidade avaliada com as chuvas simuladas com aqueles obtidos em parcelas sob chuvas naturais.

MEYER (1960), utilizando simulador de chuvas em parcelas providas de coletores de enxurrada, determinou que a erodibilidade de diferentes solos pode ser estudada usando-se chuva simulada, pois se obtém resultados com maior rapidez. MONDARDO et alii (1978) afirmam que o simulador de chuvas permite a obtenção de índice de erodibilidade bem próximo àquele da chuva natural.

O valor de erodibilidade do solo obtido com simulador de chuvas não representa efetivamente o fator K daquele tipo de solo estudado, pois esses valores tem uma importância relativa e servem para comparação da susceptibilidade à erosão entre diferentes tipos de solos (CASSOL et alii, 1978). Com o simulador de chuvas estes autores afirmam que se obtém apenas um índice de erodibilidade, pois o fator K para emprego na EUPS é obtido em condições de chuva natural. Entretanto, mais recentemente, comparando dados obtidos com esses dois métodos verificaram grande similitude nos resultados reformulando seus pontos de vista (CASSOL et alii, 1981).



Segundo BARNETT et alii (1978) os estudos sobre erodibilidade do solo, usando simulador de chuvas, foram iniciados em 1962, nos Estados Unidos.

Atualmente no Brasil desenvolvem-se estudos de erosão com simuladores de chuvas de braços rotativos em Minas Gerais (VALENTE, 1975; RESCK, 1977), no Rio Grande do Sul (CASSOL & COGO, 1975; DENARDIN, 1978; CASSOL et alii, 1978; DENARDIN & WUNSCHÉ, 1980), em São Paulo (BERTONI, 1975), no Paraná (MONDARDO & VIEIRA, 1975; BISCAIA, 1977; MONDARDO et alii, 1978), em Pernambuco (MARGOLIS & CAMPOS FILHO, 1980), na Paraíba (CAVALCANTE et alii, 1980a) e no Ceará (SAUNDERS et alii, 1980; OLIVEIRA, 1981 e TÁVORA, 1984).

OLSON et alii (1962) encontraram variações desde 0,088 a 0,028 na erodibilidade de solos de textura franca até franco siltosa. BARNETT et alii (1965) acharam 0,056 para solos de textura franco siltosa até 0,011 para solos de textura areia. Os solos com altos teores de areia (mais de 80%) apresentaram os mais baixos valores de erodibilidade e foram muito aproximados dos valores de K determinados com chuva natural.

DANGLER & EL-SWAIFY (1976) determinaram valor médio de erodibilidade de 0,017, para Oxissol, no Havaí, justificando este valor pela alta estabilidade estrutural destes solos. Já BISCAIA (1977) encontrou um valor de 0,001 para Latossolo Vermelho Escuro Álico, em preparo convencional.

RESCK (1977) determinou  $K = 0,0005$  para Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico, em Minas Gerais, admitindo a formação de uma camada sedimentada semipermeável nas microdepressões da superfície do solo, ocasionada pelo depósito de partículas de tamanho silte e areia muito fina. Para solos de textura franco-arenosa, GILLEY et alii (1977) calcularam o valor do fator erodibilidade do solo igual a 0,025. YOUNG & MUTCHLER (1977) encontraram valores do K variando de 0,020 para solo de textura areia franca (Molisol) a 0,032 para solo de textura franco argilosa (Molisol) e franco arenosa (Alfisol).

BARNETT (1977) apresenta dados de erodibilidade que



variam dentro dos limites; Ultisol (0,057 a 0,002); Alfisol (0,041 a 0,021); Inceptisol (0,055 a 0,001), Entisol (0,015) e Vertisol (0,016).

Os valores de erodibilidade por refletirem condições intrínsecas do solo podem sofrer mudanças se de alguma forma se alterarem tais condições.

Assim é que YOUNG & ONSTAD (1978) acharam  $K = 0,027$  e  $0,011$  para Molisol, que diferiam em suas texturas superficiais.

Foram de  $0,083$  e  $0,058$ , os valores de  $K$  encontrados por BARNETT et alii (1978) para Entisol e Inceptisol, respectivamente. Devido a boa agregação e alta estabilidade dos agregados, estes solos, franco-siltoso e argilo-siltoso, se comportaram mais como areia que como silte e argila, durante o processo erosivo.

McGREGOR et alii citados por McGREGOR (1978) encontraram valor de  $K$  igual a  $0,044$  para Typic Fragiudalf, no Missisipi. MONDARDO et alii citados por DENARDIN (1978) obtiveram para um Latossolo Roxo Distrófico, no Paraná, um valor para o fator  $K$  de  $0,021$ . DENARDIN (1978) calculou o fator  $K$  para Latossolo Vermelho Escuro Álico, no Rio Grande do Sul, igual a  $0,029$ . Um valor de erodibilidade do solo igual a  $0,008$  para Latossolo Vermelho Escuro, de textura média foi encontrado por MONDARDO et alii (1978), no Paraná, enquanto que para Latossolo Roxo Distrófico, de uso antigo, o valor de  $K$  foi igual a  $0,038$  e  $0,015$ , quando de uso recente.

CASSOL et alii (1978) trabalhando com solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico, no Rio Grande do Sul, obtiveram um valor médio de  $0,022$ , salientando que este valor se constitui em um índice de erodibilidade do solo a ser usado com vistas a comparações com índices obtidos em outros solos e nas mesmas condições. O valor da erodibilidade a ser empregado como fator  $K$  da EUPS foi determinado por CASSOL et alii (1980), tendo sido igual a  $0,031$ . WUNSCHÉ & DENARDIN (1978) obtiveram um valor médio igual a  $0,025$  para Latossolo Vermelho Escuro Álico, no Rio Grande do Sul.

BARBER et alii (1979) encontraram valores de 0,004 e 0,04 para Alfisol e Ultisol, respectivamente. Observaram ainda que as perdas de solo ocorridas acompanharam proporcionalmente a variação nos valores de K dos dois solos.

HENKLAIN & FREIRE (1980) não encontraram diferenças significativas entre os valores de erodibilidade de Latossolos, no Paraná, determinados com chuva natural e com chuva simulada.

## 2.2.2 - Determinação indireta

### 2.2.2.1 - Determinação através de propriedades físicas e químicas

MIDDLETON (1930) foi o primeiro cientista a tentar obter um índice de erodibilidade do solo baseado nas suas propriedades físicas. Este autor analisou amostras de diversos solos "erodíveis" e "não erodíveis", testando suas propriedades físicas e químicas, concluindo que nenhuma das propriedades químicas estudadas poderia ser usada para diferenciar solos "erodíveis" de "não erodíveis". Contudo, algumas propriedades físicas poderiam ser usadas, entre as quais: relação de dispersão, que é função da facilidade de dispersão e composição mecânica do solo; relação coloide/equivalente de umidade e a relação de erosão, que é o quociente da primeira relação aludida pela segunda. Citou ainda a dependência da erosão do solo à propriedade como a relação sílica/sesquióxidos. A relação de dispersão de Middleton tem sido usada desde então como um dos mais importantes índices de erodibilidade, considerando-se os solos com valores menores ou iguais a 15, como solos "não erodíveis".

BAVER (1932) assegura que a erodibilidade varia diretamente com a facilidade de dispersão e inversamente com a permeabilidade, agregação e tamanho das partículas.



BOYOUCOS (1935) sugeriu que a erodibilidade é proporcional à relação  $\frac{\text{percentagem de areia}}{\text{percentagem de silte}} + \frac{\text{percentagem de areia}}{\text{percentagem de argila}}$ : quanto mais baixa a relação menos erodível é o solo. No entanto, conforme BRYAN (1968), o índice assim proposto, relação de argila, não reflete com fidelidade os resultados de observações em campo.

LUTZ (1934) e DISEKER & YODER (1936) assinalaram que a permeabilidade e a facilidade de dispersão são os principais fatores na erodibilidade dos solos. Afirmam que uma das principais diferenças entre solos "erodíveis" e "não erodíveis" é o grau de agregação das partículas em frações maiores e grânulos mais estáveis. Mostraram a importância de se conhecer não somente a quantidade, mas também a distribuição por tamanho dos agregados do solo.

O desenvolvimento de um índice de erodibilidade ou uma medida da erodibilidade baseado em algum tipo de medida ou teste de campo foi sugerido por COOK (1936). Como medida de campo sugeriu o uso de parcelas padrão de pequenas dimensões, nas quais seria aplicada uma quantidade de água através de chuva simulada padronizada.

PEELE et alii (1945) estudaram a erodibilidade de diversos solos concluindo que os valores mais úteis na estimativa foram os da análise granulométrica, relação de dispersão, grau de agregação e água de umedecimento.

ANDERSON (1954) introduziu a relação superfície/agregação, como um novo índice de erodibilidade dos solos. Essa relação foi definida como a área superficial total das partículas com diâmetros maiores que 0,05mm dividida pelo teor de silte mais argila agregada. O índice apresentou-se altamente correlacionado com a descarga de sedimentos em suspensão de 33 bacias hidrográficas, quando usado em análise de regressão múltipla. As correlações obtidas indicaram a erodibilidade relativa de solos desenvolvidos de diferentes tipos de rochas e permitiu a predição da produção de sedimentos esperada com mudanças em determinadas variáveis.

ADAMS et alii (1958) usaram a percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,1mm como um índice de ero

dibilidade, para solos do Iowa, não encontrando porém relação com as perdas de solo. Foi encontrada uma correlação negativa altamente significativa entre perdas de solo em suspensão na enxurrada e percentagem de agregados estáveis maiores que 2mm.

ANDRÉ & ANDERSON (1961) usaram a relação superfície/agregação e a relação de dispersão como índices de erodibilidade, tendo a primeira se apresentado mais significativamente relacionada com a erodibilidade que a relação de dispersão. Asseveram que os solos desenvolvidos de rochas ígneas ácidas foram cerca de 2,5 vezes mais susceptíveis à erosão que os derivados de basalto.

VOZNESENSKY & ARTSRUUI, citados por SMITH & WISCHMEIER (1962) desenvolveram uma fórmula para um índice de erodibilidade baseado na dispersão, capacidade de retenção de umidade e agregação.

Segundo CHIBBER et alii (1961) em solos formados de arenitos a erodibilidade é maior no horizonte superior e em solos formados de arenitos e conglomerados a erodibilidade é maior a profundidades maiores, o que evidencia a influência do material de origem na vulnerabilidade à erosão.

Em várias análises de regressão, WALLIS & STEVAN (1961) usaram relação de dispersão e relação superfície/agregação como variáveis dependentes e os teores de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  como variáveis independentes, encontrando correlação negativa entre erodibilidade e concentração do  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ , enquanto não houve correlação significativa entre erodibilidade e  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ .

OLSON & WISCHMEIER (1963) compararam os índices percentagem de suspensão e relação de erosão com o fator K da EUPS, para oito solos diferentes. Observaram que a relação de erosão falhou na predição de perdas por erosão em solos arenosos. Esta relação tendia a tornar-se inconsistente para solos com pequenos teores de silte e argila, tendo a percentagem de suspensão se apresentado como um melhor indicador.

WOOLBRIDGE (1964) usou o tamanho médio de agregados estáveis em água como variável dependente em uma análise de



regressão múltipla para determinar se as propriedades do solo, porosidade total, pH, matéria orgânica, densidade do solo e percentagem de argila estavam relacionadas com este índice. Estas propriedades responderam por 40% das variações nos riscos de erosão do solo.

Trabalhando com solos de florestas, na Califórnia, WILLEN (1965) mostrou, através de testes de regressão múltipla, que a textura do solo e os índices de erodibilidade, relação de dispersão e relação superfície/agregação, estavam significativamente relacionados a variações no tipo de material de origem, tipo de cobertura vegetal, declive e altitude.

BARNETT & ROGERS (1966) calcularam equações de regressão múltipla com dados de 17 séries de solos, com 34 variáveis independentes e observaram que areia, silte e argila estão associadas com estrutura e resistência à desagregação e transporte; os altos teores de argila e areia estão associados com um decréscimo na erosão, enquanto que um alto teor de silte associa-se com erosão crescente.

Usando a percentagem de suspensão e a distribuição por tamanho de agregados estáveis em água, YANAMOTO & ANDERSON (1973) estudaram as relações entre estes índices e diversos fatores de formação do solo, desenvolvendo, a partir daí, um mapa que apresenta áreas de diferentes graus de erodibilidade, no Havaí. Concluíram também que o material de origem foi o fator mais importante para explicar a variação dos agregados estáveis em água, embora tais diferenças estivessem também associadas ao tipo de vegetação e outros fatores de formação do solo.

