

ERODIBILIDADE E PERDAS POR EROSIÃO DE LATOSSOLO VERMELHO AMA
RELO DISTRÓFICO E AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS NA REGIÃO
DA IBIAPABA, CEARÁ

MARIA RISALVA PINHEIRO TÁVORA

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

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, outorgado 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.

Maria Risalva Pinheiro Távora

DISSERTAÇÃO APROVADA EM

27/04/84

Prof. Elder Gurgel Souza Moreira
Orientador

Prof. José Ronaldo Coelho Silva
Co-Orientador

Prof. Fernando Felipe Ferreyra
Hernandez

Prof. Luiz Carlos Uchôa Saunders

Aos meus *pais, irmãos e*
esposo.

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Ronaldo Coelho Silva pela orientação e empenho na realização deste trabalho.

Ao Professor Elder Gurgel Souza Moreira, pela oportunidade de ampliação técnica que me foi confiada.

A equipe do Convênio POLONORDESTE/SEPLAN/FCPC/UFC - CCA "Manejo e Conservação do Solo" pelo incentivo e colaboração técnica.

Ao Professor Visitante Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, pelas sugestões apresentadas durante a execução deste trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Ceará (EPACE).

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Ciências do Solo pela amizade e colaboração.

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo nas pessoas do Sr. Antônio Luis de Oliveira, Adenir Alves de Oliveira e Sebastião Gonçalves Marques pela colaboração nos trabalhos de laboratório.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE QUADROS</u>	vii
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	viii
<u>RESUMO</u>	ix
<u>ABSTRACT</u>	x
<u>1 - INTRODUÇÃO</u>	1
<u>2 - REVISÃO DE LITERATURA</u>	3
2.1 - <u>Erodibilidade e perdas de solo e água</u>	3
2.2 - <u>Perdas de matéria orgânica</u>	8
2.3 - <u>Perdas de nutrientes</u>	9
<u>3 - MATERIAL E MÉTODO</u>	16
3.1 - <u>Localização e características gerais das áreas experimentais</u>	16
3.2 - <u>Solos</u>	17
3.3 - <u>Unidades experimentais e simulador de chuvas..</u>	17
3.4 - <u>Características e erosividade das chuvas simu- ladas</u>	18
3.5 - <u>Coleta e determinações de perdas de solo e das enxurradas provocadas pela erosão</u>	19
3.6 - <u>Determinação da erodibilidade</u>	19
3.7 - <u>Determinação das perdas de matéria orgânica ..</u>	20
3.8 - <u>Determinações das perdas de nutrientes</u>	20
3.8.1 - <u>Nutrientes na enxurrada</u>	21
3.8.2 - <u>Nutrientes nos sedimentos</u>	21
3.9 - <u>Determinação da razão de enriquecimento</u>	22
<u>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	23
4.1 - <u>Erosividade das chuvas simuladas</u>	23
4.2 - <u>Perdas de solo e água</u>	23

4.3 - <u>Erodibilidade - Fator K</u>	29
4.4 - <u>Perdas de matéria orgânica e nutrientes</u>	33
4.4.1 - Perdas de matéria orgânica	33
4.4.2 - Perdas de nutrientes no material erodido ...	39
5 - <u>CONCLUSÕES</u>	43
6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	45
<u>APÊNDICE 1</u>	53

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Dados da série de chuvas simuladas aplicadas na unidade experimental Areias Quartzosas Distróficas	24
2	Dados da série de chuvas simuladas aplicadas na unidade experimental Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico	25
3	Índices de erodibilidade de Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico determinados com simulador de chuva	26
4	Características químicas e físicas das parcelas experimentais de Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico à profundidade de 0 - 20cm.....	34
5	Concentrações médias de nutrientes na enxurrada e no solo transportado em Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico nas diferentes intensidades médias de chuvas simuladas	35
6	Perdas médias de nutrientes na enxurrada e no solo transportado em Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico em condições de chuvas simuladas ..	37
7	Razão de enriquecimento dos elementos perdidos em relação à composição química original do solo	38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Percentagem de água perdida em Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico após aplicação de chuvas simuladas	28
2	Área de localização do Projeto de Pesquisa em Tianguá-CE	57
3	Área de localização do Projeto de Pesquisa em Ubajara-CE	62

RESUMO

Perdas de solo, água, matéria orgânica e nutrientes sob condições de chuvas simuladas foram avaliadas em Areias Quartzosas Distróficas (Quartzipsamments) e em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (Typic Haplustox) da região fisiográfica da Ibiapaba, Estado do Ceará, para verificar seu comportamento e resistência à erosão no estágio de preparo do solo.

Para avaliação dessas perdas e da erodibilidade desses solos utilizou-se um simulador de chuvas de braços rotativos tipo Swanson em quatro parcelas de cada solo, aplicando-se em cada parcela uma série padrão de três chuvas simuladas, com as seguintes intensidades: 60 mm/hora em 60 minutos (primeira), 60 mm/hora em 30 minutos (segunda) e 120 mm/hora em 18 minutos (terceira).

A intensidade de perdas nutrientes seguiu a intensidade de perdas de solo e as maiores perdas foram de matéria orgânica (26,2 kg/ha e 546,3 kg/ha) e nitrogênio (3,7 kg/ha e 36,0 kg/ha) respectivamente para as Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, aumentando os riscos de degradação e depleção da fertilidade destes solos por causa de seus baixos teores daqueles elementos. A maior razão de enriquecimento (4,4) foi observada nas Areias Quartzosas Distróficas para a matéria orgânica agravando sua baixa fertilidade.

No Sistema Internacional de Unidades os valores do fator K das Areias Quartzosas Distróficas e do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico foram 0,003 e 0,028 respectivamente.

O controle da erosão foi sugerido como a única alternativa para manter as propriedades físicas, químicas e biológicas desses solos.

ABSTRACT

Soil, water, organic matter and nutrient losses under simulated rainfalls were evaluated on Distrophic Quartz Sands (Quartzipsaments) and on a Distrophic Red-Yellow Latosol (Typic Haplustox) from the phixiographic region of Ibiapaba, Cearā State, Brazil, in order to verify their behavior and resistance to erosion at the stage of seed bed preparation.

In order to evaluate those losses and the erodibility of those soils a rotating-boom rainfall simulator type Swanson was employed on four plots of each soil and a pattern of three simulated rainfalls was applied on each plot. With the intensities of: 60 mm/hr during 60 minutes (first) 60 mm/hr during 30 minutes (second) 120 mm/hr during 18 minutes (third).

The rate of nutrient losses followed the rates of soil losses and the greater losses were of organic matter (26,2 kg/ha and 546,3 kg/ha) and nitrogen (3,7 kg/ha and 36,0 kg/ha) respectively to Distrofic Quartz Sands and Distrophic Red-Yellow Latosol increasing the risks of degradation and depletion of the fertility of these soils because of their low contents of those elements. The higher enrichment ratio 4,4 was observed on Distrophic Quartz Sands to organic matter aggravating their low fertility.

In the International System of Units the Values of factor K of the Distrophic Quartz Sands and Distrophic Red-Yellow Latosol were 0,003 and 0,028, respectively.

Erosion control was suggested as the only altenartive to maintain the physical, chemical and biological properties of these soils.

1 - INTRODUÇÃO

A pesquisa conservacionista se fundamenta nas determinações quantitativas e qualitativas de perdas de solo, água e nutrientes adsorvidos às partículas de argila e húmus. A erosão hídrica que provoca essas perdas é um dos fatores que mais concorrem para o decréscimo da produtividade do solo e decadência de muitas lavouras.

Sendo a erosão uma das principais causas do depauperamento acelerado da fertilidade do solo, a avaliação do desgaste que ela provoca, a comparação dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo e, especialmente, o planejamento das práticas conservacionistas terão que se basear fundamentalmente no estudo da erodibilidade inerente à cada unidade taxonômica de solo.

No Ceará, na região da Ibiapaba verifica-se uma distribuição irregular das chuvas com alta intensidade em apenas quatro meses, caindo sobre as áreas com relevo variando de plano a escarpado. Nessa região ocorre a predominância de uma agricultura bastante intensiva porém sem a proteção do solo proporcionada pelas práticas conservacionistas. Isso origina a desagregação, transporte e deposição das partículas de solo, promovendo conseqüentemente a decapitação de seus horizontes e a poluição por sedimentos nos rios, açudes, drenos de estradas e áreas em cultivos. Portanto se faz necessário o desenvolvimento de pesquisa de conservação do solo, visando identificar causas e efeitos da erosão para estabelecer práticas que concorram para a manutenção de uma agricultura permanente e em equilíbrio com os recursos naturais, o que constitui atualmente uma necessidade essencial no sentido de fixar o homem a terra, ocupado em atividades lucrativas.

Desta maneira, o ideal para exploração racional de uma propriedade agrícola é elaborar um planejamento conservacionista. DEDECEK (1978), afirma que o planejamento con

servacionista de uma propriedade agrícola requer o conhecimento das relações entre aqueles fatores que causam perdas do solo e água e aqueles que permitem reduzir tais perdas nas áreas cultivadas; e que o uso de equação capazes de prever perdas de solo e água, nas áreas agrícolas, tem-se tornado muito útil no planejamento conservacionista. Destas a equação universal de perdas de solo tem-se mostrado como o melhor método de avaliar a erosão, durante mais de uma década de uso nos Estados Unidos, na África e no Brasil (WISCHMEIER & SMITH, 1965; F.A.O., 1967; BERTONI *et alii*, 1975; ROOSE, 1981). Nessa equação um dos membros dimensionais é o fator K, erodibilidade, representando a suscetibilidade que cada solo apresenta em relação ao potencial erosivo das chuvas.

Constituindo, portanto, a erodibilidade, um parâmetro cujo dimensionamento é imprescindível ao uso da equação de perdas de solo e considerando ainda a necessidade de avaliar a magnitude das perdas por erosão, como uma base para seu controle na Ibiapaba, o presente trabalho foi desenvolvido visando alcançar os seguintes objetivos:

(a) Determinar os valores do fator K da equação universal de perdas de solo para o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Areias Quartzosas Distróficas, os quais constituem as unidades taxonômicas mais representativas da Ibiapaba, em termos de área e utilização agrícola, compreendendo o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, 1424,3 km² e as Areias Quartzosas Distróficas 2696,7 km² abrangendo 21,7% e 41% da superfície dessa região, respectivamente.

(b) Avaliar o comportamento desses solos em relação às perdas de terra, matéria orgânica, água e nutrientes sob condições de chuvas simuladas com três diferentes intensidades.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Erodibilidade e perdas de solo e água

A erodibilidade representa a susceptibilidade que os solos apresentam em relação à erosão hídrica ou em outras palavras, a maior ou menor resistência que os solos oferecem à desagregação e ao transporte provocados pela água em movimento tanto pelo impacto das gotas de chuva como pelas enxurradas. Pode ser avaliada dimensionalmente como o fator K da equação universal de perdas de solo definido por WISCHMEIER & SMITH (1965) como a perda de solos em toneladas por acre, (A), por unidade do índice de erosividade das chuvas, fator R, que ocorre em uma parcela de 72,6 pés (22,1 m) de comprimento de rampa (L) e 9% de declividade (S) mantida continuamente sem a proteção de vegetação e arada e gradeada no sentido do declive. Nessa situação os fatores, topográfico (LS), práticas conservacionistas (P) e manejo da vegetação (C), da equação de perdas são iguais à unidade e da sua expressão:

$A = R.K.L.S.C.P.$, tem-se que:

$$K = \frac{A}{R} \text{ ou}$$

$K = A(R.LS)^{-1}$ na impossibilidade da determinação da erodibilidade em situação topográfica diferente do padrão unitário, mantendo-se, porém, o solo descoberto e arado e gradeado morro abaixo, ajustando-se, portanto, o fator K às diferentes condições de comprimento de rampa e declividade.

Numa tentativa de diminuir os longos prazos e elevados custos de determinação da erodibilidade em parcelas

de campo, WISCHMEIER & MANNERING (1969) formularam uma complexa equação de regressão múltipla relacionando o fator K com a interação de 18 propriedades físicas e químicas do solo. Essa equação teve por base, os dados de erodibilidade de 55 solos dos Estados Unidos, obtidos diretamente em campo, com simulador de chuvas, em relação às suas diferentes propriedades passíveis de determinação em laboratório e nos perfis de campo. A comparação dos resultados indicou excelente correlação entre os métodos direto de campo e o indireto através das propriedades do solo usando a equação. Com base nesse estudo, aludidos autores afirmaram que a erodibilidade é um complexo parâmetro do solo que depende de dois tipos de propriedades: aquelas relacionadas com a capacidade de infiltração da água no solo ditando o volume e a velocidade das enxurradas e aquelas relacionadas com a resistência do solo à desagregação, condicionando a maior ou menor massa de solo transportado pelo deflúvio.