WISCHMEIER & MANNERING (1969) afirmam que as propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são: aquelas que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água, e aquelas que conferem a resistência do solo às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento superficial. Nas superfícies de solo cobertas, onde não ocorre a desagregação pelo impacto das gotas de chuva e a capacidade de



transporte é limitada pela redução da velocidade de escoamento, as perdas de solo diminuem, embora em muitos casos ocorrem menores taxas de infiltração.

Citados autores desenvolveram uma equação empírica para calcular a erodibilidade dos solos, partindo de um grande volume de dados de 55 solos diferentes selecionados no "Corn Belt" americano e após cinco anos de estudos de campo, de laboratório e estatísticos. A equação embora estatisticamente precisa e tecnicamente válida para uma ampla faixa de solos de textura média, era muito complexa como um instrumento de trabalho, de vez que abrangia 24 variáveis. Alguns fatores interrelacionados não eram válidos quando a fração areia excedia 65% ou quando a fração argila era superior a 35%. As propriedades que contribuíram significativamente para as variações de perda de solo incluíram: percentagem de areia, silte, argila e matéria orgânica, pH, estrutura e densidade do solo da camada arável e subsolo, espaço poroso preenchido com ar, declividade e concavidade ou convexidade do perfil, efeitos residuais dos restolhos, agregação, material de origem e várias interações destas variáveis.

HARIDASAN & CHIBBER (1971) utilizaram a relação de erosão como índice de erodibilidade de solos da Índia, obtendo correlação negativa entre o índice e a relação argila/silte mais areia, percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,25mm; percentagem de  $Ca^{++}$  trocável no solo e relação sílica/óxido de ferro. Foram obtidos correlações positivas altamente significativas entre a relação de erosão e a percentagem de expansão de volume e equivalente de umidade. Os autores desenvolveram, por outro lado, uma equação de regressão linear relacionando a relação de erosão à relação argila/silte mais areia, equivalente de umidade e percentagem de  $CaCO_3$ , obtendo coeficiente de correlação igual a 0,87.

BRUCE-OKINE & LAL (1975) concluíram, em estudo com dois solos na Nigéria, que a erodibilidade variou diretamente com o teor de areia e inversamente com o teor de argila.

DANGLER & EL-SWAIFY (1976) mostraram que a erodibilidade de solos derivados de materiais de origens bastante seme



lhantes, mas em locais diferentes, geralmente variam inversamente com as precipitações anuais prevalentes naqueles locais. Isto indicaria que estes valores de erodibilidade estão fortemente relacionados a propriedades como estabilidade dos agregados em água, teores de argila e sesquióxidos e acidez do solo, os quais aumentam de magnitude com altas intensidades de intemperismo.

MOTA & LIMA (1976) utilizaram a relação de dispersão, relação argila total/equivalente de umidade e relação de erosão para determinar a erodibilidade de 4 classes de solos em Pentecoste-CE, obtendo a seguinte ordem crescente de susceptibilidade à erosão: Molisol < Ultisol < Aridisol < Entisol.

Um novo índice de erodibilidade relativamente mais simples e que requer equipamentos menos sofisticados foi sugerido por SAHI et alii (1977), o qual se mostrou significativamente correlacionado com a relação de erosão.

YOUNG & MUTCHLER (1977) realizaram análises de regressão para erodibilidade em relação a 10 propriedades do solo, observando que cinco variáveis, índice de agregação, relação de dispersão, densidade do solo, percentagem de silte mais areia muito fina e total de montmorilonita no solo explicaram 90% da variação nos valores de erodibilidade. ROMKENS et alii (1977) desenvolveram uma equação de regressão que explicou aproximadamente 90% da variação na erodibilidade dos solos superficiais, cujas variáveis eram essencialmente as mesmas indicadas no nomógrafo de WISCHMEIER et alii (1971).

KLENNER & DAROCH (1978) afirmam que o manejo do solo altera as suas características físicas, ocasionando, consequentemente, modificações na erodibilidade. GASPERI-MAGO & TROEH (1979) avaliaram o efeito de três espécies microbianas (*Pseudomonas*, *Streptomyces* e *Penicillium*) na erodibilidade de dois solos, concluindo que os microrganismos exercem efeito positivo significativo na resistência à erosão, pelo aumento da agregação do solo, implicando maior infiltração e, consequentemente, menor deflúvio.

VOORHES et alii (1979) mostraram que a erodibilidade pode ser alterada com a mudança na densidade do solo, tamanho



e estabilidade dos agregados, rugosidade da superfície e taxa de infiltração, proveniente da movimentação de máquinas agrícolas.

A estrutura também se constitui em propriedade influenciadora do regime de água nos solos e se agrupa nos dois tipos de propriedades eleitas por WISCHMEIER & SMITH (1965). A estrutura influencia a infiltração e permeabilidade, dotando o solo de maior ou menor volume de macroporos e também sobre a resistência do solo à desagregação e ao transporte.

KOHNKE (1968) afirma que a matéria orgânica reduz o escoamento superficial da água e os efeitos da erosão. Entende que a matéria orgânica, além de aumentar a agregação, protege os agregados formados da desagregação pela água, BAKER et alii (1972) explicam este fato como devido à maior resistência do solo à dispersão e ao arrastamento, em presença de maiores teores de matéria orgânica.

Os materiais orgânicos tem efeito muito importante nas relações solo-água (ALEXANDER & MIDDLETON, 1952). Isto é devido as suas possibilidades de absorver duas a seis vezes seu próprio peso em água, aumentando a capacidade de retenção e melhorando sua capacidade de infiltração e de percolação (KOHNKE, 1968).

WISCHMEIER & MANNERING (1969) concluíram que a energia da chuva necessária para iniciar o escoamento superficial e a velocidade de infiltração aumentaram diretamente com os acréscimos nos teores de matéria orgânica, ao passo que a quantidade de solo presente no escoamento superficial estava inversamente relacionada com o teor de matéria orgânica. Com base em suas pesquisas, estes autores concluíram que, de maneira geral, solos apresentando elevada percentagem de silte e com baixas percentagens de argila e matéria orgânica são os mais "erodíveis". À medida que aumenta a percentagem de argila do solo, proporcionalmente diminui a erodibilidade. Quando o conteúdo de argila torna-se muito alto, pequenas alterações na percentagem de matéria orgânica ou na razão areia/silte perdem significância prática na determinação da erodibilidade do solo.



EDWARDS et alii (1973) informam que a matéria orgânica e a estabilidade de agregados são propriedades do solo frequentemente ligadas à erosão e à erodibilidade. Desta forma, RAM & ZWERMAN (1960) obtiveram um aumento na estabilidade de agregados em água com o aumento do teor de matéria orgânica do solo, aumentando com isto a resistência do solo aos agentes erosivos. No entanto, embora MANNERING et alii (1968) considerem a agregação estável em água como o melhor indicador da erodibilidade do solo, EDWARDS et alii (1973) observaram em seu estudo que nenhum dos índices de agregação usados estava relacionado com a erosão.

Segundo LASSEN et alii (1963) a capacidade de infiltração do solo é determinada pelo número e tamanho dos poros não capilares na superfície, e qualquer atividade que afete estas características influirá, também, na infiltração. As partículas menores desagregadas pelo impacto das gotas de chuva obstruem e diminuem o tamanho e volume dos poros não capilares.

Como se observa, o estudo e o conhecimento do mecanismo de formação de crostas superficiais por efeito das gotas de chuva tem papel preponderante na erodibilidade dos solos. Para FARRES (1978) uma das mais importantes respostas da superfície do solo à chuva intensa é a consolidação das partículas superficiais para formar crostas.

PEELE et alii (1945) concluíram que solos franco-arenosos apresentam-se mais "erodíveis" que solos de textura franco-argilosa, pelo fato de que uma camada superficial relativamente impermeável, como resultado da ação compactadora das gotas de chuva, forma-se mais rapidamente nos franco-arenosos que nos de textura franco-argilosa. Informam também que o grau de agregação do solo e o grau de dispersão dos colóides do solo foram os responsáveis por esse comportamento.

Para McINTYRE (1958b) a formação de crostas superficiais é devida, principalmente, à lavagem de partículas finas e compactação da superfície pelo impacto da gota de chuva.

McINTYRE (1958a) desenvolveu um método que permite medir a permeabilidade de crostas superficiais. Em solo cultivado



do e em solo virgem, do mesmo tipo, encontrou que as crostas consistiam de uma delgada camada compacta de 0,1mm de espessura sobre a superfície e cuja porosidade foi consideravelmente reduzida.

SCHIMIDT et alii (1964) estudando a erodibilidade relativa de três solos do Iowa, concluíram que a formação de uma camada de selamento superficial, provocada pelo impacto da gota de chuva foi o fator dominante nas suas erodibilidades. As crostas formadas sob chuva simulada, de acordo com TACKETT & PEARSON (1965), tem uma camada superficial extremamente densa de 1 a 3mm de espessura, sustentada por uma estrutura mais porosa. A presença de uma crosta superficial foi atestada por GRANT & EPSTEIN (1966), através do aumento da densidade do solo da camada de 0 - 5mm, após a aplicação de chuva simulada, em seis tipos de solos.

Foi observado por BEALE et alii (1966) que o selamento superficial governou o regime de infiltração de água em vários solos estudados. Afirmaram que a textura do solo, grau de agregação, estabilidade de agregados, tipo e quantidade de minerais de argila, compactação, além da quantidade, intensidade e tamanho das gotas de chuva são os fatores que atuam na formação desta camada.

A resistência das crostas superficiais está relacionada tanto com o diâmetro das gotas de chuva, quanto com a intensidade de chuva, conforme EPSTEIN (1968).

Após estudar as propriedades físicas de crostas superficiais formadas sob ambiente natural e sob chuva simulada, CHAUDHRI & DAS (1977) concluíram que as crostas naturais apresentavam teores de silte e argila significativamente mais altos, maiores resistência e densidade aparente e também conteúdo de água e percentagem de espaço poroso menores que o solo subjacente. Usando chuva simulada, os autores observaram que os solos contendo partículas de 0,5 a 1mm de diâmetro apresentaram resistência de crosta maior 2,2 e 1,8 vezes, respectivamente, que aqueles tendo partículas de 5mm de diâmetro. LAL (1976) informa que a atividade de minhocas no solo concorre para reduzir a compactação e a formação de crostas.



O teor de umidade inicial do solo tem grande significado nos valores de erodibilidade e perdas de solo por erosão.

PEELE et alii (1945) observaram que os dados de perdas de solo com chuvas simuladas aplicadas com o solo na condição de umidade atual apresentaram melhores correlações com chuva natural que os dados obtidos com solo úmido. Para ANDREWS (1950) a umidade anterior do solo tem um efeito definido na sua capacidade de infiltração no começo da chuva. BERTRAND et alii (1964) concluíram que quando o teor de umidade inicial do solo aumentou, também aumentaram as perdas de solo. Os solos arenosos em condições de baixo teor de umidade apresentam altas taxas de infiltração inicial, resultando em pequeno deflúvio e pequena erosão. Contudo, quando estes solos arenosos estão com alto teor de umidade se erodem com a mesma facilidade de solos siltosos.

BARNETT & ROGERS (1966) e BARNETT (1977) encontraram que a erosão está diretamente relacionada com a textura e umidade inicial do solo e com as características de chuva.

De acordo com BRUCE-OKINE & LAL (1975) o alto potencial de umidade do solo aumenta significativamente a erodibilidade de um solo argiloso contendo argilas expansivas. O índice de erodibilidade de um solo franco-argilo-arenoso contendo argilas caulíníticas e óxidos de ferro e alumínio amorfos foi levemente decrescendo quando a um alto potencial de umidade. DANGLER et alii (1976) evidenciam a necessidade da determinação de antecedentes de umidade do solo na estimativa de perdas de solo por erosão. Em solos do Havaí, os autores encontraram valores de erodibilidade e perdas de solo menores para condições iniciais de solo seco que para solo úmido.

A dependência da erosão à propriedades químicas foi levantada por BENNET (1926), que observou o efeito controlador da erosão exercida pelo  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$ , em solos argilosos da América Central e outros solos da região temperada dos Estados Unidos. De acordo com MIDDLETON (1930) a relação sílica/sesquióxidos está inversamente relacionada com a erodibilidade.



KEMPER & KOCH (1966) mostraram a importância do ferro extraível com ditionito ( $Fe_d$ ), enquanto que DESPHANDE et alii (1964) acharam ser o alumínio mais importante na agregação de partículas menores em partículas maiores.

SINGER et alii (1977) apresentaram o teor de  $Na^+$  como de grande importância na erodibilidade dos solos e afirmam que os solos com altos teores de  $Fe_d$  são os menos "erodíveis", ressaltando-se que as variações nos teores de matéria orgânica e a distribuição por tamanho de partículas pode obscurecer o efeito do  $Fe_d$ . Observaram, no mesmo estudo que, a análise de regressão linear múltipla apontou as variáveis silte, areia muito fina, permeabilidade, percentagem de  $Fe_d$  e relação de adsorção de Sódio (SAR) como as mais importantes na predição da erodibilidade dos solos estudados e que essas variáveis responderam por 88% da variação nas perdas de sedimentos medidas.

ROMKENS et alii (1977) estudaram a erodibilidade de subsolos argilosos, sugerindo a importância do  $Al_2O_3$  e do  $Fe_2O_3$  na diminuição da erodibilidade.

Descobertas semelhantes, embora menos definidas, foram feitas por MIDDLETON et alii (1934) para solos superficiais de textura média nos Estados Unidos. Contudo, suas análises expressas como a relação sílica/sesquióxidos, incluíram quantidades de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  e possivelmente,  $Fe_2O_3$ , de minerais de argila e quartzo coloidal, feldspatos e outros filosilicatos.

#### 2.2.2.1.1 - Determinação através do método nomográfico de WISCHMEIER et alii.

WISCHMEIER et alii (1971) desenvolveram um método nomográfico que dá soluções rápidas para o cálculo do fator erodibilidade do solo. Este método, além de ser simples, é a única forma de se obterem valores do fator K dos solos de áreas nas quais não se dispõe de instalações e equipamentos adequa



dos para a sua determinação direta.

WISCHMEIER & SMITH (1978) observaram, através de dados de perdas de solo que a fração areia muito fina (0,10 - 0,05mm) comportava-se, quanto à erodibilidade, mais como silte e que os dados de análise granulométrica dos solos teriam muito mais importância e consistência se expressos como uma interação que descrevesse as proporções nas quais os separados mecânicos se combinavam no solo. Assim, na concepção do nomograma, os autores reuniram num só parâmetro a percentagem de silte mais percentagem de areia muito fina e criaram o fator  $M = \% \text{ silte (0,10 - 0,002mm) } \cdot \text{vezes (100 - percentagem de argila)}$ , para melhor descrever os dados de análise granulométrica. Se a fração silte for menor que 70%, os valores de erodibilidade serão aproximadamente iguais a  $M^{1.14}$ . No entanto, a precisão pode ser aumentada, acrescentando-se informações sobre teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade do solo.

Dessa forma, o método nomográfico utiliza apenas cinco parâmetros para predizer a erodibilidade do solo: percentagem de silte + areia muito fina, percentagem de areia maior que 0,1mm, percentagem de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade.

O parâmetro estrutura do solo foi codificado a partir das influências do tipo e tamanho da estrutura. O grau da estrutura não afeta significativamente a erodibilidade, talvez devido a sua dependência do conteúdo de água e do julgamento do observador (USA, 1962).

As classes de permeabilidade relativa, descritas pelo Soil Survey Manual (USA, 1962) foram codificadas para o nomógrafo, referindo-se ao perfil como um todo, tomando-se a medida do horizonte de impedimento.

ROMKENS *et alii* (1977) confirmaram que a erodibilidade pode ser predita pelas propriedades do solo referidas no nomógrafo.

WISCHMEIER *et alii* (1971) compararam valores de  $K$  determinados com chuva natural com os obtidos com o uso do nomógrafo, em solos padrões dos Estados Unidos. De 100 valores co



tejados, 68 dos estimados com o nomógrafo ficariam numa faixa de variação de  $\pm 0,02$  do valor K verdadeiro e 95 na faixa de  $\pm 0,04$ . Os valores de K variaram de 0,06 a 0,009.

DEDECEK (1974) obteve valores de 0,008, 0,009 e -0,010 para três Latossolos, no Rio Grande do Sul. A permeabilidade foi o parâmetro que influenciou em mais alto grau, a magnitude do fator K vez que os perfis com permeabilidade mais lenta foram os que apresentaram o fator mais elevado.

SOUSA (1976) encontrou valores de 0,015 a 0,024 para solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico (Paleudult), no Rio Grande do Sul, sendo que os menores valores foram obtidos na primeira camada de cada perfil, devido aos maiores teores de matéria orgânica apresentados. Os valores encontrados por POMBO et alii (1981) se situaram entre 0,016 e 0,021.

Para esse mesmo solo, CASSOL et alii (1981), usando chuva simulada, obtiveram  $K = 0,031$  e ELTZ et alii (1981), com chuva natural, chegaram a um valor igual a 0,033, que aproximou-se, portanto, daquele obtido com chuva simulada.

SINGER et alii (1977) colheram valores com o nomógrafo menores que os obtidos com chuva simulada em parcela padrão, em solos com alto teor de  $\text{Na}^+$  e maiores em solos com altos teores de  $\text{Fe}_d$ .

YOUNG & MUTCHLER (1977) calcularam o fator K para 13 solos dos Estados Unidos, observando que, quando foram comparados os valores obtidos com o nomógrafo com aqueles determinados com chuva simulada, os do nomógrafo subestimaram a erodibilidade de seis solos e superestimaram o de três, enquanto quatro não apresentaram diferenças.

ROOSE (1977) considerou satisfatórios os resultados obtidos com o nomograma na avaliação da erodibilidade de solos "ferralíticos" e "ferruginosos", no Oeste da África.

MORESCO & GRAY (1977) estimaram a erodibilidade de 16 séries (Molisols) encontrando valores que variaram de 0,025 a 0,075, superiores aos determinados com chuvas naturais, que se situaram entre 0,037 e 0,056. A ordem de erodibilidade de acordo com a textura é: franco-argilo-arenoso < franco-siltoso < franco < franco-arenoso.



OSBORN et alii (1977) encontraram valores de 0,037 a 0,056, para solos do Arizona. BROOKS (1977) revela que encontrou dificuldades na obtenção da erodibilidade dos principais solos do Havaí, posto que quando da determinação do teor de argila, essa fração não se dispersou convenientemente na análise granulométrica, conduzindo a erros na distribuição das partículas por tamanho.

VALLEJOS (1977) trabalhou com 19 séries de solos, no Chile, obtendo variações desde 0,010 a 0,030, atribuindo esses valores aos altos teores de matéria orgânica, texturas médias, estrutura granular e boa permeabilidade. A série que apresentou a menor permeabilidade apresentou, também, o maior valor de erodibilidade.

EL-SWAIFY & DANGLER (1977), em solos do Havaí, encontraram coeficientes de correlação relativamente baixos entre erodibilidade e matéria orgânica, estrutura e permeabilidade, o que indicaria a limitada validade do nomograma para aqueles solos.

FREIRE & PESSOTI (1978) obtiveram valores desde 0,006 a 0,057, concluindo que os solos mais resistentes à erosão apresentavam horizonte B óxico, enquanto que os menos resistentes apresentam horizonte B textural ou B óxico associado a B textural. Para dois Latossolos Vermelho Escuro foram encontrados os valores de 0,016 e 0,006 e para Latossolo Roxo o valor de 0,006. Acrescentam os autores que o método nomográfico não se aplica para solos em que a percentagem de silte mais areia muito fina é muito baixa.

COGO (1978a) determinou para Latossolo Roxo Distrófico, sob diversos usos, valores de 0,005 a 0,012, ao passo que para Latossolo Vermelho Escuro Distrófico a variação foi de 0,008 a 0,015. Outros solos estudados por COGO foram: Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico (0,015 - 0,019); Planosolo Eutrófico (0,053); Areia Quartzosa Distrófica (0,013); Gley Húmico Distrófico (0,016); Planosolo Plíntico (0,014) e Podzólico Vermelho Amarelo (0,017). BARNETT et alii (1978) obtiveram valores inferiores de K quando comparados com os determinados com chuva natural.



SILVA (1978) aponta a alta percentagem de areia junta mente com a permeabilidade moderada a rápida como os princí pais responsáveis pela baixa erodibilidade - 0,012 - de um La tossolo Vermelho Amarelo Distrófico Álico, em Piracicaba-SP. Observou, ainda, que os parâmetros textura e estrutura, quan do isolados, apresentam baixa correlação com as perdas de so lo. No entanto, comprovou que é pequena a quantidade de solo possível de desagregação e transporte, em face do teor relati vamente alto de matéria orgânica aliado às altas percentagens de areia e às baixas percentagens de silte mais areia muito fina.

Os valores obtidos por BARNETT et alii (1965) para Entisol (0,056) e Inceptisol (0,045) são 68% e 71% menores que os calculados através de chuva simulada.

SINGER & BLACKARD (1978) determinaram erodibilidade igual a 0,015, para Xerochrept, com 9% de declive, ao passo que MURPHREE & MUTCHLER (1980) obtiveram 0,038 para Vertic Haplaquepts. Foram determinados por PIEST & ZIEMNICKI (1979) os valores de K para solos derivados de "loess", no Iowa e na Polônia, obtendo-se 0,032 e 0,045, respectivamente. VIRGO & MUNRO (1978) obtiveram  $K = 0,024$  para vertisol e  $K = 0,025$  e 0,019 para Cambisol, na Etiópia.

BARBER et alii (1979), trabalhando com Alfisol, encontraram um valor menor que aquele determinado com chuva simula da; com Vertisol ocorreu o inverso.

CAVALCANTE et alii (1980b) determinaram a erodibilida de de solos da Paraíba, encontrando os Bruno não Cálcicos ( $K = 0,029$ ) como os mais susceptíveis à erosão, seguidos pelo Podzólico Vermelho Amarelo ( $K = 0,026$ ) e Litólico ( $K = 0,018$ ). A baixa permeabilidade dos Bruno não Cálcicos foi responsável pela sua maior erodibilidade, enquanto que o alto percentual de areia de 2,0 a 0,1mm, associado a uma baixa proporção de silte mais areia muito fina respondeu pela menor erodibilida de do Litólico.

SILVA et alii (1981) obtiveram  $K = 0,004$  para Latasso lo Vermelho Amarelo, na Paraíba, cujas características eram semelhantes às do solo do presente estudo.



SILVA et alii (1981) encontraram valores de K em Podzóico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e Planosolo Sólido no Ceará, maiores que aqueles determinados através de chuvas simuladas por OLIVEIRA (1981). LINDSAY & GUMBS (1982), trabalhando com solos cujos teores médios de silte + areia muito fina e de argila eram, respectivamente, 30% e 48%, obtiveram valores de K aproximados aos determinados com chuva natural. Os valores de K determinados através de nomograma variaram de 0,007 a 0,015.

HENKLAIN & FREIRE (1983) concluíram que o método nomográfico apresenta baixa precisão quando empregado em solos com baixa percentagem de silte mais areia muito fina, tendo sido encontrados valores variando de 0,002 a 0,005 para Latossolos, no Paraná. MONDARDO et alii (1978) asseguram que das várias tentativas feitas para comparação dos valores de erodibilidade determinados direta e indiretamente, houve, em muitos casos, boa relação, mas, em outras essa relação foi pouco satisfatória. Isto indica a necessidade de maiores estudos no sentido de comparar os resultados dos métodos diretos com os indiretos, notadamente, para as condições em que os dados de perdas de solo são ainda bastante escassos.

### 2.3 - Conhecimentos Atuais sobre a Erodibilidade dos Solos

É sabido que as perdas de solo por erosão podem ser diferentes em tipos de solos diversos, ainda que as condições de clima, grau e comprimento do declive, cobertura vegetal e práticas conservacionistas sejam iguais. Essa característica intrínseca, inerente ao próprio solo é sua erodibilidade e resulta do efeito de propriedades físicas e químicas e da complexa interação entre tais propriedades.

Desde os trabalhos pioneiros de BENNETT (1926) e MIDDLETON (1930), tentativas têm sido efetuadas no sentido de correlacionar propriedades do solo com sua menor ou maior facilidade de ser erodido.



Vários índices de erodibilidade têm sido concebidos e utilizados, porém, nenhum deles têm preenchido integralmente os requisitos para que possa ser considerado ideal, isto é, que seja de fácil determinação, capaz de distinguir pequenas variações na erodibilidade e adequado para aplicação universal (BOUYOUCOS, 1935; COOK, 1936; ANDERSON, 1954; ADAMS et alii, 1954; VOZNESENSKI & ARTSRUUI, citados por SMITH & WISCHMEIER, 1962; ROMKENS et alii, 1977 e SINGER et alii, 1977).