Tentativas de simplificação dessa equação, levaram WISCHMEIER et alii (1971) à descoberta de uma nova equação para cálculo da erodibilidade, na qual apenas 5 propriedades do solo eram suficientes para o cálculo da erodibilidade. Essas propriedades usadas na nova equação e ajustadas para um nomograma são percentagem de silte + areia muito fina, percentagem de areia (2 a 0,1mm), percentagem de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade sendo estas duas últimas codificadas numericamente.

Tendo em vista a crescente tendência de utilização do Sistema Métrico Internacional (SI) para dimensionar os fatores da equação universal de perdas de solo, FOSTER et alii (1981) desenvolveram trabalho convertendo as unidades inglesas para as unidades do SI, indicando o fator igual a 0,1702 para aludida conversão. Não explicitaram porém a conversão das unidades indicadas por WISCHMEIER & SMITH (1978) no Sistema Métrico Decimal para o citado SI. SILVA (1983), entretanto elaborou trabalho que supriu essa lacuna, tendo em vista que essa conversão era a que mais interessava aos pesquisadores brasileiros que praticamente, não utilizavam unidades inglesas, indicando o fator igual a 0,1019 para

essa conversão.

Especificamente para Areias Quartzosas Distróficas os estudos de sua erodibilidade até o presente são praticamente inexistentes, conhecendo-se na literatura apenas o trabalho de COGO (1978b) citando o valor de K igual a 0,13 (0,017 no SI) para esse solo, dado obtido com o emprego do nonograma e de BARNETT (1977) citando o valor de 0,17 (0,022 no SI) para um Quartzipsamments americano.

Os trabalhos referentes a erodibilidade dos Latossolos, entretanto, são bem mais numerosos. No exterior é possível destacar o trabalho de DANGLER & EL-SWAIFY (1976), no Havai ao verificarem valores de 0,15 a 0,37 (0,020 a 0,049 no SI) para a erodibilidade de alguns Oxissolos que correspondem aos nossos Latossolos. Esses solos estavam sob diversos cultivos e seus fatores de erodibilidade foram avaliados com simulador de chuvas. Já na África Ocidental, ROOSE (1981) indicou para Solos Ferralíticos e Ferruginosos, pela classificação francesa, valores de erodibilidade entre 0,05 a 0,30 (0,007 a 0,040 no SI) variações em função do material de origem e do manejo do solo com ou sem cultivo. Observou, ainda, resultados satisfatórios com o uso do nonograma desde que se considerasse um coeficiente que ajustasse os valores observados à quantidade de cascalho presente na camada arável. Finalmente, esse autor, concluiu que a intensa erosão naquela região africana, parecia ser mais uma consequência da agressividade muito forte das chuvas do que de uma fragilidade particular dos solos tropicais.

Também no Brasil, as pesquisas de erodibilidade em Latossolo já oferecem maior número de resultados do que aquelas realizadas com Areias Quartzosas Distróficas.

DEDECEK (1974), utilizando o método nomográfico encontrou valores do fator K variando de 0,05 a 0,15 (0,007) a (0,020 no SI) para nove perfis de três Oxissols afirmando ser alta a resistência destes solos à erosão hídrica.

BERTONI *et alii* (1975) determinaram o valor de 0,12 (0,012 no SI) para Latossolo Roxo após um ano de resultados com chuvas naturais.

FREIRE & PESSOTTI (1976), obtiveram valores de 0,06

a 0,16 (0,008 a 0,021), 0,12 (0,016 no SI) e 0,06 (0,08 no SI) respectivamente para Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Roxo utilizando o método nomográfico.

MONDARDO et alii (1978) determinaram, com simulador de chuvas, valores de 0,15 (0,015 no SI), 0,38 (0,038 no SI) e 0,09 (0,009 no SI) para a erodibilidade de Latossolo Roxo Distrófico de uso recente, Latossolo Roxo de uso mais antigo e Latossolo Vermelho Escuro, textura média, respectivamente. Cotejando esses dados com aqueles obtidos com chuva natural, verificaram valores praticamente iguais nos dois últimos solos citados.

BISCAIA (1977) encontrou o valor de 0,02 (0,002 no SI) para o fator K de um Latossolo Vermelho Escuro, sob condições de chuvas simulada.

WUNSCHÉ & DENARDIN (1978) determinaram a erodibilidade de Latossolo Vermelho Escuro Álico encontrando valor médio de K igual a 0,20 (0,020 no SI) durante o período de um ano de coleta de dados com chuvas naturais e de 0,25 (0,025 no SI) após a aplicação de 18 testes com chuvas simuladas em parcelas variando de 11 a 33 metros de comprimento de rampa.

Correlacionando valores de EI_{30} de chuvas naturais com as perdas de solo determinados durante quatro anos BISCAIA et alii (1981) obtiveram alta significância estabelecendo valores de 0,24 (0,024 no SI) e 0,27 (0,027 no SI) para Latossolo Vermelho Escuro, argiloso e Latossolo Roxo Distrófico respectivamente.

POMBO et alii (1981) testaram, em Latossolo Roxo a validade dos nomogramas de ROTH et alii (1974) e de WISCHMEIER et alii (1971) para cálculo da erodibilidade. Verificou a inadequação do primeiro método para esse solo, encontrando o valor de 0,21 (0,021 no SI) para o fator K do horizonte Ap desse solo.

CASSOL et alii (1981) após aplicação de 5 testes de chuvas simuladas em Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico, verificou valores muito próximos do fator K obtidos com o simulador e com dados de ELTZ et alii (1980) obtidos com

chuva natural para esse mesmo solo. Esses valores foram respectivamente, 0,31 e 0,33 (0,032 e 0,034 no SI). Evidenciaram a eficiência e aplicabilidade do método de determinação do fator K com chuvas simuladas desde que os valores extremos obtidos sejam eliminados com um número mínimo de 4 a 5 repetições. Os dados de POMBO et alii (1981) obtidos para esse solo, com o nomograma, 0,28 (0,029 no SI) subestimaria as perdas de solo. SILVA et alii (1981) através do mesmo método nomográfico encontraram valores de 0,03 a 0,14 (0,004 a 0,018 no SI) para Latossolo Vermelho Amarelo situados na Paraíba.

HENKLAIN & FREIRE (1983) comparando os três métodos de determinação do fator K verificaram também para Latossolo Roxo Distrófico e Latossolo Vermelho Escuro Distrófico que os métodos com chuvas naturais e chuvas simuladas não apresentavam diferenças significativas entre os valores de K obtidos, 0,38 e 0,39 e 0,07 e 0,10 respectivamente para o primeiro e segundo solo, (0,039 e 0,040 e 0,007 e 0,010 no SI). Comparando, entretanto os valores obtidos com esses dois métodos diretos com os valores obtidos pelo método nomográfico, 0,02 (0,002 no SI), para o Latossolo Roxo Distrófico e 0,05 (0,005 no SI) para o Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, verificaram que o método nomográfico apresentava diferença significativa subestimando o fator K em relação aos métodos diretos.

Com relação as perdas de solo e água os diferentes solos também se comportam de maneira diferente em relação a essas perdas, quando todos os outros fatores que afetam a erosão são mantidos constantes. Esse comportamento diferente, de acordo com CASSOL et alii (1981), refletindo a erodibilidade de cada solo, está diretamente relacionado com suas características intrínsecas principalmente características físicas tais como estabilidade dos agregados, capacidade de infiltração de água, densidade e tamanho, forma e densidade de partículas, entre outras. As citadas pesquisas de erodibilidade confirmam essa evidência, entre elas, a de OLIVEIRA (1981) que utilizando diferentes manejos para preparo do solo, manuais, a tração animal e tração motora, ve

rificou em todos diferentes taxas de perdas de solo e água entre tratamentos e entre dois solos testados com chuvas simuladas. Os solos diferiam particularmente em relação ao tipo de horizonte A, relação textural, profundidade efetiva e propriedades físicas.

2.2 - Perdas de matéria orgânica

BARROWS & KILMER (1963) afirmam que as perdas de matéria orgânica são críticas não só porque o solo sofre uma depleção de um de seus mais valiosos componentes, mas também porque significantes quantidades de nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo são removidos com ela. Considerando que a matéria orgânica perdida está entre os componentes mais difíceis de recomposição, observaram que os nutrientes adicionados em substituição àqueles perdidos apresentam maior eficiência em solos com suprimentos adequados de matéria orgânica do que em solos onde ela foi perdida por erosão. Reportaram também que perdas de solo menores implicavam em maiores percentagens de matéria orgânica e nitrogênio nas enxurradas citando perdas variáveis de húmus variando de 155 a 1168 kg/ha e razões de enriquecimento variando de 1,15 a 4,7. Razão de enriquecimento é a relação entre as concentrações dos elementos perdidos e dos elementos presentes no solo.

GROHMANN et alii (1956) detectaram em Terra Roxa de Campinas, SP, razões de enriquecimento de 1,2 em relação às perdas de matéria orgânica com base nas determinações de perdas de carbono.

RESCK et alii (1980) verificaram razões de enriquecimento da matéria orgânica em Podzólico variando de 2,0 a 4,0, em condições de chuvas simuladas e perdas totais de 410 kg/ha numa série padrão dessa chuvas.

VIEIRA (1977) determinou perdas de matéria orgânica de 87 kg/ha na fase de preparo do solo convencional enquan

to que no mesmo solo, Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico, as perdas eram de apenas 17 kg/ha em solo sem preparo.

SILVA et alii (1981) verificaram perdas de matéria orgânica variando de 25 a 158 kg/ha com manejo de Latossolo Roxo com palha de milho enterrada e palha de milho queimada, respectivamente.

2.3 - Perdas de nutrientes

As perdas de nutrientes por erosão vem sendo analisadas intensivamente em pesquisas desenvolvidas principalmente nos Estados Unidos destacando-se a revisão bibliográfica realizada por BARROWS & KILMER (1963), na qual afirmam que as perdas de nitrogênio por erosão são provavelmente mais sérias que as perdas de quaisquer outros nutrientes. Isto resulta do fato da maior parte do nitrogênio que é perdido estar combinado com a matéria orgânica do solo, a qual é muito suscetível à erosão. Citam Bedell et alii (1946) os quais afirmam que a quantidade de nitrogênio removida estava mais associada com as enxurradas do que com as perdas de solo.

Com relação ainda as perdas de nitrogênio é válido enfatizar o trabalho de MOE et alii (1967), no qual citando Hanway et alii (1963) afirmam que a estimativa da quantidade desse elemento perdido nas enxurradas seria importante não somente para calcular as perdas de fertilizantes nitrogenado para as culturas mas também para avaliar a possível contaminação dos suprimentos de água com nitratos. Verificaram perdas de até 1,8 kg de nitrogênio por hectare em enxurradas de 556,3 m³/ha provocada por chuva simulada de 127 mm aplicada com intensidades constante durante uma hora em parcelas com solo descoberto. Nessas condições, verificaram perdas de até 40,4 kg/ha de nitrogênio orgânico, altamente correlacionadas com as perdas de solo.

GOEL et alii (1968) estudaram as perdas de nutrien-

tes em três solos aluviais com três graus e comprimentos de declives verificando que os sedimentos eram muito mais ricos em partículas de silte, argila, húmus e nutrientes que os solos originais. Determinaram razões de enriquecimento iguais a 3,6 para o nitrogênio, 2,0 para K_2O , 1,3 para o P_2O_5 , 2,95 para o CaO , 1,69 para MgO e 5,0 para matéria orgânica. Verificaram aumentos de perdas de nutrientes em maiores graus e comprimentos de declives observando que embora houvesse maiores perdas de nutrientes em solos de textura fina, os menores teores de nutrientes presentes em solos de textura mais grossa estavam mais fracamente retidos e vulneráveis à erosão, aumentando sua razão de enriquecimento e agravando a depleção de nutrientes muito valiosos para as culturas mesmo em solos quase planos.

SCHUMAN et alii (1973) analisando o efeito de práticas conservacionistas em relação às perdas de nutriente observaram que em cultura de milho adubada com 448 kg/ha de nitrogênio as perdas desse elemento diminuía de 39,6 kg/ha quando utilizava-se o simples plantio em curvas de nível para 3,0 kg/ha ao adotar-se o terraceamento.

BURWELL et alii (1975) verificaram que em solo de permeabilidade moderada as perdas médias anuais de nitrogênio solúvel e fósforo eram baixos e menores que 2,8 kg/ha sendo a concentração de nitratos abaixo de 10 ppm. Observaram também que práticas de cultivo que proporcionavam boa cobertura do solo no início do ciclo das culturas, quando mais crítica era a erosão, diminuiam as perdas de solo e de nitrogênio e fósforo a elas associadas.

YOUNG & HOLT (1977) pesquisaram a influência da aplicação de esterco em relação às perdas de nutrientes em cultura do milho adubada com 224 kg/ha da fórmula 13-36-13. Nas áreas com esterco as perdas de nitrogênio total diminuíram de 75,6 kg/ha para 24,7 kg/ha e de 18,2 kg/ha para 8,1 kg/ha de fósforo total em relação às áreas onde não aplicou-se o esterco.

BARISAS et alii (1978) pesquisaram a relação entre as perdas de nutrientes nas enxurradas e nos sedimentos concluindo que, para diferentes manejos do solo, nos sedimen-

tos as perdas foram maiores que nas enxurradas. Em solos sem cobertura detectaram perdas de aproximadamente 70 kg/ha de nitrogênio nos sedimentos e de 2 kg/ha desse elemento na enxurrada, após aplicação de chuvas simuladas alternadas com intensidades de 63,5 mm/hora e 127 mm/hora e duração de aproximadamente 3 horas. Nessas mesmas condições determinaram perdas de fósforo de cerca de 1,2 kg/ha nos sedimentos e de cerca de 0,05 kg/ha na enxurrada, concluindo ainda que não obstante as perdas de nutrientes nas enxurradas fossem economicamente insignificantes para o agricultor, elas são importantes em termos de qualidade da água.

ALBERTS et alii (1978) atestaram que as práticas conservacionistas que controlam a erosão são também muito efetivas na redução das perdas de nitrogênio desde que a maior parte desse nutriente perdido está associado aos sedimentos verificando que as perdas em áreas terraceadas eram cerca de 33% daquelas que ocorriam em áreas com simples cultivos em curvas de nível. Nessas últimas áreas determinaram perdas de 57 kg/ha de nitrogênio, a maior parte do qual estava sob forma orgânica e portanto não disponível para uso imediato pelas plantas. Entretanto, o nitrogênio orgânico pode ser mineralizado por atividade biológica para formas disponíveis (NH_4^+ e NO_3^-). As perdas de nitrogênio na enxurrada não excederam 3 kg/ha mesmo com excessiva adubação nitrogenada na área, ou seja, 448 kg de nitrogênio por hectare. Cerca de 54% dessas perdas e de 90% das perdas de nitrogênio nos sedimentos ocorreram no período de preparo do solo e desenvolvimento inicial das culturas. Quanto ao fósforo as perdas totais nos sedimentos e em solução não excederam 1,9 kg/ha, 90% dos quais estavam nos sedimentos e cerca de 85% destes foram perdidos também no período do preparo do solo e desenvolvimento inicial das culturas. Exatamente nessa fase corroboraram a extrema eficiência do terraceamento porque as perdas de nitrogênio e fósforo foram reduzidas cerca de dez vezes quando comparadas com as perdas ocorridas em áreas com simples plantio em nível.

Identica conclusão foi também explícita por TAYLOR (1967) ao afirmar que boas práticas conservacionistas que

previnam a erosão são as mais efetivas maneiras de controlar a poluição das águas por fósforo proveniente da agricultura.

MORALES et alii (1978), no Peru, em solo descoberto, verificaram perdas de 23 kg/ha de nitratos das enxurradas e de 115 kg/ha de nitrogênio total nos sedimentos, para uma erosão de 148 t/ha e enxurrada de 2.219 m³ por hectare. Nessas condições as perdas de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram de 3, 5, 13, 4 kg/ha e de 4, 19, 310 e 7 kg/ha respectivamente, nas águas das enxurradas e nos sedimentos do solo erodido. Observaram também que a precipitação ocorrida de 2.154 mm transportou para o solo o equivalente a 20 kg de nitratos por hectare, massa que não compensava as perdas desse elemento, indicando, portanto, o efeito depressivo da erosão sobre a fertilidade do solo.

O fósforo é um dos nutrientes de menor mobilidade e a não ser que seja mecanicamente incorporado às camadas inferiores do solo, ele permanece no horizonte A do solo, caso aplicado em forma de adubo, sendo que até 65% de seu total é constituído pela forma orgânica e até 50% de sua massa total pode ser fortemente retida pelas argilas da camada arável de solos arenosos. O fósforo é portanto muito suscetível a perdas por erosão nas argilas e na matéria orgânica (BARROWS & KILMER, 1963).

No Brasil, uma das pesquisas pioneiras relacionadas com as perdas de nutrientes por erosão, foi realizada por GROHMAN & CATANI (1949) detectando perdas que equivaliam a razões de enriquecimento iguais a 2,0, 2,8, 2,3 e 1,9 respectivamente para a matéria orgânica, P₂O₅, K₂O e CaO.

VERDADE et alii (1956) encontraram concentrações de até 4,47 mg/l de nitrogênio (NO₃⁻ e NH₄⁺) em enxurradas ocorridas em cultura de algodão em nível em solo arenoso e de até 139 mg/100g desses elementos nos sedimentos desse solo em idêntica situação. Verificaram que quanto maior o controle da erosão, menores eram as perdas de nitrogênio sendo comprovada a eficiência dos cordões de cana em contorno como excelente prática conservacionista. Observaram também que o nitrogênio trazido pela chuva compensa as perdas ocor

ridas desse elemento nas enxurradas mas nas práticas culturais comuns as perdas nos sedimentos eram muito elevadas não sendo recuperadas pelo nitrogênio trazido pelas chuvas.

GROHMANN et alii (1956) determinaram perdas de até 12,8, 3,1, 0,4, 3,1 e 1,14 quilogramas por hectares de carbono orgânico, K_2O , P_2O_5 , CaO e MgO respectivamente em enxurrada de $974,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ em Terra Roxa cultivada com algodão morro abaixo. Nessa situação as perdas desses elementos nos sedimentos foram de 763,9, 6,3, 17,0, 43,8 e 5,6 quilogramas por hectare de carbono orgânico, K_2O , P_2O_5 , CaO e MgO respectivamente em perdas totais de solo de 40,2 t/ha.

VIEIRA (1977), em preparo do solo convencional com chuvas simuladas e com cultura de soja em Laterítico Bruno Avermelhado, determinou perdas de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas proporções de 3,8, 0,01, 8,7, 8,2 e 3,8 quilogramas por hectare, respectivamente, sendo que os dois primeiros elementos foram avaliados apenas nos sedimentos e os restantes nos sedimentos e na suspensão. As perdas de solo foram de 12,9 t/ha e as perdas de água foram de $298,6 \text{ m}^3/\text{ha}$.

ELTZ (1977) nesse mesmo solo em preparo convencional com a cultura de trigo determinou perdas de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas proporções de 77,6, 0,04, 0,3, 1,2 e 0,5 quilogramas por hectare e com soja as perdas desses nutrientes nessa ordem foram de 12,0, 0,01, 0,04, 0,08 e 0,04 quilogramas por hectare. No primeiro caso verificou perdas de 1,45 t/ha de solo e $531 \text{ m}^3/\text{ha}$ de água e no segundo essas taxas foram de 0,3 t/ha e de $47 \text{ m}^3/\text{ha}$ respectivamente. Verificou também que as perdas de nutrientes aumentaram com as perdas de solo, porém as taxas de enriquecimento diminuíram com este aumento.

DEDECECK (1978) pesquisando perdas de nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro verificou em uma única chuva de 45,8 mm, que as perdas de nutrientes mesmo em solo descoberto não ultrapassavam 0,1% das quantidades de nutrientes existentes em uma camada de 5 cm de solo porém as proporções verificadas indicavam que as perdas de cálcio, magnésio e potássio eram muito elevadas, reforçando a necessidade de

conservação do solo caminhar paralelamente, ou até se antecipar a correção da fertilidade natural do solo.

FREITAS & CASTRO (1980) estimaram perdas anuais de nutrientes no Paraná equivalentes a 3.854 mil toneladas de sulfato de amônio, 37 mil toneladas de superfosfato simples, 281 mil toneladas de cloreto de potássio e 7.900 mil toneladas de calcário dolomítico.

RESCK et alii (1980) em Podzólico Vermelho Amarelo, com chuvas simuladas determinaram perdas de 410,0, 0,1, 1,4, 12,1 e 6,3 quilogramas por hectare de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, respectivamente, encontrando razões de enriquecimento, desses nutrientes e nessa ordem, iguais a 5, 4, 8, 9 e 9. Observaram ainda que as taxas de enriquecimento foram diminuindo da primeira para a terceira chuva enquanto que as perdas de solo aumentaram nessa ordem. As perdas de solo foram de 11,5 t/ha verificando-se vazões das enxurradas variando de 6,6 a 202,1 litros por minuto.

SILVA et alii (1981) em Latossolo Roxo com a cultura do milho com queima dos restolhos avaliaram perdas de 158,0, 0,22, 1,4, 6,6 e 2,0 quilogramas por hectare de matéria orgânica, P_2O_5 , K_2O , CaO e MgO respectivamente em perdas de solo de 6,7 t/ha e perdas de água de $670 m^3/ha$. Verificaram que a terra arrastada contém mais nutrientes que a enxurrada e que a manutenção da palha do milho na superfície reduzindo as perdas de solo e água reduz também as perdas de nutrientes. Outrossim, a queima dos restolhos elevando os teores de potássio do solo aumenta as perdas desse elemento nos sedimentos e na enxurrada.

É oportuno concluir essa revisão enfatizando as conclusões de BARROWS & KILMER (1963) quando afirmam que é um erro assumir que os danos da erosão são proporcionais aos quilogramas de terra ou nutrientes removidos. As quantidades totais de matéria orgânica e nutrientes removidos de solos bem adubados e altamente produtivos podem ser consideravelmente maiores do que as quantidades removidas de solos mais pobres porém as perdas percentuais podem ser mais prejudiciais nestes últimos. Por outro lado, o próprio tempo

em que as perdas ocorrem é também significativo, visto que mesmo uma relativamente pequena erosão resulta em uma temporária redução da quantidade de nutrientes disponíveis e se esta ocorre durante um estágio crítico no desenvolvimento vegetal, o crescimento da planta pode ser retardado.

3 - MATERIAL E MÉTODO

3.1 - Localização e Características Gerais das Áreas Experimentais

Este trabalho foi realizado nas Estações Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará localizadas às margens da rodovia CE-075 a 2km da cidade de Tianguá e a 2km da cidade de Ubajara respectivamente. Situa-se na zona fisiográfica da Ibiapaba entre as coordenadas geográficas de $3^{\circ} 3'$ e 4° de latitude sul e 41° e $40^{\circ} 30'$ de longitude oeste e com a altitude em relação ao nível do mar variando de 790m em Tianguá e 820m em Ubajara. Nas duas estações experimentais o clima é do tipo Amw' tropical chuvoso de monção, da classificação de Köppen, situando-se entre as isotermas de 24° a 26° C de temperatura média anual, vegetação do tipo floresta subperenifólia e predominância de relevo suave ondulado. Diferem entretanto com relação as normais pluviométricas de 1439,1 mm em Ubajara e de 1175,7 mm em Tianguá que apresenta-se com características de zona de transição para a vegetação de caatinga. Na região como um todo, verifica-se, também a presença de climas Aw', tropical chuvoso e BSw'h', quente e semi-árido tipo estepe, da classificação de Köppen, bem como variações na vegetação em função do clima, com presença também de floresta subcaducifólia e relevo variando de plano a escarpado (Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado da Ibiapaba, 1980).

Em ambas as áreas verifica-se a incidência de chuvas de altas intensidades concentradas no primeiro quadrimestre do ano implicando no agravamento dos riscos da erosão conforme detectado no trabalho de SILVA & MOREIRA (1983).

3.2 - Solos

Na estação experimental de Tianguá o solo estudado é uma Areia Quartzosa Distrófica A moderado fase floresta/caatinga relêvo plano e suave ondulado, de acordo com o Levantamento de Reconhecimento Semidetalhado dos Solos da Região Natural da Ibiapaba executado pela Superintendência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado da Ibiapaba, 1980) e segundo a SOIL SURVEY STAFF (1975), o referido solo é classificado como Quartzipsaments.

Na estação experimental de Ubajara, o solo é um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A proeminente textura média fase floresta subperenifólia suave ondulado (Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado da Ibiapaba, 1980) e segundo a SOIL SURVEY STAFF (1975) este solo é classificado como Typic Haplustox.

A descrição dos perfis abertos nas duas estações e os resultados das análises são transcritas no APÊNDICE 1.

3.3 - Unidades experimentais e simulação de chuvas

Em cada solo foi instalado uma unidade experimental, com 154 m² de área útil, constando de 4 parcelas de 3,5 m x 11 m separadas por chapas galvanizadas a intervalo de 3,5 m e acopladas a calhas coletoras de enxurradas e sedimentos ligados a 4 grupos de tanques de sedimentação e coletores de deflúvio, através de cano de 3 polegadas de diâmetro. Nas parcelas a vegetação foi eliminada previamente, através de uma aração e duas gradagens seguindo o declive, caracterizando, portanto, a condição padrão de preparo do solo para estudo da erodibilidade com chuvas simuladas.

Utilizou-se um simulador de chuvas de braços rotativos tipo Swanson, aplicando-se uma série de três chuvas si

muladas em cada solo de acordo com a metodologia recomendada no I Encontro Nacional Sobre Pesquisa de Erosão com Simuladores de Chuva (EMBRAPA/IAPAR, 1975). A aplicação das chuvas foi feita simultaneamente para duas parcelas colocando-se o simulador entre ambas. Este tratamento corresponde portanto, ao estudo da erodibilidade dos solos com quatro repetições em cada unidade experimental.