As propriedades que afetam a dispersão do solo e aquelas ligadas ao movimento da água foram escolhidas por MIDDLETON & BOUYOUCOS para a criação dos índices de erodibilidade relação de dispersão, relação de erosão e relação de argila, ainda em uso (BOUYOUCOS, 1935).

É atualmente aceito que a erodibilidade está ligada estreitamente às propriedades que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água e àquelas responsáveis pela resistência à desagregação e ao transporte pela chuva e enxurrada, o que foi reconhecido por WISCHMEIER & MANNERING (1969). Essas propriedades, basicamente, se enquadram nos dois grupos anteriormente eleitos por MIDDLETON (1930).

Todos os índices de erodibilidade citados têm importância relativa, posto que são detentores, apenas, do caráter qualitativo e não quantitativo, estabelecendo se determinado tipo de solo é mais susceptível ou menos susceptível à erosão que outro.

O aspecto de dimensionalidade do fator K, erodibilidade do solo, da EUPS se constitui em marcante vantagem sobre os demais índices, uma vez que se dispõe, então, de uma avaliação qualitativa e quantitativa da facilidade ou dificuldade de sofrer erosão exibida pelos diversos tipos de solos.

Na determinação do fator K a utilização do método nomográfico de WISCHMEIER et alii (1971) é de grande importância, na medida em que há sensível economia de tempo e material em relação aos métodos diretos de determinação desse fator (ROMKENS et alii, 1977; MONDARDO et alii, 1978 e LINDSAY & GUMBS, 1982). No entanto, porque o fator K foi definido



para ser determinado com chuva natural há a necessidade de que as determinações com o nomograma sejam acompanhadas de determinações com chuva natural ou mesmo chuva simulada, comparando-se os resultados e apreciando-se a validade do método (WISCHMEIER et alii, 1971; YOUNG & MUTCHLER, 1977; SOUSA, 1976 e ELTZ, 1980; BARBER et alii, 1979; SILVA et alii, 1981 e OLIVEIRA, 1981; BERTONI et alii, 1975 e FREIRE & PESSOTI, 1978).

Tendo presente a enorme complexidade das interações entre as propriedades que regulam a erodibilidade e não obstante o considerável volume de conhecimentos sobre tais interações recomenda-se a pesquisa, em solos brasileiros, de propriedades ligadas ao fator K, no entanto, em bases regionais, ou seja, partindo-se do particular para o geral.

### 3 - MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 - Material

##### 3.1.1 - Características da área estudada

###### 3.1.1.1 - Localização

O estudo foi realizado em área situada no município de Ubajara-CE, às margens da rodovia CE-075, que liga Ubajara à Ibiapina, distando 3km da primeira, na Zona Fisiográfica da Ibiapaba, Micro-Região Homogênea - 62 (Figura 1). A área está encravada em terreno pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará - EPACE.

###### 3.1.1.2 - Clima

O clima é do tipo Amw', da classificação de Köppen - tropical chuvoso de monção com estação chuvosa iniciando-se no outono, ao invés de verão.

A temperatura média do mês mais quente (dezembro) é de 26°C e a do mês mais frio (julho) é de 24°C (JACOMINE et alii, 1973). Apresenta uma normal pluviométrica anual de 1 456,7mm, computado o período de 1912 a 1967 (SUDENE, s/d).



### 3.1.1.3 - Vegetação

Na área em estudo desenvolve-se a vegetação do tipo floresta subperenifólia, que é uma formação densa de porte alto, normalmente com folhas de tamanho médio, esgalhamento aberto, rica em espécies, algumas com copas em para-sol, apresentando lianas e epífitas. As espécies ocorrentes mais importantes são: o jatobá (*Hymenea* sp), o mulungu (*Erythrina* sp), o ingá (*Inga bhiensis* Benth), o pau d'arco roxo e amarelo (*Tabebuia* sp) e babaçu (*Orbygnia martiana* B. Rodr.). (JACOMINE et alii 1973).

### 3.1.1.4 - Geologia

Toda a zona fisiográfica da Ibiapaba está compreendida pela cuesta homônima, fazendo parte da Formação Serra Grande, referida ao Siluriano-Devoniano Inferior, ou simplesmente Siluriano (MESNER & WOOLBRIDGE, 1964).

A altitude média é de 650m, atingindo até 950m em alguns pontos e a espessura dos sedimentos é de 200m, podendo alcançar até 700m (IBGE, 1960; BARRETO, 1967).

### 3.1.1.5 - Geomorfologia

A Ibiapaba é formada em estrutura paleozóica sendo a mais extensa cuesta da bacia sedimentar Piauí-Maranhão. Apresenta no front uma cornija arenítica, a partir de 680m de altitude. Os topos se mostram em forma de patamares por efeito da erosão diferencial. A altitude na cuesta excede 800m.

O escarpamento voltado para o Ceará se revela intercalado com rebordos adaptados à linhas de falhas observadas ao norte do Rio Poti.

O relevo de plano inclinado apresenta-se suave ondula

do, tabuliforme, com vales em forma de V aberto (COELHO et alii, s/d).

### 3.1.1.6 - Solo

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A proeminente textura média fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado (UFC, 1980). Typic Ha plustox (TÁVORA, 1984).

Os Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico se estendem por 142,340ha, o que corresponde, aproximadamente, a 19,5% da área total da região da Ibiapaba (SUDEC, 1980). No Estado do Ceará ocupam cerca de 1.000.000 de ha, correspondente a 7% da área mapeada (JACOMINE et alii, 1973).

## 3.2 - Métodos

### 3.2.1 - Amostragem

Efetuu-se uma pré-amostragem em 11 pontos representativos da área, com a finalidade de obtenção de dados para a determinação da erodibilidade do solo.

O número de amostras foi determinado por meio da fórmula seguinte, conforme indicado por FORSYTHE (1975) e adotado por SILVA (1978).

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{d^2},$$

onde:

n = número de amostras;

t = valor de t com (n-1) graus de liberdade ao nível de 5% de probabilidade;

s = desvio padrão;

d = precisão desejada (adotou-se d= 0,075m).



O número de amostras apontado pela fórmula foi de  $n = 45$  amostras.

As amostras foram coletadas à profundidade de 0-20cm. Nas determinações da granulometria e teor de matéria orgânica foi empregada terra fina seca ao ar (TFSA). Foram coletadas amostras com estrutura natural em cilindros de  $347.5\text{cm}^3$  de volume, com o auxílio de um amostrador tipo Uhland, para determinação da condutividade hidráulica do solo.

### 3.2.2 - Erodibilidade do solo com chuva natural

Os dados de perdas de solo e de erosividade da chuva foram obtidos e fornecidos por SILVA (1984a), em contato pessoal. A erodibilidade foi determinada, com base na EUPS, para o período de abril de 1980 a dezembro de 1983, totalizando 187 chuvas, das quais 86 erosivas, adotado o conceito de chuva erosiva, segundo CABEDA, citado por COGO (1978b).

A exemplo da determinação com chuva simulada, foi procedido a ajuste do fator LS às condições padrão para determinação da erodibilidade e convertido para unidades do Sistema Métrico Internacional.

### 3.2.3 - Erodibilidade do solo com chuva simulada

Os dados de erodibilidade foram obtidos por TÁVORA (1984), utilizando um simulador rotativo tipo SWANSON (1965), com base na Equação Universal de Perdas do Solo, de WISCHMEIER & SMITH (1965).

Assim, o fator  $K$  é igual a  $A/R \cdot LS$ .

Para o cálculo de  $R$  das chuvas simuladas, empregou-se o valor indicado por LOMBARDI NETO e citado por CASSOL et alii (1978).

$R = E.I$ , sendo:

$$E.I = P \cdot I_{30} \cdot 21,3 \cdot 10^{-3},$$

onde:

$P$  = total precipitado (mm)

$I_{30}$  = intensidade máxima em 30 minutos (mm/h)

$21,3 \cdot 10^{-3}$  = índice de eficiência para o simulador de chuva.

O fator LS foi ajustado às condições padrão da EUPS por meio da seguinte equação apresentada pela FAO (1967):

$$LS = \sqrt{L} / 100 (1,36 + 0,97s + 0,1385s^2), \text{ sendo:}$$

$L$  = comprimento do declive (m)

$s$  = grau do declive (%).

A cobertura vegetal - fator C e as práticas conservacionistas - fator P - têm valores unitários nas condições padrão, ou seja, o solo estando totalmente descoberto, preparado no sentido do declive e sem nenhuma prática conservacionista.

Os dados de erodibilidade são apresentados por TÁVORA (1984) em unidades do Sistema Métrico Decimal e foram convertidos para unidades do Sistema Métrico Internacional em virtude da progressiva disposição de adoção desse Sistema em pesquisa de conservação do solo.

#### 3.2.4 - Erodibilidade do solo pelo método nomográfico

Na determinação dos parâmetros incluídos no nomograma adotou-se os seguintes métodos:

(a) Análise granulométrica, determinada pelo método do hidrômetro de Bouyoccos, descrito por VETTORI & PIERANTONI (1968); as partículas foram classificadas segundo o sistema do U.S.A. (1962);

(b) Teor de matéria orgânica: determinado pelo carbono orgânico, através de oxidação, proposto por Tiurin e modificado por VETTORI (1969);



(c) Estrutura do solo: anotada no campo conforme as normas preconizadas pela SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (1976).

(d) Permeabilidade: determinada com permeâmetro de carga constante, descrito por OLIVEIRA (1961).

Uma vez encontrados os valores nestas determinações, utilizou-se o nomograma de WISCHMEIER et alii (1971) apresentado por FOSTER et alii (1981) (Figura 2). No sentido de obter-se maior exatidão dos resultados e eliminar os riscos de erros em interpolações lineares com o nomograma, em face do grande número de repetições, foi usada a seguinte equação dada por WISCHMEIER & SMITH (1978).

$$100 K = 2,1.M^{1,14}(10^{-4}).(12-a) + 3,25(b-2) + 2,5(c-3),$$

onde:

K = fator erodibilidade do solo, em unidades do Sistema Inglês (t/acre. R<sup>-1</sup>);

M = parâmetro tamanho de partículas igual a percentagem de silte mais areia muito fina (0,1 - 0,002mm) vezes 100 menos a percentagem de argila;

a = percentagem de matéria orgânica;

b = código numérico da estrutura do solo;

c = código numérico da classe de permeabilidade do perfil do solo.

De posse do modelo do programa idealizado por SILVA (1981) para calculadora HP-33-E, foram obtidos os valores de erodibilidade, já convertidos do Sistema Inglês para unidades do Sistema Métrico.

### 3.2.5 - Conversão de valores da erodibilidade para o Sistema Métrico Internacional

De acordo com FOSTER et alii (1981) e segundo SILVA (1984b), para obtenção de valores de erodibilidade no Sistema

Métrico Internacional esses valores quando no Sistema Métrico Decimal devem ser multiplicados por 0,1019 ou por 0,1317, se originalmente apresentados no Sistema Inglês.

### 3.2.6 - Análise estatística dos dados

Para verificação da validade e aplicabilidade do método nomográfico de WISCHMEIER ao solo estudado, os valores de erodibilidade obtidos através dos três métodos estudados foram comparados através de tratamento estatístico pelo teste t de Student, ao nível de 5% de probabilidade.



#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 - Determinação Indireta da Erodibilidade pelo Método Nomográfico

Com os dados dos parâmetros físicos e químicos, determinou-se os valores de erodibilidade pelo nomograma de WISCHMEIER et alii (1971),  $K_n$ , cujos resultados são apresentados no Quadro 1.

O valor médio obtido foi de 0,003, o que permite classificar o solo estudado como de baixa susceptibilidade à erosão, segundo FOSTER et alii (1981). Este valor guarda coerência com aqueles anotados em Latossolos por THOMAS et alii (1967), DEDECEK (1974), FREIRE & PESSOTI (1978), SILVA et alii (1980) e HENKLAIN & FREIRE (1983).

Foi observado que os menores valores de erodibilidade foram anotados nas amostras que apresentaram valores altos de permeabilidade e vice-versa, embora as amostras com os maiores valores de permeabilidade não tenham apresentado os menores valores de erodibilidade. A grande permeabilidade do solo influenciou decisivamente para a obtenção do baixo valor de erodibilidade, o que se coaduna com o que foi registrado por DEDECEK (1974), SINGER et alii (1977), VALLEJOS (1977), SILVA (1978) e CAVALCANTE et alii (1980).

A alta percentagem de areia (2,0 - 0,1mm) e a baixa percentagem de silte mais areia muito fina (0,1 - 0,002mm) tiveram efeito pronunciado no valor obtido de erodibilidade, o que foi observado, também, por MORESCO & GRAY (1977), SILVA (1978), CAVALCANTE et alii (1980), SILVA et alii (1981) e LINDSAY & GUMBS (1982).

Observou-se, assim, a relação existente entre a textura e sua erodibilidade: a erodibilidade varia inversamente

QUADRO 1 - Parâmetros utilizados na determinação da erodibilidade de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-Ce., através do método nomográfico de WISCHMEIER.

Amostras	Argila 0,002mm	Areia (2-0,1mm)	Silte + Areia Muito Fina (0,1-0,002mm)	Matéria Orgânica	Estrutura do solo	Permeabilidade do solo		Fator K		
						cm/h	código	Sistema <sup>(1)</sup> Inglês	SMD <sup>(2)</sup>	SMI <sup>(3)</sup>
			%							
01	14,0	70,62	15,38	1,82	2	24,24	1	0,027	0,035	0,003
02	12,0	72,35	15,65	1,87	2	40,95	1	0,031	0,040	0,004
03	12,6	71,45	15,98	2,76	2	39,50	1	0,025	0,032	0,003
04	11,8	78,22	9,98	1,87	2	48,64	1	0,002	0,002	0,0002
05	15,0	72,95	12,05	2,31	2	26,24	1	0,005	0,006	0,0006
06	9,6	78,50	11,90	2,08	2	28,61	1	0,009	0,012	0,001
07	14,0	70,63	15,37	2,76	2	57,68	1	0,020	0,026	0,003
08	12,0	75,22	12,78	2,18	2	28,93	1	0,012	0,016	0,002
09	14,0	72,98	13,02	2,89	2	26,48	1	0,007	0,009	0,001
10	11,6	78,93	9,47	2,67	2	48,34	1	0,008	0,010	0,001
11	10,0	79,46	10,54	2,27	2	30,41	1	0,0008	0,001	0,0001
12	14,0	68,88	17,12	1,88	2	25,05	1	0,037	0,048	0,005
13	14,0	68,68	17,32	1,58	2	12,87	1	0,041	0,053	0,005
14	15,0	69,55	15,45	1,72	2	33,35	1	0,027	0,035	0,004
15	14,0	72,89	13,11	1,95	2	29,28	1	0,014	0,018	0,002
16	17,0	69,11	13,89	1,91	2	36,50	1	0,016	0,020	0,002
17	16,0	70,25	13,75	1,72	2	23,43	1	0,017	0,022	0,002
18	18,0	68,38	13,62	1,90	2	21,88	1	0,013	0,017	0,002
19	15,0	66,16	18,84	2,24	2	15,78	1	0,043	0,055	0,006
20	16,6	68,55	14,85	1,72	2	38,76	1	0,023	0,029	0,003
21	16,6	72,80	10,60	1,72	2	19,56	1	0,0008	0,001	0,0001
22	16,6	71,15	12,25	1,98	2	29,43	1	0,007	0,009	0,001
23	14,0	70,85	15,15	1,93	2	11,88	2	0,050	0,065	0,007
24	13,0	73,15	13,85	2,33	2	30,93	1	0,016	0,021	0,002
25	13,4	73,03	13,97	1,88	2	15,68	1	0,019	0,025	0,002
26	14,0	70,90	15,10	1,65	2	10,41	2	0,052	0,067	0,007



QUADRO 1 - (Continuação)

Amostras	Argila 0,002mm	Areia (2-0,1mm)	Silte + Areia Muita Fina (0,1-0,002mm)	Matéria Orgânica	Estrutura do solo	Permeabilidade do solo	Fator K			
							Sistema (1) Inglês	SMD (2)	SMI (3)	
			%		código	cm/h	código			
27	12,0	71,82	16,18	1,81	2	18,72	1	0,034	0,044	0,004
28	12,4	68,27	19,33	1,91	2	13,45	1	0,052	0,067	0,007
29	15,0	74,72	10,28	1,82	2	18,41	1	0,002	0,002	0,0002
30	15,0	70,64	14,36	2,00	2	18,63	1	0,019	0,025	0,003
31	13,0	71,77	15,23	2,03	2	20,27	1	0,025	0,033	0,003
32	12,0	74,06	13,94	2,08	2	15,45	1	0,019	0,025	0,002
33	14,0	71,57	14,43	2,38	2	8,74	2	0,043	0,056	0,006
34	12,0	71,70	16,30	2,15	2	19,00	1	0,030	0,039	0,004
35	12,0	68,79	19,21	2,20	2	23,33	1	0,049	0,063	0,006
36	12,0	68,86	19,14	1,91	2	22,60	1	0,051	0,066	0,007
37	10,0	71,07	18,93	2,01	2	27,36	1	0,051	0,066	0,007
38	14,0	72,16	13,84	2,01	2	8,51	2	0,043	0,055	0,006
39	12,4	70,79	16,81	2,05	2	17,17	1	0,036	0,046	0,005
40	10,4	74,72	14,88	2,86	2	32,30	1	0,020	0,026	0,003
41	10,0	74,43	15,57	2,27	2	19,15	1	0,029	0,037	0,004
42	7,0	79,96	13,04	1,81	2	25,35	1	0,020	0,026	0,003
43	10,0	76,17	13,83	1,95	2	10,82	2	0,047	0,060	0,006
44	11,0	73,70	15,30	2,01	2	15,93	1	0,029	0,037	0,004
45	12,0	72,97	15,03	1,81	2	30,32	1	0,027	0,035	0,004
Média	13,1	72,30	14,59	2,01	2	24,89	1	0,026	0,033	0,003

(1) Sistema Inglês - Erodibilidade em ton. acre. hr/acre-pés-tonf. pol

(2) Sistema Métrico Decimal - Erodibilidade em t. ha. h/ha tm. mm

(3) Sistema Métrico Internacional - Erodibilidade em t. ha. h/ha. MJ. mm.

com o tamanho das partículas. As frações granulométricas do solo se associam à estrutura e à resistência à desagregação, influenciando ainda, na permeabilidade e velocidade de infiltração da água, conforme observado por BAVER (1932), OLSON & WISCHMEIER (1963), WISCHMEIER & SMITH (1965), BARNETT et alii (1965), BARNETT & ROGERS (1966) e BRUCE-OKINE & LAL (1975).

Embora não tenham sido determinados os teores de  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ , acredita-se que esses parâmetros exerceram influência marcante no abaixamento do valor da erodibilidade, segundo observações de BENNET (1926), MIDDLETON (1930), DESPHANDE et alii (1964), KEMPER & KOCH (1965), HARIDASAN & CHIBER (1971), ROMKENS et alii (1977), DANGLER & EL-SWAIFY (1976), SINGER et alii (1977) e CHANDRA & DE (1978). Daí recomendar-se a determinação dos citados elementos.

#### 4.2 - Avaliação do Método Nomográfico em Relação aos Métodos Diretos de Determinação da Erodibilidade

Os resultados da determinação do fator K com chuva natural,  $K_{cn}$ , e com chuva simulada,  $K_{cs}$ , são mostrados, respectivamente, nos Quadros 2 e 3.

O valor médio obtido com chuva natural foi igual a 0,021 e com chuva simulada igual a 0,028, levando a classificar o solo como de baixa a média susceptibilidade à erosão, de acordo com FOSTER et alii (1981).

As determinações do fator K através de chuva natural e através de chuva simulada levam, geralmente, a resultados aproximados, conforme constatado por BARNETT et alii (1965), YOUNG & BURWELL (1972), MONDARDO et alii (1978), WUNSCH & DENARDIN (1978), CASSOL et alii (1980), ELTZ et alii (1980) e HENKLAIN & FREIRE (1980).

Quando comparados o valor de  $K_n$  com  $K_{cn}$  e com  $K_{cs}$ , (Quadro 4), observou-se significativa diferença, onde o método nomográfico subestimou o valor de K em relação aos métodos diretos. Tal observação é idêntica a de trabalhos de BARNETT



QUADRO 2 - Fator de erodibilidade médio anual de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-Ce., determinado com chuva natural no período abril de 1980 a dezembro de 1983.

Anos	Parcela 1		Parcela 2		Fator K médio
	Número de chuvas (1)	Fator K	Número de chuvas (1)	Fator K	
		t.ha.h/ha.MJ.mm		t.ha.h/ha.MJ.mm	t.ha.h/ha.MJ.mm
1980	12	0,027	08	0,017	0,022
1981	19	0,016	22	0,014	0,015
1982	44	0,021	44	0,020	0,020
1983	19	0,027	19	0,033	0,030
TOTAL	94	0,022	93	0,021	0,021

FONTE: SILVA (1984a)

(1) Descartados dados inconsistentes.

QUADRO 3 - Erodibilidade de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico em Ubajara-Ce., determi-  
nado com simulador de chuva.

Repetições	Série de chuva	Erosividade EI <sub>30</sub>	Declividade	Fator LS	Perda de solo	Erodibilidade	
						SMD (1)	SMI (2)
			%		t/ha		
I	1º	57,32	9,0	0,71	14,37	0,35	0,036
	2º	42,59	9,0	0,71	12,67	0,42	0,043
	3º	107,39	9,0	0,71	17,79	0,23	0,023
	média	...	...	...	...	0,33	0,034
	total	217,13	-	-	44,83	-	-
II	1º	65,85	8,5	0,64	11,11	0,26	0,026
	2º	41,76	8,5	0,64	11,29	0,42	0,043
	3º	92,38	8,5	0,64	16,90	0,28	0,029
	média	...	...	...	...	0,32	0,032
	total	199,99	-	-	39,30	-	-
III	1º	74,12	8,6	0,66	14,59	0,30	0,031
	2º	43,59	8,6	0,66	11,39	0,39	0,040
	3º	84,47	8,6	0,66	14,47	0,23	0,023
	média	...	...	...	...	0,30	0,031
	total	202,18	-	-	40,45	-	-
IV	1º	72,02	8,7	0,67	6,59	0,14	0,014
	2º	40,20	8,7	0,67	4,99	0,18	0,018
	3º	80,20	8,7	0,67	10,64	0,20	0,020
	média	...	...	...	...	0,17	0,017
	total	192,42	-	-	22,22	-	-
	média geral					0,28	0,028

FONTE: TÁVORA (1984)

(1) SMD - Sistema Métrico Decimal, conforme apresentado por TÁVORA, 1984.

(2) SMI - Sistema Métrico Internacional.



QUADRO 4 - Valores de erodibilidade determinados através de chuva natural e chuva simulada e pelo método nomográfico em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-CE, e comparações pelo teste t.

Erodibilidade <sup>(1)</sup>		Teste t - 5% <sup>(2)</sup>			
Kcn	Kcs	Kn	Kn x Kcn	Kn x Kcs	Kcn x Kcs
0,021	0,028	0,003	6,65	15,10	1,40*

(1) Kcn - chuva natural  
 Kcs - chuva simulada  
 Kn - nomógrafo de WISCHMEIER et alii (1971)

(2) Valores de t ao nível de 5% de probabilidade

\* Estatisticamente não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

et alii (1965), BERTONI et alii (1975) e FREIRE & PESSOTI (1978), BARNETT et alii (1978), BARBER et alii (1979), SOUSA (1976), CASSOL et alii (1980) e ELTZ et alii (1980).

Com relação ao trabalho de YOUNG & MUTCHLER (1977), foi observado que, dentre os solos onde  $K_n$  foi menor que  $K_{cs}$ , a diferença mais expressiva ocorreu no solo onde os valores dos parâmetros utilizados no nomograma eram bastante aproximados aos do solo do presente estudo.

Dessa forma, observa-se que, para solos com baixa percentagem de silte mais areia muito fina, o método nomográfico subestima o valor da erodibilidade, em virtude de a maioria dos solos utilizados, quando da concepção do nomograma, possuem mais de 50% da fração silte (YOUNG & MUTCHLER, 1977; FREIRE & PESSOTI, 1978; HENKLAIN & FREIRE, 1983).

A comparação estatística entre os valores médios de  $K$  obtidos através dos três métodos é mostrado no Quadro 4.

Comparados estatisticamente, os valores de  $K_{cn}$  e  $K_{cs}$  não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, comparados  $K_n$  com  $K_{cn}$  ou  $K_{cs}$ , ocorreu uma diferença significativa entre os valores ao mesmo nível de probabilidade, resultado idêntico ao obtido por HENKLAIN & FREIRE (1983).