Antes da aplicação de chuvas simuladas o simulador foi previamente calibrado de acordo com trabalho desenvolvido por SAUNDERS et alii (1980).

3.4 - Características e erosividade das chuvas simuladas

Avaliaram-se as quantidades efetivas de chuvas aplicadas, pelas suas alturas em milímetros, através da distribuição de doze pluviômetros sob o raio de ação do simulador e cronometrando-se o início e o final de cada chuva, foram calculados as respectivas intensidades.

O índice de erosividade EI_{30} foi calculado, pela seguinte fórmula, indicada por Lombardi Neto e utilizada por CASSOL et alii (1978):

$$EI_{30} = Q \times I_{30} \times 0,0213$$

onde: EI_{30} = índice de erosividade de chuva simulada;

Q = quantidade de chuva aplicada em mm;

I_{30} = intensidade máxima em 30 minutos, em mm/hora;

0,0213 = fator de eficiência.

3.5 - Coleta e determinações de perdas de solo e das enxurradas provocadas pela erosão.

Após a aplicação de cada chuva, o material erodido juntamente com as enxurradas em cada parcela foram coletadas em conjunto de dois tanques unidos por um sistema divisor com quinze colunas de furos com diâmetro de 1,25cm, de modo que após o enchimento do primeiro tanque com capacidade de 172 litros, 1/15 da enxurrada foi coletada no segundo tanque com capacidade de armazenar 500 litros.

Utilizou-se um balde, previamente calibrado, para coleta e medição de volume dos sedimentos depositados no primeiro tanque e retidos na calha coletora, e recipientes de 100cm³ para coleta de alíquotas, em duplicatas da lama e da suspensão nos dois tanques. Em continuação, procedeu-se às análises volumétricas e gravimétricas usuais neste tipo de pesquisa, seguindo-se em linhas gerais a metodologia sugerida por COGO (1978a) e com algumas modificações introduzidas por SILVA (1982) com vistas à quantificação de perdas de solo e água em campo e laboratório.

Avaliou-se a infiltração por diferença entre a precipitação aplicada e a água perdida pelo escoamento superficial.

3.6 - Determinação da erodibilidade

Os índices de erodibilidade, fator K para os dois solos, foram calculados utilizando-se a equação universal de perdas de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978), com ajustamento dos valores da declividade e comprimento do declive, fator LS, à condição padrão pela seguinte equação indicada por BERTONI *et alii* (1975).

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

onde: L = comprimento do declive em metros;
S = declividade em percentagem.

O fator K representa a média dos valores das 4 repetições correspondentes às aplicações da série de 3 chuvas simuladas em cada solo pesquisado.

Os valores assim determinados foram transformados em unidades do Sistema Métrico Internacional através do fator de conversão igual a 0,1019 indicado por SILVA (1983).

Classificou-se a erodibilidade em função dos valores indicados por FOSTER et alii (1981) no Sistema Métrico Internacional: 0,010 (baixa), 0,030 moderada e 0,06 alta.

3.7 - Determinação das perdas de matéria orgânica

No solo e material erodido ou sedimentos determinou-se o carbono orgânico, e usando-se o fator 1,724 para a estimativa de matéria orgânica VETTORI (1969). As perdas de matéria foram calculadas pela fórmula:

$$M.O. = \frac{C.S.100}{A}$$

onde: M.O. = massa de matéria orgânica perdida, em kg/ha;
C = percentagem de matéria orgânica no sedimento;
S = massa de sedimentos perdidos na parcela, em kg;
A = área da parcela em m².

3.8 - Determinações das perdas de nutrientes

Após cada chuva simulada em cada parcela coletou-se alíquotas de 1 litro de suspensão e 1 kg de sedimentos. Nessas alíquotas de enxurradas e sedimentos foram analisados os

nutrientes pelos seguintes métodos:

3.8.1 - Nutrientes na enxurrada

Os nutrientes totais perdidos na enxurrada foram determinados em 100 ml da enxurrada, após concentração e ataque do material em suspensão com ácido nítrico e perclórico, levando-a a volume de 50 ml. Neste extrato foram determinados fósforo total pelo método da cor amarela, vanado-molibdo-fosfórico (JACKSON, 1964); potássio total por fotometria de chama e cálcio e magnésio total por absorção atômica.

O nitrogênio total foi determinado pelo método modificado de Kjeldahl (JACKSON, 1964) em 100 ml da enxurrada após digestão com H_2SO_4 e uma mistura catalizadora de H_2SO_4 , $CuSO_4$ e selenio.

Para obtenção das perdas médias dos elementos na enxurrada incluindo nutrientes solúveis e nutrientes adsorvidos à fase sólida em suspensão utilizou-se a seguinte fórmula:

$$N_e = \frac{E \cdot C}{100 \cdot A}$$

onde: N_e = massa de nutriente perdido na enxurrada, em kg/ha;

E = volume da enxurrada das parcelas, em litros;

C = concentração dos nutrientes na enxurrada, em ppm;

A = área da parcela em m^2 .

3.8.2 - Nutrientes nos sedimentos

Os sedimentos retidos nos sistemas coletores, após secagem ao ar e peneirados em tamiz de 2,0 mm, foram analisados

dos de acordo com os seguintes métodos recomendados pela EMBRAPA (1979): os cátions trocáveis foram extraídos com acetato de amônio normal em pH 7, determinando-se o cálcio e magnésio por titulação com EDTA e potássio por fotometria de chama; fósforo disponível pelo método de Carolina do Norte; teor de matéria orgânica, pelo carbono orgânico determinado por oxidação, de acordo com procedimento proposto por Tiurin e modificado por VETTORI (1969).

O nitrogênio foi determinado pelo mesmo método citado no item anterior.

As perdas médias dos elementos nos sedimentos utilizou-se a seguinte fórmula:

$$N_s = \frac{M \cdot C}{100 \cdot A}$$

onde: N_s = massa do nutriente perdido nos sedimentos, em kg/ha;

M = massa dos sedimentos perdidos na parcela em kg;

C = concentração do nutriente nos sedimentos, em ppm;

A = área da parcela m^2 .

3.9 - Determinação da razão de enriquecimento

A razão de enriquecimento foi calculada para cada chuva pela relação indicada por BARROWS & KILMER (1963) através da seguinte relação:

$$R.E. = \frac{C_e}{C_s}$$

onde: R.E. = razão de enriquecimento;

C_e = concentração média do nutriente nos sedimentos, em ppm;

C_s = concentração do nutriente no solo original, em ppm.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Erosividade das chuvas simuladas

Os QUADROS 1 e 2 mostram as características e os valores de erosividade das chuvas calculadas após a aplicação de cada intensidade de chuva nas séries de precipitação simuladas nas duas unidades de solo em estudo. Nesses quadros observa-se variação da erosividade indicando que não foi possível manter as intensidades das chuvas previstas de 60 mm/h em 60 minutos (primeira) 60 mm/h em 30 minutos (segunda) e 120 mm/h durante 18 minutos (terceira chuva) nas diferentes unidades de solos, nas repetições.

Esta variação nos valores da intensidade e consequentemente de erosividade, verificada também em trabalhos de BISCAIA (1977), RESCK (1978), WUNSCHÉ & DENARDIN (1978) e OLIVEIRA (1981) deve-se principalmente a ocorrência de ventos fortes no período de aplicação das chuvas simuladas, provocando assim desuniformidade de distribuição nas parcelas e também porque em alguns casos não era possível ajustar-se imediatamente a vazão dos bicos aspersores à pressão indicada pela curva de calibração, ao qual pode também ter contribuído as variações inerentes ao aparelho de simulação utilizado (SAUNDERS et alii, 1981).

4.2 - Perdas de solo e água

O QUADRO 3 mostra as perdas de solo resultantes da aplicação das chuvas simuladas nos dois solos observando-se que na segunda repetição correspondente à segunda chuva aplicada em Areias Quartzosas Distrólicas não foi possível de-

QUADRO 1 - Dados da série de chuvas simuladas aplicadas na unidade experimental Areias Quartzosas Distróficadas.

Repetições	Fatores	Chuvas			Total
		1ª	2ª (1)	3ª (2)	
1ª	Q (mm)	67,96	37,09	30,80	-
	I ₃₀ (mm/hora)	67,96	74,18	102,70	-
	Índice EI ₃₀	98,37	58,60	67,38	224,35
	Duração (min)	60	30	18	-
2ª	Q (mm)	64,14	29,46	28,91	-
	I ₃₀ (mm/hora)	64,14	58,92	96,36	-
	Índice EI ₃₀	87,63	36,97	59,34	183,94
	Duração (min)	60	30	18	-
3ª	Q (mm)	81,37	36,64	32,91	-
	I ₃₀ (mm/hora)	81,37	73,27	109,70	-
	Índice EI ₃₀	141,03	57,18	76,90	275,11
	Duração (min)	60	30	18	-
4ª	Q (mm)	52,84	33,49	34,72	-
	I ₃₀ (mm/hora)	52,48	66,98	115,73	-
	Índice EI ₃₀	59,47	47,78	85,59	192,84
	Duração (min)	60	30	18	-

(1) Chuva aplicada 24 horas após a primeira.

(2) Chuva aplicada 30 minutos após a segunda.

QUADRO 2 - Dados da série de chuvas simuladas aplicadas na unidade experimental Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.

Repeti� c�oes	Fatores	Chuvas			Total
		1�	2� (1)	3� (2)	
1�	Q (mm)	55,60	35,08	38,89	-
	I ₃₀ (mm/hora)	55,60	70,16	129,64	-
	�ndice EI ₃₀	65,85	52,42	107,39	225,66
	Dura�o (min)	60	30	18	-
2�	Q (mm)	51,83	31,31	36,07	-
	I ₃₀ (mm/hora)	51,83	62,62	120,24	-
	�ndice EI ₃₀	57,22	41,76	92,38	191,36
	Dura�o (min)	60	30	18	-
3�	Q (mm)	59,00	31,99	34,49	-
	I ₃₀ (mm/hora)	59,00	63,98	114,98	-
	�ndice EI ₃₀	74,15	43,59	84,47	202,21
	Dura�o (min)	60	30	18	-
4�	Q (mm)	58,15	30,72	33,74	-
	I ₃₀ (mm/hora)	58,15	61,44	112,47	-
	�ndice EI ₃₀	72,02	40,20	80,82	183,04
	Dura�o (min)	60	30	18	-

(1) Chuva aplicada 24 horas após a primeira.

(2) Chuva aplicada 30 minutos após a segunda.

QUADRO 3 - Índices de Erodibilidade de Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico determinados com simulador de chuva.

Repetições	Série de Chuva	Areias Quartzosas Distróficas					Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico				
		Erosividade (EI ₃₀)	Declividade	Fator LS	Perdas de solo (A)	Erodibilidade (K)	Erosividade (EI ₃₀)	Declividade	Fator LS	Perdas de solo (A)	Erodibilidade (K)
			%		t/ha		%		t/ha		
1ª	1ª	98,37	3,20	0,19	0,20	0,01	65,85	9,00	0,71	14,37	0,31
	2ª	58,60	3,20	0,19	0,20	0,03	52,42	9,00	0,71	12,67	0,34
	3ª	67,38	3,20	0,19	0,91	0,08	107,39	9,00	0,71	17,79	0,23
	Média	...	...	...	...	0,04	...	...	...	...	0,28
	Total	224,35	-	-	1,31	-	225,66	-	-	44,83	-
2ª	1ª	87,63	3,30	0,20	0,29	0,02	57,22	8,50	0,64	11,11	0,30
	2ª	36,97	3,30	0,20	...	...	41,76	8,50	0,64	11,29	0,42
	3ª	59,34	3,30	0,20	1,35	0,10	92,38	8,50	0,64	16,90	0,29
	Média	...	...	...	...	0,06	...	...	...	...	0,34
	Total	183,94	-	-	1,64	-	191,36	-	-	39,30	-
3ª	1ª	141,03	3,20	0,19	0,07	0,01	74,15	8,60	0,66	14,59	0,30
	2ª	57,18	3,20	0,19	0,10	0,01	43,59	8,60	0,66	11,39	0,39
	3ª	76,90	3,20	0,19	0,55	0,04	84,47	8,60	0,66	14,47	0,23
	Média	...	...	...	...	0,02	...	...	...	...	0,30
	Total	275,11	-	-	0,72	-	202,21	-	-	40,45	-
4ª	1ª	59,47	2,90	0,18	0,19	0,01	72,02	8,70	0,67	6,59	0,14
	2ª	47,78	2,90	0,18	0,10	0,01	40,20	8,70	0,67	4,99	0,18
	3ª	85,59	2,90	0,18	0,18	0,01	80,82	8,70	0,67	10,64	0,20
	Média	...	...	...	...	0,01	...	...	...	...	0,17
	Total	192,84	-	-	0,47	-	183,04	-	-	22,22	-
	Média Geral	-	-	-	1,03	0,03	-	-	-	36,70	0,28

(...) Dado não determinado.

terminar precisamente os resultados, por falha eventual dos coletores, razão pela qual os dados foram descartados.

Em ambos os solos observa-se uma tendência de diminuição das perdas da primeira chuva para a segunda, fenômeno pouco comum em outros estudos semelhantes com chuvas simuladas realizadas por BISCAIA (1977), RESCK (1978), CASSOL et alii (1978), MONDARDO (1978) e OLIVEIRA (1981). É provável que a alta permeabilidade desses solos, evidenciada pelas altas percentagens de água infiltrada na primeira chuva, aliada à menor erosividade da segunda chuva haja contribuído para essa ocorrência. Os aumentos das perdas de solo da segunda chuva para a terceira e desta em relação à primeira são normais ocorrendo de acordo com o que foi verificado também pelos citados autores, tendo em vista, principalmente, as maiores enxurradas provocadas pelo menor intervalo de tempo entre essas duas últimas chuvas. Esse menor intervalo, condicionou um maior teor de umidade anterior do solo, diminuindo as taxas de infiltração e aumentando as taxas de escoamento superficial conforme mostra a FIGURA 1 que representa resultados obtidos pela média das enxurradas de todas as parcelas. Outrossim a erosividade da terceira chuva foi sempre maior que a da segunda chuva, encontrando inclusive solos mais desagregados ou com agregados menos estáveis o que confirma as maiores perdas nesta última chuva.

Com referência às diferenças de perdas de solo entre as duas unidades taxônicas verifica-se no QUADRO 3, que o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico apresentou perdas cerca de 97% superiores em relação às Areias Quartzosas Distróficas. Entretanto o fator que mais influenciou essas menores perdas foi a declividade e menor capacidade de transporte das enxurradas nas Areias Quartzosas Distróficas influenciada pelo seu menor volume em relação ao Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Conforme mostra a FIGURA 1 na primeira, segunda e terceira chuvas as perdas médias de água do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico foram respectivamente 100%, 80% e 32% maiores que aquelas que

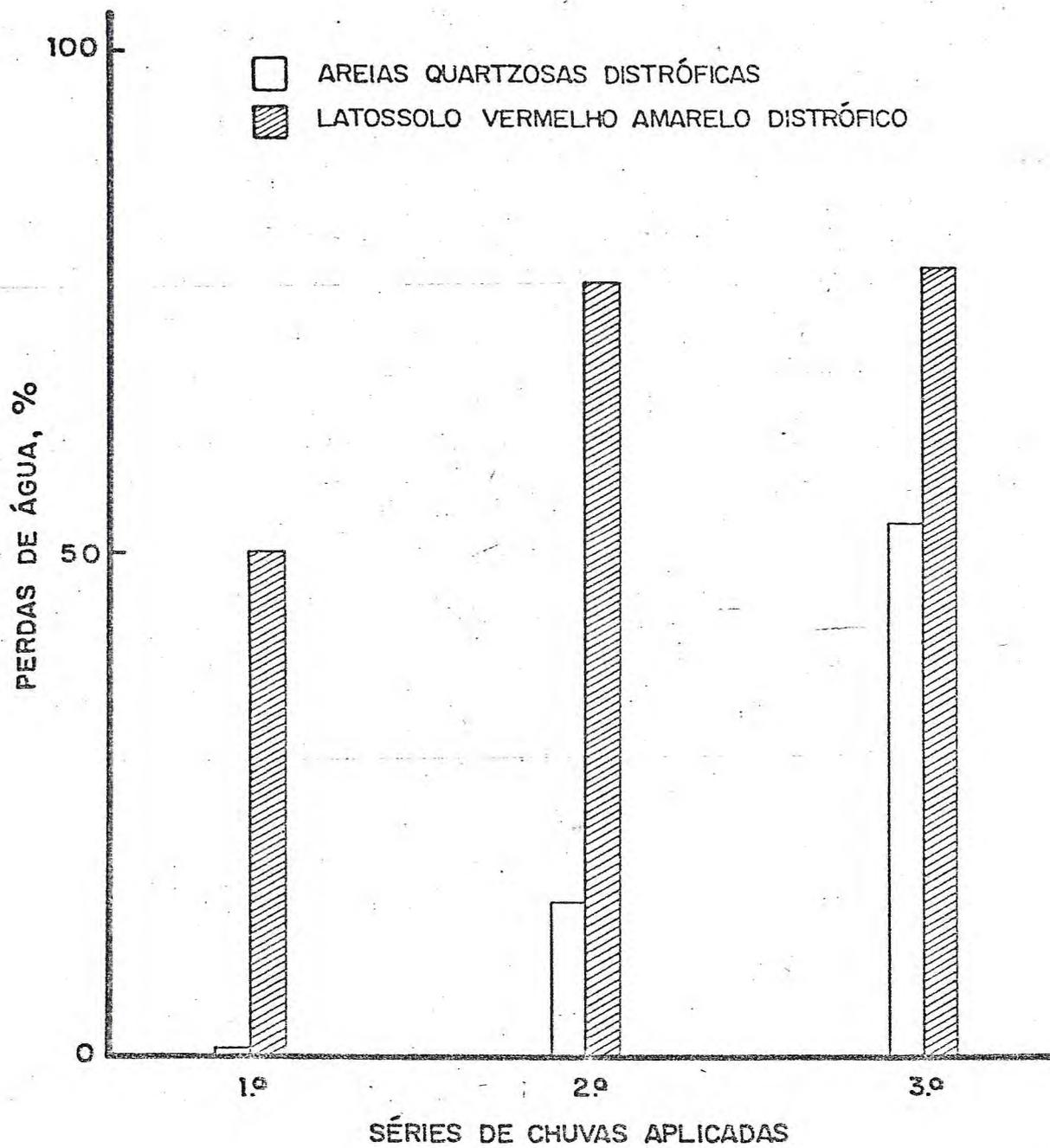


FIGURA 1 - Percentagem de água perdida em Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico após aplicação de chuvas simuladas.

ocorreram em Areias Quartzosas Distróficas. Desta forma, a maior massa de água perdida no Latossolo condicionou não só maior energia cinética das enxurradas mas também maior carga de sólidos transportada em relação as Areias Quartzosas Distróficas.

A diferença textural entre os dois solos confirma seu comportamento divergente em relação às perdas. Nas Areias Quartzosas Distróficas predomina a fração areia, facilitando a alta permeabilidade verificada. Por sua vez, a mais alta percentagem de argila, no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, quando individualizada pela desagregação tende a obstruir os poros superficiais do solo diminuindo as taxas de infiltração.

Essa diversidade de características e comportamentos de solos diferentes coincide com os resultados obtidos por OLIVEIRA (1981) ao estudar perdas por erosão em solos com características físicas marcadamente distintas.

As elevadas taxas de perdas de solo e água do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico reflete sua fragilidade frente à erosividade das chuvas da região da Ibiapaba, principalmente na fase crítica de seu preparo mecanizado quando é eliminada sua proteção vegetativa pelo arado e pela grade que agravam a erosão quando mobilizados a favor do declive.

4.3 - Erodibilidade - Fator K

O QUADRO 3 mostra os valores da erodibilidade ao lado dos valores de erosividade (EI_{30}), fator topográfico (LS) e perdas de solo (A) obtidos após a aplicação das séries de chuvas simuladas nos grupos de quatro parcelas para cada solo em estudo. Os dados indicam variações no fator erodibilidade nas quatro repetições principalmente em Areias Quartzosas Distróficas e na quarta repetição do Latossolo Vermelho. Essas variações também foram observadas em trabalhos semelhantes de erodibilidade de Latossolos realizadas

por CASSOL et alii (1981) e WUNSCHE & DENARDIN (1978). Evidentemente, a diversidade de valores da erosividade pode ter influenciado essas variações, porém no trabalho de CASSOL et alii (1978) onde foram fixos os valores de erosividade das chuvas simuladas verificaram-se, mesmo assim, variações de valores do fator K. Esses autores indicam prováveis diferenças da camada superficial do solo, entre as repetições, provocadas pelos trabalhos de preparo do solo durante períodos anteriores à aplicação das chuvas simuladas como uma possível razão para a ocorrência dessas variações. Outrossim, não deve ser desprezada a variabilidade espacial inerente as propriedades dos solos e já observada praticamente em todos os trabalhos pedológicos mesmo em parcelas contíguas em uma mesma unidade taxonômica.

A valor do fator K das Areias Quartzosas Distróficas é cerca de 10 vezes menor que o valor da erodibilidade do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Os principais fatores que contribuem para essa baixa erodibilidade do primeiro solo estão sem dúvida relacionados com as propriedades ligadas ao seu comportamento hidrológico ou seja aquelas propriedades que, segundo WISCHMEIER & MANNERING (1969), são responsáveis pela capacidade de infiltração da água no solo, ditando o volume a velocidade das enxurradas. A baixa relação textural desse solo e sua alta permeabilidade, evidenciada pelas pequenas percentagens de perdas de água, mesmo em intensidade de chuva de mais de 60mm/h, sustentada durante 1 hora, (FIGURA 1), atesta sua alta capacidade de infiltração diminuindo drasticamente a capacidade de transporte das enxurradas. Desta forma, não obstante a fácil desagregação das partículas, face a ausência de estrutura e pequeno teor de agentes cimentantes tais como argila e matéria orgânica, a predominância de areia grossa dificulta ainda mais o transporte desse solo pelo deflúvio, em relação ao que ocorreria se predominasse uma granulometria mais fina.

A grande variabilidade de valores de K nas quatro repetições, não obstante a persistência de baixas taxas de perdas de solo em todas elas, é indicador de que para melhor

consistência de um valor típico da erodibilidade desse solo, deverão ser realizadas mais repetições de testes com simulação de chuvas, seguindo-se sugestão já utilizada por CASSOL et alii (1981).

O baixo valor encontrado do fator K das Areias Quartzosas Distróficas está coerente com o que seria de esperar em função de suas propriedades físicas, porém difere totalmente de valores indicados pela escassa literatura disponível (BARNETT, 1977; COGO, 1978). Essa diferença poderia ser explicada por características e propriedades diferentes entre esse solo e aquele pesquisado pelo primeiro autor, influenciadas pela própria gênese dos dois solos. BARNETT (1977), estudou um solo situado nos Estados Unidos, em condições onde os fatores de formação diferem totalmente daqueles que agiram para a gênese do solo objeto do presente estudo. Por sua vez, os dados indicados por COGO (1978) referem-se ao cálculo da erodibilidade, indiretamente, com emprego do nomograma, método ainda em questionamento em nossas condições e diferente da metodologia direta aqui adotada com chuvas simuladas.

O Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, apresentou uma maior uniformidade do fator K médio em cada parcela e excetuando-se o valor extremo observado na quarta repetição, os valores das outras três estão muito próximos entre si. De acordo com CASSOL et alii (1981) essas diferenças muito pequenas entre as repetições garantem alta confiabilidade ao valor final obtido, porém sugerem um número mínimo de 4 a 5 repetições de testes de chuva simulada.

A maior declividade das parcelas influenciando maiores perdas de solo contribuiu em parte, para o aumento da erodibilidade do Latossolo em relação às Areias Quartzosas mesmo considerando o ajustamento realizado para o fator topográfico. A maior declividade influenciou uma maior velocidade e, portanto, maior energia cinética das enxurradas, energia necessária para completar a individualização das partículas primárias e transportar a maior carga sólida do material previamente desagregado no Latossolo. As elevadas ta

xas de perdas de solo, variando de 22,2 a 44,8 t/ha aliadas às grandes perdas d'água variando de 50 a 79% (FIGURA 1), são seguros indicadores de que o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico apresenta uma baixa resistência à desagregação e ao transporte provocados pela erosão hídrica, evidência claramente confirmada pela sua maior erodibilidade em relação as Areias Quartzosas Distróficas.

O valor médio do fator K igual a 0,28 para o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico está dentro dos limites de erodibilidade verificados por DANGLER & EL-SWAIFY (1976) e ROOSE (1981) em oxissolos de regiões tropicais. Está também muito próximo aos valores encontrados por WUNSCHE & DENARDIN (1978), ELTZ et alii (1980), CASSOL et alii (1981) e BISCAIA et alii (1981). Difere entretanto dos valores indicados para outros solos que se incluem no Grande Grupo dos Latossolos e determinados por BERTONI et alii (1975), FREIRE & PESSOTTI (1976), MONDARDO et alii (1978), BISCAIA (1978), SILVA et alii (1981), POMBO et alii (1981) e HENKLAIN & FREIRE (1982). A amplitude de variação das propriedades encontradas nos solos incluídos nesse grande grupo, inclusive a maior percentagem de sesquióxidos de ferro presentes em alguns dos solos estudados pelos citados pesquisadores são responsáveis pelas diferenças encontradas, principalmente porque os sesquióxidos são poderosos agentes cimentantes o que lhes confere menor erodibilidade do que aquela aqui determinada.