## 5 - CONCLUSÕES

Os resultados alcançados neste trabalho permitiram as conclusões seguintes:

(a) A erodibilidade é um efeito de complexas interações entre propriedades do solo, e os índices baseados em determinações indiretas não traduzem plenamente esse interrelacionamento em todos os solos;

(b) O valor da erodibilidade, fator K, de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara-CE., determinado pelo método nomográfico de WISCHMEIER foi igual a 0,003 t.ha.h/ha.MJ.mm;

(c) Esse valor foi 7 e 9,3 vezes inferior aos determinados, respectivamente, com chuva natural e com chuva simulada; em solos semelhantes ao do presente estudo, o método nomográfico não é confiável, sendo, portanto, desaconselhada a sua utilização;

(d) Há necessidade do desenvolvimento de um nomograma para os solos brasileiros, com base em suas propriedades específicas, tendo-se em conta a inaplicabilidade do nomograma de WISCHMEIER para o solo estudado.

6 - APÊNDICES



APÊNDICE 1  
Figuras 1 e 2



FIGURA 1 - Mapa do Ceará com indicação da área de localização do solo estudado.



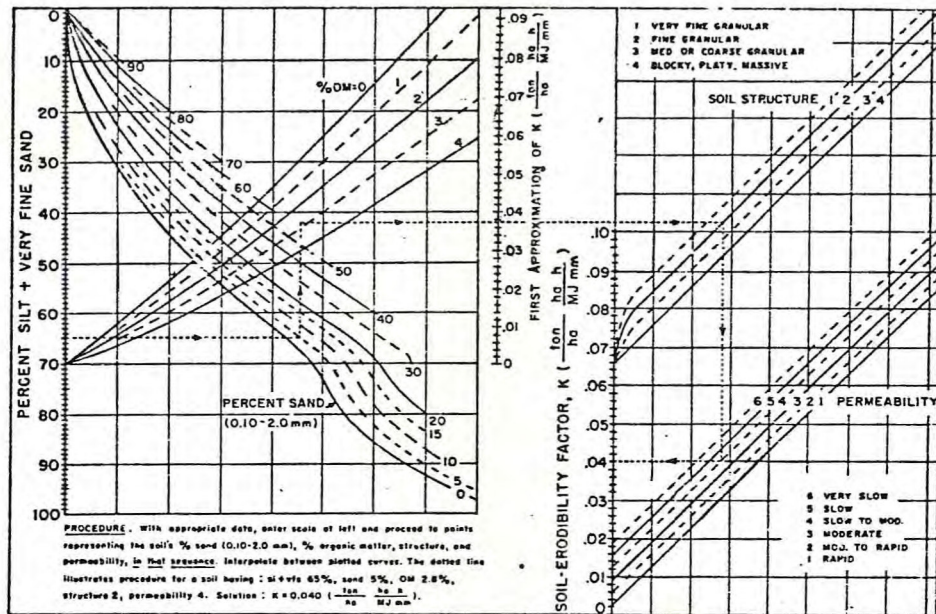


FIGURA 2 - Nomograma de Wischmeier apresentado em unidades do Sistema Internacional, segundo FOSTER et alii, 1981.

APÊNDICE 2

Descrição do Perfil do Solo e Resultados das Análises

---



## 1 - Caracterização do Perfil

- Classificação: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico  
A proeminente textura média fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado.
- Localização: Estado do Ceará, Município de Ubajara, na Unidade de Pesquisa da Ibiapaba da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará - EPACE -, estrada Ubajara-Ibiapina, próximo à casa sede.
- Situação e declive: Trincheira aberta em pastagem natural com declive de 3 a 6%.
- Altitude: 820 metros, aproximadamente.
- Relevo: Local - plano  
Regional - suave ondulado
- Erosão: Sem erosão aparente.
- Drenagem: Bem drenado.
- Vegetação: Local - Gramíneas, Rubiaceae, Amarantaceae e Leguminosas.  
Regional - Floresta subperenifólia.
- Uso atual: Campo experimental (mandioca)

## 2 - Descrição do Perfil

- Ap<sub>1</sub> - 0-8cm, bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido), bruno escuro (10 YR 3/3, seco); franco arenoso; composta de grãos individuais e fraca pequena granular; solto, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- Ap<sub>2</sub> - 8-24cm, bruno escuro (10 YR 3/3, úmido); bruno escuro (10 YR 3/3, seco); franco arenoso; composta de grãos individuais e fraca pequena granular; macio, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

- A<sub>3</sub> - 24-44cm, bruno amarelado escuro (10 YR 3/4, úmido), bruno amarelado escuro (10 YR 3/4, seco), franco arenoso; maciça porosa; macio, friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- B<sub>1</sub> - 44-61cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, seco), franco arenoso; maciça porosa; friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.
- B<sub>21</sub> - 61-104cm, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno amarelo (10 YR 5/8, seco); franco argilo arenoso; maciça porosa; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- B<sub>22</sub> - 104-200cm<sup>+</sup>, bruno amarelado (10 YR 5/6, úmido), bruno amarelado (10 YR 5/8, seco); franco argilo arenoso, maciça porosa; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes - Abundantes em Ap<sub>1</sub> e Ap<sub>2</sub>, comuns em A<sub>3</sub> e B<sub>1</sub> e raras em B<sub>21</sub> e B<sub>22</sub>.

Examinadores - Elder Gurgel Souza Moreira e Francisco Ocian Bastos Mota.



3. Análises físicas e químicas

Horizonte		Composição Granulométrica				Argila Natural %	Classificação Textural
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia Grossa 2-0,2mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila 0,002mm		
Ap <sub>1</sub>	0 - 8	43,3	35,3	6,1	15,3	2,2	Franco Arenoso
Ap <sub>2</sub>	8 - 24	40,7	40,0	2,0	17,3	6,1	Franco Arenoso
A <sub>3</sub>	24 - 44	38,9	35,3	7,8	18,0	5,7	Franco Arenoso
B <sub>1</sub>	44 - 61	36,1	36,4	8,6	18,9	6,1	Franco Arenoso
B <sub>21</sub>	61 - 104	40,6	32,9	6,4	20,1	8,7	Franco Argilo Arenoso
B <sub>22</sub>	104 - 200*	33,3	35,5	9,7	21,5	7,1	Franco Argilo Arenoso

Densidade Real	Unidade - %		Água Útil %	pH em Água	CE a 25°C Ext. Satur mmhos/cm	Carbono %	Nitrogênio %	C/N
	1/3 atm	15 atm						
2,57	8,4	4,8	3,6	5,00	0,28	1,500	0,114	13
2,53	9,0	5,8	3,2	4,80	0,17	1,248	0,100	12
2,59	10,6	5,9	4,7	4,80	0,11	1,008	0,078	12
2,70	10,3	5,8	4,5	5,00	0,09	0,696	0,050	13
2,72	10,7	6,0	4,7	4,90	0,10	0,570	0,036	15
2,63	10,6	6,6	4,0	4,70	0,16	0,378	0,028	13

Matéria Orgânica	P. Assimilável mg/100g	% Na	Complexo Sortivo mE/100g de Solo					
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>
2,58	0,23	0,80	1,40	1,50	0,08	0,09	3,07	7,75
2,14	0,11	0,40	1,10	2,70	0,07	0,06	3,93	8,41
1,73	0,04	0,50	0,10	3,10	0,05	0,06	3,31	8,25
1,19	0,04	0,85	0,10	1,40	0,05	0,07	1,72	6,60
0,98	0,03	1,06	0,10	0,90	0,05	0,07	1,12	5,44
0,65	0,03	1,46	0,10	0,60	0,05	0,08	0,83	4,62

Complexo Sortivo mE/100g de Solo		100 S/T = V%
Al <sup>+++</sup>	T	
1,02	10,82	28
1,40	12,34	31
1,54	11,56	28
1,34	8,22	19
1,26	6,65	17
1,10	5,45	15

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

001. ADAMS, J.E.; KIRKHAM, D. & SCHOLTES, W.H. Soil erodibility and other physical properties of some Iowa soils. Iowa State College J. of Sci. 32(4):485-540, 1958.
002. ALEXANDER, L.T. & MIDDLETON, H.E. Soil as a physical system. In: SHA, B. T. ed. Soil physical conditions and plant growth. New York, Academic Press, 1952. v. 2, p. 1-41.
003. ANDERSON, H.W. Suspended sediment discharge as related to streamflow, topography, soil and land use. Trans. Am. Geophys. Union 35(2):268-81, 1954.
004. ANDRÉ, J.E. & ANDERSON, H.W. Variation of soil erodibility with geology, geographic zone, elevation and vegetation type in Northern California wildlands, J. Geophys. Res. 66(10):3351-8, 1961.
005. ANDREWS, R.J. Runoff estimates based on infiltration capacity, antecedent moisture conditions and precipitation. Agr. Eng. 31(1):26-30, 1950.
006. BARBER, R.G.; MOORE, T.R. & THOMAS, D.B. The erodibility of two soils from Kenia. J. Soil Sci. 30(3):579-92. 1979.
007. BARNETT, A.P. A decade of K-factor evaluation in the Southeast. In: SOIL erosion: Prediction and control. Iowa, Soil Conservation Society of America, 1977. p. 97-104.
008. BARNETT, A.P. & ROGERS, J.S. Soil physical properties related to runoff and erosion from artificial rainfall. Trans. ASAE 9(1):123-5, 128, 1966.
009. BARNETT, A.P.; ROGERS, J.S.; HOLLADAY, J.H. & DOOLEY, A. E, Soil erodibility factors for selected soils in Georgia and South Carolina. Trans. ASAE. 8(3):303-5, 1965.



010. BARNETT, A.P.; DOOLEY, A.E. & SMITH, G.A. Soil erosion and sediment movement under sugarcane culture on the flat lands of Southern Louisiana. Trans. ASAE, 21(6): 1144-50, 1156, 1978.
011. BARRETO, A. Sumário geológico da região rutilífera de Independência. Boletim de Estudos, Recife, SUDENE. Divisão de Geologia, (2):47-56, 1967.
012. BAVER, L.D. Some soil factors affecting erosion. Agr. Eng. 14:51-2. 1932.
013. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil Physics 4. ed. New York, John Wiley & Sons, 1972. 498p.
014. BEALE, O.W.; PEALE, T.C. & LESLIE, F. Infiltration rates of South Carolina soils during simulated rainfall. Climsen, South Carolina Agric. Exp. Sta. 1966. 30p.
015. BENNETT, H.H. Some comparisons of the properties of humid-tropical and humid-temperate American soil, with special reference to indicated relations between chemical and physical properties. Soil Science, 21:349-75, 1926.
016. BERTONI, J. Apresentação de Programas de Pesquisa em Conservação de Solo no Brasil. 3. Estado de São Paulo - IAC. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSAO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1, Londrina, PR, 7 a 11, julho, 1975. Anais..., Londrina, PR. IAPAR, 1975. p, 46-62.
017. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI Jr., R. Equação de perdas de solo. Campinas, São Paulo, Instituto Agrônômico. 1975, 25p. (Boletim Técnico, 21).
018. BERTRAND, A.R.; BARNETT, A.P. & ROGERS, J.S. The influence of soil physical properties on runoff, erosion, and infiltration of some soils in the southeastern United States. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 8, Bucarest, Romênia, 31, agosto, 11, setembro, 1964. Analls..., Bucareste, Romênia, 1964. p. 663-77.

019. BISCAIA, R.C.M. Influência da intensidade de movimentação do solo no processo erosivo, com uso de simulador de chuvas, em Latossolo Vermelho Escuro dos Campos Gerais, no Paraná. Porto Alegre, RS, IPH - UFRGS, 1977. 57p. (Tese de Mestrado).
020. BISCAIA, R.C.M.; RUFINO, R.R. & HENKLAIN, J.C. Cálculo de erodibilidade (valor K) de dois solos do Estado do Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01. agosto, 1980. Resumos, Recife, PE. SCBS, 1980. p. 20.
021. BOUYOUCOS, G.J. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. J. Amer. Soc. Agron. 27:738-41. 1935.
022. BROOKS, F.L. Use of the universal soil loss equation in Hawaii. In: SOIL erosion: Prediction and control. Iowa, Soil Conservation Society of America, 1977, p. 22-30.
023. BROWNING, G.M. et alii. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. Amer. Soc. Agron. Journal. 39:65-73, 1947.
024. BRUCE-OKINE, E. & LAL, R. Soil erodibility as determined by raindrop technique: Soil Sci. 119(2):149-57, 1975.
025. BRYAN, R.B. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. Gooderma, 2:1-26, 1968.
026. BUBENZER, G.F, & MEYER, L.D. Simulation of rainfall and soils for laboratory research. Trans. ASAE, 8(1): 73-75. 1965.
027. CASSOL, E.A. & COGO, N.P. Apresentação de Programas de Pesquisa em Conservação do Solo no Brasil. 2, Estado do Rio Grande do Sul - IPRNR-UFRGS. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSAO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1, Londrina, PR. 7 a 11, julho, 1975. Anais..., Londrina, PR. IAPAR, 1975, p.32-43.