Os valores da erodibilidade no Sistema Métrico Internacional foram de 0,003 para as Areias Quartzosas Distróficas e de 0,028 para o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Esses valores segundo a classificação de FOSTER et alii (1981), são considerados baixo e moderado respectivamente. As significativas taxas de perdas de solo verificadas nos testes com chuvas simuladas, particularmente no Latossolo, em relação a sua moderada erodibilidade, estão coe

rentes também com resultados obtidos por ROOSE (1981). Esse autor verificou que fenômenos espetaculares de erosão observados na África Ocidental eram devidos mais à erosividade muito elevada das chuvas que a uma fragilidade particular dos solos tropicais, conforme também se vem observando na Ibiapaba.

4.4 - Perdas de matéria orgânica e nutrientes

4.4.1 - Perdas de matéria orgânica

A erosão ocasiona graves perdas de fertilidade na camada arável pois é nessa que está presente a maior parte dos elementos nutritivos e facilmente assimiláveis pelas plantas. A matéria orgânica tem grande importância, devido à sua maior concentração na superfície do solo e considerando sua baixa densidade é um dos primeiros constituintes a ser removido através da erosão.

Relacionando as análises das unidades de solo de origem, QUADRO 4, e do solo erodido, QUADRO 5, verificamos que as concentrações de matéria orgânica no solo erodido foram mais elevadas correspondendo em média, a acréscimos de 37% no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e de 326% em Areias Quartzosas Distróficas. Esta maior riqueza do solo arrastado pela erosão, deve-se a ação selecionadora da enxurrada, que transporta primeiramente e em maior proporção, as partículas mais finas, mais ativas do solo, e, portanto, as mais ricas em elementos minerais, confirmados também por GROHMANN et alii (1956). O QUADRO 5, mostra as concentrações de perdas de matéria orgânica no sedimento em Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, verificando-se que a máxima concentração de matéria orgânica no solo erodido ocorreu onde foi menor a perda de solo, ou seja, nas Areias Quartzosas Distróficas, coincidindo

QUADRO 4 - Características químicas e físicas das parcelas experimentais de Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico à profundidade de 0 - 20 cm.

Parcela	Areias Quartzosas Distróficas										Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico									
	N	P	K	Ca	Mg	M.O. ⁽¹⁾	A.G. ⁽²⁾	A.F. ⁽³⁾	Silte ⁽⁴⁾	Argila ⁽⁵⁾	N	P	K	Ca	Mg	M.O. ⁽¹⁾	A.G.	A.F.	Silte	Argila
	ppm					%					ppm					%				
I	737	37	59	500	120	1,46	37,45	40,60	12,15	9,80	504	38	43	160	24	1,13	36,60	35,00	13,50	13,90
II	619	38	54	140	132	1,18	42,15	36,70	13,75	7,40	840	67	31	180	48	1,33	38,65	37,85	14,40	9,10
III	428	40	45	100	48	0,94	28,85	58,15	7,20	5,80	560	41	27	140	60	1,21	39,35	39,15	13,60	7,90
IV	524	41	42	60	48	0,72	29,90	55,95	9,50	4,65	840	45	43	160	96	1,30	43,35	35,75	12,50	8,40
Média	577	39	50	185	87	1,08	34,59	47,85	10,65	6,91	686	48	36	160	57	1,24	39,64	36,94	13,50	9,83

(1) Matéria orgânica.

(2) Diâmetro de 2 - 0,2 mm.

(3) Diâmetro de 0,2 - 0,05 mm.

(4) Diâmetro de 0,05 - 0,002 mm.

(5) Diâmetro < 0,002 mm.

QUADRO 5 - Concentrações médias de nutrientes na enxurrada e no solo transportado, em Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico nas diferentes intensidades médias de chuvas simuladas

Intensidades das chuvas	Areias Quartzosas Distróficas						Intensidades das chuvas	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico							
	M.O. (1)	N	P	K	Ca	Mg		M.O. (1)	N	P	K	Ca	Mg		
mm/hora	%	ppm				mm/hora	%	ppm							
66,49 E ⁽²⁾	7,90	...	4	2	4	6	6	56,15	1.107,36	...	20	3	8	1	3
S ⁽³⁾	0,72	...	...	...	...	...	...	40,36	2,20	415	38	20	145	75	
68,34 E	209,97	...	8	2	4	3	6	64,55	980,17	...	27	5	8	2	3
S	0,29	4,60	1529	10	76	390	162	35,02	1,70	440	43	15	145	57	
106,12 E	640,71	...	13	2	4	3	5	119,33	1.127,49	...	27	5	10	1	4
S	1,78	4,90	2046	34	114	425	198	51,68	1,20	530	46	15	115	63	

(1) Matéria orgânica; (2) Enxurrada na parcela em litros; (3) Sedimento arrastado na parcela em kg; (...) dado não determinado.

do com observações de Massey citado por BARROWS & KILMER (1963).

No Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, conforme mostram os QUADROS 5, 6 e 7 as concentrações e taxas de enriquecimento de matéria orgânica diminuíram da primeira chuva para a segunda e desta para a terceira não obstante as perdas de solo terem aumentado na última chuva em relação à primeira. Idêntica ocorrência também foi verificada por RESCK et alii (1980) que referiu-se ao caráter seletivo da erosão fazendo com que as partículas menores e mais leves (argila e matéria orgânica) sejam transportadas em primeiro lugar mesmo com baixas vazões e intensidades das chuvas. Já a vazão mais alta da última chuva, implica em forte erosão carreando também as partículas grosseiras e diminuindo consequentemente as concentrações dos elementos por unidade de volume da enxurrada.

Nas Areias Quartzosas Distróficas a alta permeabilidade diminuiu muito as perdas na primeira chuva com baixíssimas concentrações de matéria orgânica mas com a saturação do solo e aumento das vazões nas duas últimas chuvas as concentrações e razões de enriquecimento cresceram proporcionalmente embora não apresentassem diferenças nítidas entre as duas últimas chuvas, podendo considerar-se semelhantes esses dois parâmetros nessas citadas chuvas.

As razões de enriquecimento de 4,26 a 4,54 detectadas para as Areias Quartzosas e de 0,97 a 1,78 observadas no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico estão coerentes com resultados observados por BARROWS & KILMER (1963), GROHMANN et alii (1956) e RESCK et alii (1980), o mesmo ocorrendo com as perdas dessa matéria orgânica nos dois solos.

É oportuno, ressaltar, ainda, o aumento dos riscos de diminuição gradativa da produtividade desses solos, por si, já de baixa fertilidade, com depleção de seus conteúdos também já baixos de matéria orgânica, particularmente nas Areias Quartzosas Distróficas. Face às suas propriedades de alta capacidade de troca de cátions, retenção de água, ação

QUADRO 6 - Perdas médias de nutrientes na enxurrada e no solo transportado em Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico em condições de chuvas simuladas.

Areias Quartzosas Distróficas									Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico							
Intensidade das chuvas	Perdas por erosão								Intensidade das chuvas	Perdas por erosão						
	Água e solo	M.O. ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	Água e solo		M.O. ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	
mm/hora		kg/ha							mm/hora	kg/ha						
66,49	E ⁽²⁾	2.051,95	...	0,008	0,004	0,008	0,012	0,012	56,15	287.625,97	...	5,752	0,863	2,301	0,288	0,863
	S ⁽³⁾	189,61	...	...	...	...	...	...		10.483,12	2306	4351	0,398	0,209	1,520	0,786
Total		-	...	0,008	0,004	0,008	0,012	0,012		2306	10,103	1,261	2,510	1,880	1,649	
68,34	E	54.537,66	...	0,436	0,109	0,218	0,164	0,377	64,55	254.589,61	...	6,874	1,273	2,073	2,037	0,764
	S	75,23	35	0,115	0,001	0,006	0,029	0,012		9.096,10	1546	4019	0,393	0,137	1,325	0,521
Total		-	35	0,551	0,219	0,224	0,193	0,339		1546	10,893	1,666	2,174	1,834	1,285	
106,12	E	116.415,58	...	2,163	0,333	0,666	0,499	0,832	119,33	292.854,54	...	7,907	1,464	2,929	0,293	1,171
	S	463,34	227	0,946	0,016	0,053	0,197	0,092		13.423,38	1611	7,114	0,618	0,201	1,544	0,846
Total		-	227	3,109	0,349	0,719	0,696	0,924		1611	15,021	2,082	3,130	1,837	2,017	
Total Geral		-	262	3,668	0,463	0,951	0,901	1,275		5463	36,017	5,009	7,814	5,479	4,951	

(1) Materia orgânica; (2) Enxurrada, em l/ha; (3) Sedimentos em kg/ha; ...: Dado não determinado.

QUADRO 7 - Razão de enriquecimento dos elementos perdidos em relação à composição química original do solo.

Intensidade das chuvas	Areias Quartzosas Distróficas						Intensidade das chuvas	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico					
	M.O. (1)	N	P	K	Ca	Mg		M.O. (1)	N	P	K	Ca	Mg
mm/hora							mm/hora						
66,49	...	...	...	...	...	...	56,15	1,78	0,6	0,8	0,5	0,9	1,3
68,34	4,26	2,6	2,6	0,2	1,5	1,9	64,55	1,37	0,6	0,9	0,4	0,9	1,0
106,12	4,54	3,5	3,5	0,9	2,3	2,3	119,33	0,97	0,7	1,0	0,4	0,7	1,1
Média	4,4	3,0	3,0	0,5	1,2	2,1	Média	1,4	0,6	0,9	0,4	0,8	1,1

(1) Matéria orgânica.

... Dado não determinado.

cimentante e substrato energético dos microorganismos, a matéria orgânica é, nesses solos, o constituinte mais importante no que concerne à suas resistências à erosão e degradação de sua produtividade, pois são baixos seus teores de argila. Medidas, portanto, no sentido de aumentar e manter os teores de humus, evitando seu carreamento nas enxurradas, são fundamentais no manejo de ambos os solos em estudo.

4.4.2 - Perdas de nutrientes no material erodido

O estudo permitiu avaliar as perdas dos nutrientes para os solos em questão, e as relações entre as concentrações destas e o volume de enxurrada e material arrastado.

No QUADRO 5 estão expressas as concentrações médias de nutrientes perdidos na enxurrada e no solo erodido após aplicação das três séries de chuvas simuladas com intensidades diferentes. Observa-se que estas concentrações no material erodido são geralmente incrementadas com o aumento das intensidades de chuvas nas duas unidades em estudo.

Os nutrientes encontram-se com maiores teores no material sólido apresentando-se em maiores concentrações, à exceção do fósforo, nos sedimentos das Areias Quartzosas Distróficas. Essa diferença verificada nas concentrações dos nutrientes nos sedimentos, certamente provém do fato de que as Areias Quartzosas Distróficas apresentam cerca de 3 vezes maior concentração de matéria orgânica no material erodido e portanto maior superfície específica e maior poder de adsorção dos nutrientes do que o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico cujos teores de argila são apenas ligeiramente superiores aos do primeiro solo, conforme mostrado no QUADRO 4. Nesse quadro observa-se maiores teores médios de matéria orgânica no Latossolo que nas Areias Quartzosas, porém sua menor concentração nos sedimentos do primeiro solo, provavelmente deve-se à sua maior agregação em solos mais ricos em cátions, hidrogênio e complexos húmus-sesquióxidos, (BAVER, 1972). Esses elementos, sempre em maiores teores

nos Latossolos, fixaram mais a matéria orgânica nos agregados mais estáveis desse solo, diminuindo portanto sua concentração nos sedimentos.

O QUADRO 5 mostra também ausência de determinações para a primeira chuva em sedimentos de Areias Quartzosas Distróficas, motivada por perda das amostras para as análises. Observa-se também um aumento das concentrações de nutrientes da primeira para a terceira chuva não obstante um decréscimo desses teores da primeira para a segunda chuva, mas esta teve menor duração e proporcionalmente menores perdas de solo. Isso reflete o fato de que as maiores perdas de solo influenciadas pela maior duração da precipitação (1.^a chuva), ou maior intensidade (3.^a chuva), implicam também em maiores perdas de nutrientes em decorrência de maior desagregação e transporte do solo, aumentando sua concentração nos sedimentos.

No QUADRO 6 evidencia-se maiores perdas de nutrientes nas enxurradas que nos sedimentos, o que está de acordo com VIEIRA (1977) e SILVA *et alii* (1981) não obstante essas perdas em valores relativos sejam maiores nos sedimentos conforme também constatado por esses autores. YOUNG & HOLT (1977), GROHMANN *et alii* (1956), VERDADE *et alii* (1956) e MORALES *et alii* (1978), constataram maiores perdas de nutrientes nos sedimentos porém em solos de maior fertilidade do que os solos do presente estudo.

Considerando-se os elevados teores de areia nos dois solos (APÊNDICE 1) explica-se os baixos teores de nutrientes nos sedimentos, pelo fato da fração areia apresentar baixa capacidade de troca de íons, baixa adsorção desses elementos, os quais não somente concentram-se nas enxurradas, mas também são lixiviados, diminuindo ainda mais suas concentrações no material sólido erodido. Além disso a massa das enxurradas são cerca de 25 vezes maiores do que a massa de sedimentos no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e cerca de 237 vezes maiores nas enxurradas das Areias Quartzosas Distróficas do que em seus sedimentos.

As perdas de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio são respectivamente, 20, 10,

11, 8, 6 e 4 vezes maiores no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico do que nas Areias Quartzosas Distróficas e estão coerentes com as maiores perdas de água e solo ocorridas no primeiro solo. Essas perdas são cerca de 5 vezes maiores nas enxurradas do Latossolo do que nas Areias Quartzosas. Com relação aos sedimentos estes tem uma massa 45 vezes maior no Latossolo do que nas Areias Quartzosas.

As perdas de 36,0 kg de nitrogênio total no Latossolo estão dentro dos padrões de perda identificadas por outros autores (VERDADE, 1956; MOE et alii, 1967; BARISAS, 1978; MORALES, 1978; ALBERTS et alii, 1978). As perdas de nitrogênio nas Areias Quartzosas Distróficas foram cerca de 10 vezes menores porém deve considerar-se a menor declividade desse solo aliada a sua textura arenosa o que está de acordo com trabalho de GOEL et alii (1968). Não obstante essas menores perdas nas Areias Quartzosas Distróficas, em termos relativos, elas podem ser consideradas tão graves quanto aquelas ocorridas no Latossolo, posto que a maior parte do nitrogênio perdido está combinada com a matéria orgânica a qual já é bastante baixa nesse solo (BARROWS & KILMER, 1963). Além disso, as perdas de nitrogênio analisadas, incluem tanto a forma inorgânica quanto orgânica sendo essa última forma uma fonte potencial de nutrientes por causa de sua posterior mineralização através das atividades biológicas do solo as quais o transformam em formas disponíveis de amônia e nitrato (ALBERTS et alii, 1978).

Com relação ao fósforo e demais nutrientes analisados e, particularmente com relação ao primeiro, é importante frisar, que estes são muito suscetíveis a perdas por erosão adsorvidos a matéria orgânica o que explica suas maiores perdas no Latossolo do que nas Areias Quartzosas (BARROWS & KILMER, 1963). As perdas desses elementos estão coerentes também com as perdas de solo em relação ainda com sua composição original e diferença de declividade.

Conforme observa-se no QUADRO 7 as razões de enriquecimento das Areias Quartzosas Distróficas são superiores às do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico o que está de

acordo com GOEL et alii (1968) ao verificarem que embora ocorram maiores perdas de nutrientes em solos de textura fina, os menores teores de nutrientes presentes em solos de textura mais grossa estão mais fracamente retidos e vulneráveis à erosão, aumentando sua razão de enriquecimento o que torna mais grave o esgotamento de nutrientes cujos teores já são baixos nesses solos.

Verificou-se que as razões de enriquecimento diminuem com o aumento das perdas de solo apenas no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (ELTZ, 1977; RESCK et alii, 1980) mas mesmo assim nesse solo a razão de enriquecimento para o fósforo aumenta com suas perdas enquanto que a razão de enriquecimento para o nitrogênio permanece praticamente a mesma.

Considerando que durante a fase de preparo do solo, e que corresponde aos tratamentos do presente estudo, é onde ocorrem as maiores perdas de nutrientes (BURWELL et alii, 1975) e que estes solos já apresentam disponibilidade limitada desses elementos, reforça-se a necessidade de aplicação criteriosa de práticas conservacionistas para que os fertilizantes e corretivos aplicados e o próprio solo não sejam carregados pela erosão acelerada (GROHMANN et alii, 1956; VERDADE et alii, 1956; TAYLOR, 1967; SCHUMAN et alii, 1973; ELTZ, 1977; VIEIRA, 1977; YOUNG & HOLT, 1977; ALBERTS et alii, 1978; MORALES et alii, 1978; SILVA et alii, 1981). Somente com o planejamento e aplicação de práticas de conservação do solo e água será possível evitar a degradação dos solos em estudo evitando outrossim a poluição química, e por sedimentos, das águas da Zona Fisiográfica da Ibiapaba, região que apresenta dos mais elevados potenciais agrícolas do Estado, face às suas privilegiadas condições de mais altas normais pluviométricas.

5 - CONCLUSÕES

- (a) A erodibilidade das Areias Quartzosas Distróficas e do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico estudadas são 0,003 e 0,028 classificando-se no Sistema Internacional de Unidades como baixa e moderada respectivamente;
- (b) Em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, as perdas de solo foram 97% superiores às das Areias Quartzosas Distróficas;
- (c) As perdas de matéria orgânica, 26,2 kg/ha e 546,3 kg/ha respectivamente para Areias Quartzosas Distróficas e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico pela erosão constituem um grave perigo à degradação dos solos, os quais já apresentam-se originalmente com baixos teores desse constituinte, responsável pela manutenção de boas características físicas, químicas e biológicas;
- (d) As perdas de nutrientes são diretamente proporcionais às perdas de solo verificando-se maiores taxas de enriquecimento nas Areias Quartzosas Distróficas o que agrava o problema da produtividade nesse solo de fertilidade já muito baixa;
- (e) O nitrogênio foi o nutriente que sofreu maiores perdas, totalizando 3,7 kg/ha para Areias Quartzosas Distróficas e 36 kg/ha para Latossolo Vermelho Amarelo, agravando não só a depleção de fertilidade em ambos os solos, mas

também aumentando os riscos de poluição da água por nitratos.

- (f) As elevadas perdas por erosão verificadas no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico refletem sua fragilidade às chuvas de altas intensidades, e que verificam-se comumente na sua área de ocorrência, reforçando a necessidade de adoção do controle de erosão que impeçam sua acelerada degradação, principalmente na fase crítica de preparo do solo.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERTS, E.E., SCHUMAN, G.E. & BURWELL, R.E. Seasonal runoff losses of nitrogen and phosphorus from Missouri Valley Loess watersheds. J. Environ. Qual. 7:203-12, 1978.
2. BARISAS, S.G., BAKER, J.L., JOHNSON, H.P. & LAFLEN, J.M. Effect of tillage systems on runoff losses of nutrients: a rainfall simulation study. Trans. ASAE. 21: 893-897, 1978.
3. BARNETT, A.P. A decade of K-factor evaluation in the Southeast. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Soil Erosion: prediction and Control. Ankeny. p. 97-104. 1977.
4. BAVER, L.D., GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil physics. 4th. ed. John Wiley & Sons Inc. New York. 1972. 498p.
5. BARROWS, H.L. & KILMER, V.J. Plant nutrient losses from soils by erosion. Adv. Agron. 15:303-317. 1963.
6. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JR, R. Equação de perdas de solo. Campinas, Instituto Agronômico, 1975. 24p. (Boletim Técnico, 21).
7. BISCAIA, R.C.M. Influência da intensidade de movimentação do solo no processo erosivo, com uso de simulador de chuva, em Latossolo Vermelho Escuro dos Campos Gerais, no Paraná. Porto Alegre (Tese de Mestrado em Hidrologia). 57p. 1977.
8. BISCAIA, R.C.M., RUFINO, R.L., HENKLAIN, J.C. Cálculo de erodibilidade (Fator K) de solos do Estado do Paraná. R. Bras. Ci. Solo, 5:183-186, 1981.
9. ————. Cálculo da erodibilidade (Fator K) de dois solos do Estado do Paraná. R. Bras. Ci. Solo, 5:183-186, 1981.

10. BURWELL, R.E., TIMMONS, D.R. & HOLT, R.F. Nutrient transport in surface runoff as influenced by soil cover and seasonal periods. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:523-528, 1975.
11. CASSOL, E.A., ELTZ, F.L.F. & GUERRA, M. Erodibilidade do solo "São Jerônimo" (Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico) determinada com simulador de chuva. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 2., Passo Fundo. Anais, EMBRAPA/CNPT, 1978, p. 29-35.
12. ————. Erodibilidade do solo "São Jerônimo" (Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico) determinada com simulador de chuva. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 3., Recife. 1981. Anais, Recife, SBCS/UFRPE/SUDENE/EPPA. :203-218, 1981.
13. CEARÁ, UNIVERSIDADE FEDERAL. Centro de Ciências Agrárias/Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura. Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado da Ibiapaba. Subprojeto - Pesquisa de Conservação de Solos em Áreas Prioritárias do Estado do Ceará. Relatório anual. 1979. Fortaleza, 1980. 56p.
14. COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I - Sugestões gerais, medição de volume amostragem e quantificação de solo da enxurrada (1.^a Aproximação). In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT. :75-98. 1978a.
15. ————. 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, 1978. Anais. Passo Fundo. EMBRAPA/CNPT. :215-217. 1978b.
16. DANGLER, E.W. & EL-SWAIFY, S.A. Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:769-773. 1976.

17. DEDECEK, R.A. Características físicas e fator de erodibilidade de Oxisols do Rio Grande do Sul. I: Unidade de Erexim, Passo Fundo e Santo Angelo. Porto Alegre, 132p. (Tese de Mestrado). 1974.
18. ————. Perdas de solo e nutrientes sob chuva natural num Latossolo Vermelho Escuro de Brasília. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT. :297-303. 1978.
19. ELTZ, F.L.F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da Unidade de Mapeamento São Jerônimo-Primeira etapa experimental. Porto Alegre. FAUFRGS, 1977. 97p. (Tese de Mestrado).
20. ELTZ, F.L.F., SCOPEL, I., CASSOL, E.A. & GUERRA, M. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em Solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico São Jerônimo sob chuva natural. I. Resultados dos primeiros cinco anos. Trabalho apresentado no 3º Encontro de Pesquisa sobre Conservação do Solo, Recife, 1980.
21. EMBRAPA/IAPAR. Encontro Nacional sobre Pesquisa de Erosão com Simuladores de Chuva 1, Londrina, Anais. Londrina. 1975. 125p.
22. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro. 1979.
23. F.A.O. La erosion del suelos por el água: algunas medidas para combartirla em las tierras de cultivo. Roma. (Cuadernos de Fomento Agropecuário, 81): 207p. 1967.
24. FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K., RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J. Soil Water Conserv. 36:355-359. 1981.

25. FREIRE, O. & PESSOTTI, J.E.S. Erodibilidade dos Solos de Piracicaba-SP. *Revista de Agricultura*, 51:195-202. 1976.
26. FREITAS, P.L. de & CASTRO, A.F. de. Estimativa das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do Paraná. III Congresso Brasileiro de Conservação do Solo. Brasília, DF. 1980.
27. GOEL, K.N., KHANNA, M.L. & GRUPTA, R.N. Effect of degree and length of slope and soil type on plant nutrient losses by water erosion in the Alluvial Tracts of Uttat Pradesh. *J. Soil Water Conserv. India*. 182: 1-6, 1968.
28. GROHMANN, F. & CATANI, R.A. O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do arenito Bauru. *Bragantia*. 9:125-132, 1949.
29. GROHMANN, F.; VERDADE, F.C. & MARQUES, J.Q.A. Perdas de elementos nutritivos pela erosão. II - Elementos minerais e carbono. *Bragantia*. Campinas, 15:361 - 71. 1956.
30. HENKLAIN, J.C. & FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação de erodibilidade de Latos solos do Estado do Paraná. *R. Bras. Ci. Solo*. 7:191-5, 1983.
31. JACKSON, M.L. Análises de suelos. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 1964. 895p.
32. LOMBARDI NETO, F. Rainfall simulators. West Lafayette, Purdue University. :15. 1978 (Não publicado).
33. MOE, P.G., MANNERING, J.V. & JOHNSON, C.B. Loss of fertilizer nitrogen in surface runoff water. *Soil Sci*. 6:389-94. 1967.
34. MONDARDO, A., FARIAS, G.S. de; HENKLAIN, J.C.; VIEIRA CASTRO FILHO, C. de C.; RUFINO, R.L.; KEMPER, B. & DERPSCH, R. Índices de erodibilidade de alguns solos do Estado do Paraná. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. 2., Passo Fundo,

1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, :199-201.
1978.
35. MORALES, F.C.; ALEGRE, C.; MEYER, R. & BERRIOS, D. Per_u didas de água suelo y nutrientes bajo diversos siste_u mas de cultivo en la localidades San Ramon - Chancha_u mayo (Selva Alta Central del Peru), durante la cam_u paña agrícola 1976/1977. In: Encontro Nacional de Pes_u suisa sobre Conservação do Solo, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, :311-17.
1978.
36. 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, UFC, :96p. 1981. (Tese de Mes_u trado).
37. POMBO, L.C.A.; D. GIANLUPPI & KLANT, E. Determinação do fator K de solos do Rio Grande do Sul através de característica físicas, químicas e mineralógicas. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 3., Recife, 1981. Anais. Recife, SBCS/UFRPE/SUDENE/IPA. :220-235. 1981.
38. RESCK, D.V.S.; FIGUEIREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M. & SILVA, T.C.A. da. Intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho Amarelo utilizando-se simulador de chuva. R. Bras. Ci. Solo. 4 : 188-92. 1980.
39. ————. Determinação da erodibilidade de um Podzólico Vermelho Amarelo Cambico Distrófico fase terraço localizado na zona da mata (MG), utilizando o simulador de chuva. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 2., Passo Fundo. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT. :193-7, 1978.
40. ROOSE, E. Dynamique actuelle de sols ferralitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Travaux et documents de l' O.R.S.T.O.M. n° 130. Paris, 1981. 569p.