028. CASSOL, E.A.; ELTZ, F.L.F. & GUERRA, M. Erodibilidade do solo "São Jerônimo" (Laterítico Bruno Avermelhado) de terminado com simulador de chuvas - Resultados preliminares. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, RS, 24-28, abril, 1978. Anais..., Passo Fundo, RS, EMBRAPA, 1978. p.203-8,
029. CASSOL, E.A.; ELTZ, F.L.F. & GUERRA, M. Erodibilidade do solo "São Jerônimo" (Laterítico Bruno Avermelhado) Distrófico) determinado com simulador de chuvas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980, Anais..., Recife, PE, SUDENE-SBCS, 1981. p.203.
030. CAVALCANTE, L.F.; CHAVES, I. de & SILVA, A.A. da Comparação entre valores de infiltração final em solos da Paraíba obtidos com chuva artificial e cilindro infiltrômetro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980. Resumo..., Recife, PE. SBCS, 1980a. p. 17.
031. CAVALCANTE, L.F.; FERNANDEZ, M.B. & LEITE, J.A. Avaliação da erodibilidade de quatro solos do município de São Mamede-PB, através do nomograma de Wischmeier e colaboradores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980. Resumos..., Recife, PE, SBCS, 1980b. p.19.
032. CHANDRA, S. & DE, S.K. A simple laboratory apparatus to measure relative erodibility of soils. Soil Sci. 125(2):115-21, 1978.
033. CHAUDHRI, K.G. & DAS, D.K. Physical characteristics of soil crusts. J. Soc. Exp. Agric., 2(1):40-5, 1977.
034. CHIBBER, R.K.; GHOSH, P.C. & SATYANARAYANA, K.V.S. Studies on the physical properties of some of the Himachal pradesh soils formed on different parent materials in relation to their erodibility. J. Indian Soc. Soil Sci., 9:187-92. 1961.

035. COELHO, F.A. de P., MARTINS FILHO, E.C. & OLIVEIRA, J.B. Reconhecimento geomorfológico do trecho Fortaleza-CE a Sete Cidade-PI. Fortaleza-CE. (A publicar).
036. COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural. II. Alguns conceitos básicos e modelo de uma ficha para registro das características da chuva e perdas do solo e água. (1a. Aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, RS, 24-28, abril, 1978b. Anais..., Passo Fundo, RS, EMBRAPA, 1978b. p. 99-107.
037. ————. Erodibilidade de alguns solos do Rio Grande do Sul avaliada pelo método do nomograma. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, RS, 24-28, abril, 1978. Anais..., Passo Fundo, RS, EMBRAPA, 1978a. p. 215-7.
038. COOK, H.L. The nature and controlling variables of the water erosion process. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1:487-94. 1936.
039. DANGLER, E.W. & EL-SWAIFY, S.A. Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am. J., 40(5):769-73. 1976.
040. DANGLER, E.W.; EL-SWAIFY, S.A.; AHUJA, L.R. & BARNETT, A.P. Erodibility of selected Hawaii soils by rainfall simulation. Berkeley R. S. - Department of Agriculture. Agricultural Research Service. 1976. 113p.
041. DEDECEK, R.A. Características físicas e fator de erodibilidade de oxisols do Rio Grande do Sul. I: Unidade Erexim, Passo Fundo e Santo Ângelo, Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, 1974. 132 f. (Tese de Mestrado).
042. DENARDIN, J.E. Determinação dos fatores erodibilidade do solo e comprimento de rampa de um Latossolo Vermelho Escuro Álico. Porto Alegre, RS. IPH - UFRGS, 1978, 88 p. (Tese de Mestrado).



043. DENARDIN, J.E. & WUNSCHÉ, W.A. Erodibilidade de um Latos solo Vermelho Escuro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 28, julho, 01, agosto, 1980. Resumos..., Recife, PE, SBCS, 1980. p. 22.
044. DESPHANDE, T.L.; GRENLAND, D.L. & QUIRK, J.P. Role of iron oxides in the bonding of soil particles. Nature, 201:107-8. 1964.
045. DISEKER, E.G. & YODER, R.E. Sheet erosion studies on cecil clay Alabama, Agr. Exp. Sta., 1936. (Bulletin, 245)
046. DULEY, J.F.L. & HAYS, W.O.E. The effect of the degree of slope on runoff and soil erosion. J. Agr. Res., 45:349-60. 1932.
047. EDWARDS, W.M.; MCGUINNES, J.L.; VAN DOREN, Jr., D.M.; HALL, G.F. & KELLEY, G.E. Effect of long-term management on physical and chemical properties of the Coshocton watershed soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37(6):927-30. 1973.
048. ELLISON, W.D. Soil erosion. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12:479-84, 1948.
049. ————. POMERENE, W.H. A rainfall applicator. Agr. Eng., 25:22-6. 1944.
050. ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M. & SCOPEL, I. Perdas por erosão em diferentes manejos de solos e cobertura vegetal em solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico (São Jerônimo). I. Resultados dos primeiros cinco anos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980. Anais..., Recife, PE., SUDENE-SBCS, 1981. p. 305.
051. EL-SWAIFY, S.A. & DANGLER, E.W. Erodibility of selected tropical soils in relation to structural and hydrological parameters. In: SOIL erosion: Prediction and control. Iowa, Soil Conservation Society of America, 1977. p.105-14.

052. EPSTEIN, E. Effect of rainfall intensity and drop size on soil crusting. Agron. Abs. Amer. Soc. Agron. 1968. Annual Meeting Louisiana.
053. FAO. Roma. La erosión del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo, Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas, 1967. 207p.
054. FARRES, P. The role of time and aggregate size in the crusting process. Earth Surface Process, 3(3):243-54. 1978.
055. FORSYTHE, W. Física do solos: manual de laboratorio. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975. 212 p.
056. FOSTER, G.R.; MCKOOL, D. K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J. Soil Water Conserv., 36:355-9, 1981.
057. FREIRE, O. & PESSOTI, J.E.S. Erodibilidade de alguns solos de Piracicaba-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, RS, 24-28, abril, 1978. Anais..., Passo Fundo, RS, EMBRAPA, 1978. p. 185-92.
058. GASPERI-MAGO, R.R. & TROEH, F.R. Microbial effects on soil erodibility. Soil Sci. Soc. Am. J., 43(4):765-8. 1979.
059. GILLEY, J.E.; GEE, G.W.; BAVER, A.; WILLIS, W.O. & YOUNG, R.A. Runoff and erosion characteristics of surface-mined sites in Western North Dakota. Trans ASAE, 20(4):697-700, 704. 1977.
060. GRANT, W.J. & EPSTEIN, E. Soil losses and crust formation as related to some soil physical properties. Agron. Abs. Amer. Soc. Agron. 1966. Annual Meeting, Oklahoma.
061. HARIDASAN, M. & CHIBBER, R.K. Effect of physical and chemical properties on the erodibility of some soils of the Malwa Plateau. J. Indian Soc. Soil Sci., 19(3):293-8. 1971.



062. HENKLAIN, J.C. & FREIRE, O. Erodibilidade de Latossolos do Estado do Paraná - Aplicabilidade do método nomográfico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980. Resumos..., Recife, PE, SBCS, 1980, p. 25.
063. ————. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de Latossolos do Estado do Paraná. R. bras. Ci. Solo, 7(2):191-5. 1983.
064. HUDSON, N. Soil Conservation. New York, Cornell Univ., 1971. 319p.
065. IBGE. Divisão de Geologia e Mineralogia, Mapa geológico do Brasil. Rio de Janeiro, 1960. Escala 1:5000000.
066. JACOMINE, P.K.T. et alii. Levantamento Exploratório-Reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, SUDENE, DRN, 1973. v.1. 301p. (Série Pedologia, 16).
067. KEMPER, W.D. & KOCH, E.J. Aggregate stability of soils from western United States and Canada. Washington, USDA, ARS, 1966. (Tech. Bull., 1355).
068. KLENNER, M.N. & DAROCH, P.R. Influencia de tres sistemas de labranza en la erodibilidad de un suelo. Simiente, 48(3/4):12-3. 1978.
069. KOHNKE, H. Soil Physics. New York, Mc Graw Hill Book, 1968. 224p.
070. LAL, R. No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. Soil Sci. Soc. Amer. J., 40(5):762-8. 1976.
071. LANGDALE, G.W.; BARNETT, A.P.; LEONARD, R.A. & FLEMING, W.G. Reduction of soil erosion by the no-till system in the Southern Piedmont Trans ASAE, 22(1):82-6, 92. 1979.
072. LASSEN, N.L.; LULL, H.W. & FRANK, B. Algunas relaciones entre planta, suelo y agua en el manejo de cuencas. México City, Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional, 1963. 68p. (Circular, 910).
073. LAWS, J.O. Measurements of fall-velocity of water-drops and raindrops. Trans. Am. Geophys. Un., 22:709-21. 1941.



074. LAWS, J.O. & PARSONS, D.A. The relation of raindrop-size to intensity. Trans. Am. Geophys. Un., 24:452-9, 1943.
075. LINDSAY, J.I. & GUMBS, F.A. Erodibility indices compared to measured values of selected Trinidad soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46:393-6, 1982.
076. LLOYD, C.H. & ELEY, G.W. Graphical solution of probable soil loss formula for Northeastern Region. J. Soil and Water Conserv. 7:189-91. 1952.
077. LOWDERMILK, W.C. Influence of forest litter on runoff percolation and erosion. J. Forestry., 28:474-91. 1930.
078. LUTZ, J.F.J. The physico-chemical properties of soils affecting erosion. Missouri Agr. Exp. Sta. 1934. (Research Bulletin, 212).
079. MANNERING, J.V.; MEYER, L.D. & JOHNSON, C.B. Effect of cropping intensity on erosion and infiltration. Agron. J., 60:206-9. 1968.
080. MARGOLIS, E. & CAMPOS FILHO, O.R. Determinação dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo num Podzólico Vermelho Amarelo de Glória do Goitá. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980. Resumos..., PE, SBCS 1980. p. 29.
081. MCGREGOR, K.C. C factores for no-till and conventional-till soybeans from plot data. Trans. ASAE, 21(6): 1119-22. 1978.
082. MCINTYRE, D.S. Permeability measurements on soil crusts formed by raindrop impact. Soil Sci., 85(4):185-9. 1958b.
083. ———. Soil splash and the formation of surface crusts by raindrop impact. Soil Sci., 85(5):261-6. 1958a.
084. MECH, S.J. Limitations of simulated rainfall as a research tool. Trans. ASAE, 8(1):66-75. 1965.
085. MESNER, J.C. & WOOLBRIDGE, L.C. Estratigrafia das bacias paleozóicas e cretáceas do Maranhão. B. Tec. Petrobrás, Rio de Janeiro. 7(2):137-64, abr./jun., 1964.



086. MEYER, L.D. Use of the rainulator for runoff plot research. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 24:319-22, 1960.
087. ————. Simulation of rainfall for soil erosion research. Trans of the ASAE. 8(1):63-5, 1965.
088. MEYER, L.D. & McCUNE, D.L. Rainfall simulator for runoff plots. Agr. Eng., 39:644-8, 1958.
089. MIDDLETON, H.E. The properties of soils wich influence erosion. Washington, USDA, 1930. 16p. (Tech. Bull. 178).
090. MIDDLETON, H.E.; SLATER, C.S. & BYERS, H.G. The physical and chemical characteristics of the soils from erosion experimental stations. Part I. Washington, USDA. 1932. (Tech. Bull., 316).
091. ————. ————. Part II. Washington, USDA, 1934. (Tech. Bull., 430).
092. MONDARDO, A. & VIEIRA, M.J. Apresentação de Programas de Pesquisa em Conservação do Solo no Brasil. 1. Estado do Paraná-IAPAR. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROÇÃO COM SIMULADORES DE CHUVA. 1. Londrina, PR, 7 a 11, julho, 1975, Anais..., Londrina, PR, IAPAR, 1975. p. 3-28.
093. MONDARDO, A. et alii. Índices de erodibilidade de alguns solos do Estado do Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, RS, 24-28, abril, 1978. Anais..., Passo Fundo, RS, EMBRAPA. 1978. p. 199-201.
094. MORESCO, R.F. & GRAY, F. Determining the soil erodibility factor for selected Oklahoma Mollisols. In: SOIL erosion: Prediction and control Iowa, Soil Conservation Society of America, 1977. p.127-34.
095. MOTA, F.O.B. & LIMA, F.A.M. Erodibilidade dos solos da Fazenda Experimental Vale do Curu. O Solo, 68(2): 60-2. Piracicaba. 1976.
096. MURPHREE, C.E. & MUTCHLER, C.K. Cover and management factors for cotton. Tras. ASAE., 23(3):585-8, 505, 1980.



097. MUSGRAVE, G.W. The quantitative evaluation of factores in water erosion - a first approximation. J. Soil and Water Conserv., 2:133-8, 1947.
098. MUTCHLER, C.K. & MOLDENHAUER, W.C. Applicator for laboratory rainfall simulator. Trans. ASAE, 6(3): 220-2. 1963.
099. NICHOLS, M.L. & SEXTON, H.D. A method of studying soil erosion. Agr. Eng., 13:101-3, 1932.
100. OLIVEIRA, J.B. de Efeitos do manejo do solo na erosão de Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da Microrregião Homogênea 68 do Ceará, Fortaleza, Ceará, CCA-UFC, 1981. 106p. (Tese de Mestrado).
101. OLIVEIRA, L.B. Coeficiente de permeabilidade de dois tipos de solos da Estação Experimental do Curado. Bol. Tec. Inst. Agron. Nord., Recife, 16:3-32. 1961.
102. OLSON, T.C.; MANNERING, J.V. & JOHNSON, C.B. The erodibility of some Indiana soils. Indiana Acad. Sci. Proc., 72:319-24, 1962
103. OLSON, T.L. & WISCHMEIER, W.H. Soil-erodibility evaluations for soils on the Runoff and Erosion Stations. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27(5):590-2. 1963.
104. OSBORN, H.B.; SIMANTON, J.R. & RENARD, K.G. Use of the universal soil loss equation in the semiarid Southwest. In: SOIL erosion: Prediction and control. Iowa, Soil Conservation Society of America. 1977. p. 41-9.
105. PALMER, R.S. Waterdrop impactometer. Agr. Eng., 44(4): 198-9. 1963.
106. PEELE, T.C.; LATHAM, E.E. & BEALE, O.W. Relation of the physical properties of different soil types to erodibility. South Carolina. Agr. Exp. Sta., 1945, p. 5-31. 1945. (Bulletin, 357).
107. PIEST, R.F. & ZIEMNICKI, S. Comparative erosion rates of loess soils in Poland and Iowa. Trans. ASAE. 22(4): 822-7. 1979.



108. POMBO, L.C.A.; GIANLUPPI, D. & KLAMT, E. Caracterização física, química e mineralógica de diferentes solos do Rio Grande do Sul e sua relação com o processo erosivo dos mesmos. I. Determinação do fator K do solo São Jerônimo (Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980. Anais..., Recife, PE, SUDENE-SBCS. 1981. p. 220.
109. RAM, D.N. & ZWERMAN, P.J. Influence of management systems and cover crops on soil physical conditons. Agronomy J., 52(8):473-6. 1960.
110. RESCK, D.V.S. Determinação da erodibilidade de um Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico Fase Terraço, localizado na Zona da Mata(MG), utilizando o simulador de chuva. Viçosa, UFV, 1977. 102p. (Tese de Mestrado).
111. ROMKENS, M.J.M.; GLENN, L.F.; NELSON, D. & ROTH, C.B.A laboratory rainfall simulator for infiltration and soil detachment studies. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39(1): 158-60. 1975.
112. RONKENS, M.J.M.; ROTH, C.B. & NELSON, D.W. Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Amer. Proc..., 41(5): 954-60, 1977.
113. ROOSE, E.J. Use of the universal soil loss equation to predict erosion in West Africa. In: SOIL erosion: Prediction and control. Iowa, Soil Conservation Society of America. 1977. p. 60-74.
114. SAHI, B.P.; SINGH, S.N.; SINHA, A.C. & ACHARYA, B. Erosion index: a new index of soil erodibility. J. Indian Soc. Soil Sci., 25(1):7-10, 1977.
115. SAUNDERS, L.C.U.; SILVA, J.R.C.; MOREIRA, E.G.S.; RODRIGUES, A.L.; MOTA, F.O.B.; FIGUEIREDO, S.S.; SOUSA, J. R.P. & TÁVORA, M.R.P. Comparação de resultados de calibração de dois simuladores de chuva de braços rotativos para pesquisa conservacionista no Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SO



- LO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980, Resumos..., Recife, PE, SBCS, 1980. p.1.
116. SCHMIDT, B.L.; SHRADER, W.D. & MOLDENHAUER, W.C. Relative erodibility of three loess-derived soils in Southeastern Iowa. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28(4): 570-4. 1964.
117. SILVA, I. do F.; CHAVES, I. do B. & MONTENEGRO, J.). Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, PE, 28, julho, 01, agosto, 1980, Anais..., Recife, PE., SUDENE-SBCS. 1981. p.192.
118. SILVA J.R.C. Perdas do solo e produção de sedimentos: estimativa em uma pequena bacia hidrográfica localizada em Piracicaba-SP. Piracicaba, São Paulo, ESALQ-USP, 1978. 62p. (Tese de Mestrado).
119. SILVA, J.R.C.; SAUNDERS, L.C.U.; PAIVA, J.B. & RODRIGUES, A. L. Avaliação da erodibilidade de alguns solos do Ceará pelo método nomográfico. Cien. Agron., 12(1/2): 103-9, 1981.
120. SILVA, J.R.C. Cálculo da erodibilidade pela equação do nomograma de Wischmeier et alii (1971): programa para calculadora HP-33-E. Cien. Agron., 12(1/2): 159-9, 1981.
121. ————. Dados de perdas de solo e fator K em Latosolo Vermelho Amarelo Distrófico, em Ubajara, 1984. (Informação Pessoal).
122. ————. Fatores da equação universal de perdas de solo e sua conversão para o sistema métrico internacional. Fortaleza, CE. 1984b. 11p. (mimeografado).
123. SINGER, M.J. & BLACKARD, J. Effect of mulching on sediment in runoff from simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am. J., 42(3):481-6. 1978.
124. SINGER, M.J.; BLACKARD, J. & JANITZKY, P. Dithionite iron and soil cation content as factors in soil erodibility. California Water Resources Center, 1977. 10p. (Contribution, 1966).



125. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas, Manual de Método de Trabalho do Campo. Campinas, SP, 1976. 36p.
126. SMITH, D.D. Rainfall simulation. Agr. Eng., 45(11):618-9. 1964.
127. ————. Interpretation of soil conservation data for field use. Agr. Engin. 22:173-5, 1941.
128. SMITH, D.D. & WHITH, D.M. Estimating soil losses from field areas of claypan soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 12:485-90, 1947.
129. ————. ————. Evaluating soil losses from field areas. Agr. Engin., 29:394-6, 1948.
130. SMITH, D.D. & WISCHMEIER, W.H. Rainfall erosion. Adv. Agron., New York, 14:109-48. 1962.
131. SOUSA, L. da S. Caracterização física e fator erodibilidade em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo (Paleudult), em diferentes sistemas de manejo. Porto Alegre, RS, FA-UFRGS, 1976. 113p. (Tese de Mestrado).
132. SUDEC, Levantamento de Reconhecimento Semi-detalhado dos solos da região natural da Ibiapaba. Fortaleza, CE., convênio, SUDENE/SUDEC: 1980, 350p.
133. SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. Dados Pluviométricos mensais "In natura". Recife, (s.d). v.1.
134. SURMACH, G.P. Tentative calculation of soil erosion for designing a complex of erosion control practices. Soviet Soil Science. USA., 11(2):179-90. 1979.
135. SWANSON, N.P. Rotating-boom rainfall simulator. Trans. of the A.S.A.E. St. Joseph. 8(1):71-2, 1965.
136. TACKETT, J.L. & PEARSON, R.W. Some characteristics of soil crusts formed by simulated rainfall. Soil Science. 99(6):407-13. 1965.
137. TÁVORA, M.R.P. Erodibilidade e perdas por erosão de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Areia Quartzosa Distrófica da Ibiapaba-CE. 1984. (Informação Pessoal).

138. THOMAS, A.W.; CARREKER, J.R. & LEVERETE, W.B. Soil erosion on Tifton loamy sand. J. of Soil and Water Conserv., 22(6):245-8. 1967.
139. U.F.C. Relatório de Atividade - Convênio POLONORDESTE/SE PLAN-CE/FCPC/UFC - Ibiapaba. Fortaleza, CE. 1980. 35p.
140. UNITED STATES Agricultural Research Service. A universal equation for predicting rainfall-erosion losses. U.S. Dept. Agr., 1961. 11p. (ARS 22-66).
141. U.S.A. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. Soil Survey Manual. Washington, 1962. (Agriculture handbook, 18).
142. VALENTE, O.F. Intensidade e uniformidades de distribuição de precipitações produzidas por um simulador de chuvas rotativo. Viçosa. UFV, 1975. 36p. (Tese de Mestrado).
143. VALLEJOS, G.M. Determinación de perdidas de suelo utilizando la ecuación universal de la erosion en diez localidades del sur de Chile. Santiago, Chile, F. A. Univ. de Chile, 1977. 111p. (Tese Licenciado em Agronomia).
144. VAN DOREN, C.A. & BARTELLI, L.J. A method for forecasting soil losses. Agr. Engin., 37:335-41, 1956.
145. VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro Equipe de Pedologia e Fertilidade dos Solos. Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
146. VETTORI, L. & PIERANTONI, H. Análise granulométrica. Novo método para determinar a fração argila. Rio de Janeiro. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Ministério de Agricultura, 1968. 8p. (Boletim Técnico, 3).
147. VIRGO, K.J. & MUNRO, R.N. Soil and erosion features of the central plateau region of Tigray, Ethiopia. Geoderma. 20(2):131-57, 1978.



148. VOORHEES, W.R.; YOUNG, R.A. & LYLES, L. Wheel traffic consideration in erosion research. Trans. ASAE, 22(4): 786-90. 1979.
149. WALLIS, J.R. & STEVAN, L.J. Erodibility of some California wildland soils related to their metallic exchange capacity. J. Geophys. Res., 66(4):1225-30. 1961.
150. WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23: 246-9. 1959.
151. WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, G.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil Water Conserv., 26(5):189-93. 1971.
152. WISCHMEIER, W.H. & MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 33(1):131-7. 1969.
153. WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7. Madison, Wis., 1960. Annals..., Madison. International Society of Soil Science, 1961. p.418-25.
154. ————. ————. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. U.S. Dept. Agr. 1965. 47p. (Agr. Handbook, 282).
155. ————. ————. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. U. S. Department of Agriculture. 1978. 58p. (Agr. Handbook, 537).
156. WILLEN, D.W. Surface soil textural and potential erodibility characteristics of some Southern Sierra Nevada forest sites. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 29(2):213-8. 1965.
157. WILM, H.G. The application and measurement of artificial rainfall on types FA and F infiltrometers. Trans. Am. Geophys. Un., 24:480-7. 1943.
158. WOOLBRIDGE, D.D. Effects of parent material and vegetation on properties related to soil erosion in Central Washington. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28(3): 430-2. 1964.

159. WUNSCHÉ, W.A. & DENARDIN, J.E. Erodibilidade de Latosso lo Vermelho Escuro Álico (Unidade de mapeamento Passo Fundo) - Primeira aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, Passo Fundo, RS. 24-28, abril, 1976. Anais..., Passo Fundo, RS, EMBRAPA, 1978. p. 209-14.
160. YANAMOTO, T. & ANDERSON, H.W. Splash erosion related to soil erodibility indexes and other forest soil properties in Hawaii. Water Resources Res., 9(2): 336-45. 1973.
161. YOUNG, R.A. & BURWELL, R.E. Prediction of runoff and erosion from natural rainfall using a rainfall simulator. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 36(5):827-30. 1972.
162. YOUNG, R.A. & MUTCHLER, C.K. Erodibility of some Minnesota soils. J. Soil and Water Conserv., 32(4): 180-2. 1977.
163. YOUNG, R.A. & ONSTAD, C.A. Characterization of rill and interrill eroded soil. Trans. ASAE., 21(6):1126-30. 1978.
164. ZINGG, A.W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. Agr. Engin. 21:59-64. 1946.