41. RÖMKENS, M.J.M.; ROTH, C.B. & NELSON, D.W. Erodibility of select day subsoils in relation to physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 4:954-9, 1977.
42. SAUNDERS, L.C.U.; SILVA, J.R.C.; MOREIRA, E.G.S.; RODRIGUES, A.L.; MOTA, F.O.B.; FIGUEREDO, 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. Recife, 1981. Anais. Recife, SBCS/UFRPE/SUDENE/EPPA. :75-86. 1981a.
43. ————. Coeficiente de descarga dos aspersores "VEEJET 80.100" de simuladores de braços rotativos. Recife, 1981, Anais. Recife, SBCS/UFRPE/SUDENE/EPPA. :1981b.
44. SCHUMAN, G.E.; BURWELL, R.E.; PIEST, R.F. & SPOMER, R.G. Nitrogen losses in surface runoff from agricultural Watersheds on Missouri Valley loess. J. Environ Qual. 2:299-302. 1973.
45. SILVA, I.R. da; LOMBARDI NETO, F. & QUAGGIO, J.A. Manejo dos restos culturais do milho e as perdas de elementos nutritivos pela erosão em Latossolo Roxo. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 3., Recife, 1980. Anais. Recife, SBCS/UFRPE/SUDENE/EPPA. ;368-374. 1981.
46. SILVA, J.R.C. Perdas de solo e produção de sedimentos: Estimativas em uma pequena bacia hidrográfica localizada em Piracicaba-SP. Piracicaba, ESALQ. 62p. 1978. (Tese de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
47. ————. Metodologia para determinação das perdas de solo e água por erosão hídrica. Fortaleza, Convênio POLONORDESTE/FCPC/CCA-UFC/SUDEDEC, 1982. 28p. (Mimeografado).
48. SILVA, J.R.C. & MOREIRA, E.G.S. Resultados preliminares das pesquisas de conservação de solo em áreas prioritárias do Estado do Ceará. In: I Seminário de Conser

- vação do Solo e Água na Ibiapaba. Tianguã. 18p. 1983
49. SILVA, J.R.C. Fatores da equação universal de perdas de solo e sua conversão para o Sistema Métrico Internacional. 11p. 1983. (No prelo da Revista Ciên. Agron.).
 50. SILVA, F.A.; CHAVES, I. de B. & MONTTENEGRO, J.O. Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 3. Recife, 1980. Anais. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. :192-3. 1981.
 51. SOIL SURVEY STAFF. Soil Taxonomy. Agric. Handbook No. 436 U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. 1975. 754p.
 52. TAYLOR, A.W. Phosphorus and water pollution. J. Soil Wat. Cons. 22:228-231. 1967.
 53. VERDADE, F.C.; GROHMANN, F. & MARQUES, J.Q.A. Perdas de elementos nutritivos por erosão. I - Nitrogênio e suas relações com as quantidades existentes no solo e na água da chuva. Bragantia. 15:99-106. 1956.
 54. VETTORI, L. Métodos de análises do solos. Rio de Janeiro. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Bol. Téc. 7).
 55. VIEIRA, M.J. Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja (Glycine max L. Men.), em condições de chuva simulada. Porto Alegre. Dezembro, 1977. 108p. (Tese de Mestrado).
 56. WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.Y. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil and Water Conserv. 26:189-193, 1971.
 57. WISCHMEIER, W.H. & MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Sc. Soc. Am. Proc. 33:131-7. 1969.
 58. WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Moun

- tains, 47p. 1965. Washington, USDA (Agricultural Handbook, 282).
59. ————. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. USDA. Washington, 58p. 1978. (Agricultural Handbook, 537).
60. WUNSCHÉ, W.A. & DENARDIN, J.E. Erodibilidade de Latos solo Vermelho Escuro Álico (Unidade de Mapeamento Passo Fundo) la. Aproximação. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 2., Passo Fundo, 1978, Anais. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT. :209-14. 1978.
61. YOUNG, R.A. & HOLT, R.F. Winter - applied manure: Effects on annual runoff erosion and nutrient movement. J. Soil Wat. Conserv. 32:219-22. 1977.

A P Ê N D I C E 1

- Caracterização Morfológica e Resultados das Análises Químicas e Físicas dos Perfís.

Perfil nº 01

Localização: Estado do Ceará, Município de Tianguã, na Unidade de Pesquisa da Ibiapaba-EPACE, próximo ao experimento de Urucu.

Classificação

do solo: Areias Quartzosas Distróficas A moderada fase floresta/caatinga relevo plano e suave ondulado.

Situação e

Declive: Trincheira aberta em pastagem natural, com declive praticamente plano (classe A).

Altitude: 790m aproximadamente.

Relevo: Local-Plano.

Erosão: Sem erosão aparente.

Drenagem: Excessivamente drenado.

Vegetação: Local - Gramíneas (gengibre) marcel bravo, cabeça branca e jurema preta.

Regional - transição/floresta/caatinga.

Uso Atual: Campo experimental (Urucu).

Descrição do Perfil

- Ap - 0-8cm bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), bruno escuro (10YR 3/3, seco); areia; grão individuais com tendência A fraca pequena granular, solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.
- C₁ - 8-38cm, bruno escuro (10YR 4/3 úmido), bruno (10YR 5/3 seco); grãos individuais; areia; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.
- C₂ - 38-76cm, bruno escuro (10YR 4/3, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4, seco); mosqueado pouco pequeno e distinto amarelo brunado (10YR 6/8, seco), franco arenoso, grãos individuais; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.
- C₃ - 76-133cm, cinzento brunado claro (10YR 6/2, úmido) bruno claro acinzentado (10YR 6/8, seco); mosqueado comum médio e distinto amarelo brunado (10YR 6/8, seco); areia franca; grãos individuais; solto, solto, não plástico e ligeiramente pegajoso.
- Raízes - Abundantes em Ap e C₁, comuns em C₂ e C₃ e poucas em C₄.

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

- Características Físicas e Químicas das Areias Quartzosas
Distróficas - Tianguã-CE.

HORIZONTE OU CAMADA		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA				Argila Natural %	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia Grossa 2 - 0,2 mm	Areia Fina 0,2 - 0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila 0,002mm		
A _p	0- 8	43,7	41,3	7,5	7,5	7,7	Areia Franca
C ₁	8- 38	40,9	47,8	5,4	5,9	1,2	Areia
C ₂	38- 76	40,6	22,1	30,5	6,8	2,5	Franco Arenoso
C ₃	76-133	40,5	43,6	8,9	7,0	3,5	Areia Franca
C ₄	133-187	28,2	47,1	15,9	8,0	5,7	Franco Arenoso

DENSIDADE REAL	UNIDADE %		ÁGUA ÚTIL %	pH EM ÁGUA	CE a 25° C EXT. SATUR. mmhos/cm	CARBONO %	NITROGÊNIO %	C/N	MATÉRIA ORGÂNICA
	1/3 atm	15 atm							
2,51	6,8	3,2	3,6	6,30	0,42	1,656	0,109	15	2,84
2,52	2,5	1,9	0,6	5,20	0,15	0,438	0,028	15	0,75
2,54	2,6	2,0	0,6	5,00	0,09	0,222	0,014	15	0,38
2,65	2,4	2,0	0,4	4,80	0,18	0,132	0,008	16	0,22
2,55	2,5	2,1	0,4	4,90	0,14	0,084	0,05	16	0,14

P ASSIMILÁVEL mg/100g	% Na	COMPLEXO SORTIVO ME/100g DE SOLO								100 S/T - V %
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	T	
0,54	1,14	0,80	4,60	0,82	0,12	7,34	3,13	0,06	10,79	70
0,04	1,29	0,20	3,20	0,08	0,08	3,56	2,64	0,50	6,20	57
0,04	0,88	0,10	2,20	0,05	0,04	2,39	2,14	0,60	4,53	52
0,03	2,20	0,10	1,30	0,05	0,07	1,52	1,65	0,49	3,17	47
0,03	2,91	0,10	1,20	0,04	0,08	1,42	1,32	0,44	2,74	51

Análises realizadas pelo Laboratório de Solos do Departamento de
Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias - UFC.

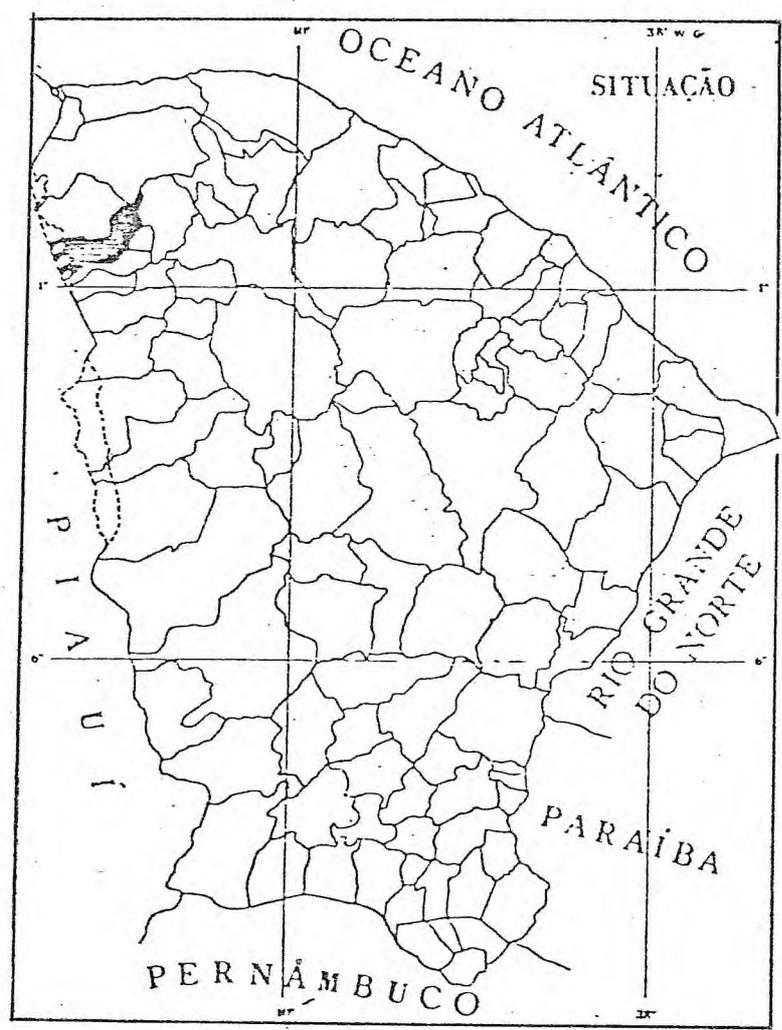


FIGURA 2 - Área de localização do Projeto de Pesquisa em Tianguá-CE.

Perfil nº 02

Localização: Estado do Ceará, Município de Ubajara na Unidade de Pesquisa da Ibiapaba-EPACE, estrada Ubajara-Ibiapina, próximo à casa sede.

Classificação

do solo: Latossol Vermelho Amarelo Distrófico A proeminente textura média fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado.

Situação e

Declive: Trincheira aberta em pastagem natural com declive de 3 a 6%.

Altitude: 820m 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).

Descrição do Perfil

A₁_p - 0-8cm, bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), bruno escuro (10YR

- 3/3, seco); franco arenoso; composta de grãos individuais e fraca pequena granulada; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- A_p² - 8-24cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido); bruno escuro (10YR 3/3, seco); franco arenoso; composta de grãos individuais e fraca pequena granulada; macio, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- A₃ - 24-44cm, bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido), bruno amarelado escuro (10YR 3/4, seco), franco arenoso; maciça porosa; macio friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- B₁ - 44-61cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), bruno amarelado escuro (10YR 4/4, seco), franco arenoso, maciça porosa; friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.
- B₂₁ - 61-104cm, bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), bruno amarelado (10YR 5/8 seco); franco argilo arenoso maciça porosa; friável, ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- B₂₂ - 104-200cm⁺, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno amarelado (10YR 5/8, seco); franco argilo arenoso, maciça porosa; friável ligeiramente plástico e

ligeiramente pegajoso.

Raízes - Abundantes em $A_p 1$ e $A_p 2$ comuns, em A_3
e B_1 e raras em B_{21} e B_{22} .

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

- Características Físicas e Químicas do Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico - Ubajara-CE.

HORIZONTE OU CAMADA	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA					Argila Natural %	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL
	Símbolo	Profundidade (cm)	Areia Grossa 2 - 0,2 mm	Areia Fina 0,2 - 0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm		
A _{p1}	0- 8	43,3	35,3	6,1	15,3	2,2	Franco Arenoso
A _{p2}	8- 24	40,7	40,0	2,0	17,3	6,1	Franco Arenoso
A ₃	24- 44	38,9	35,3	7,8	18,0	5,7	Franco Arenoso
B ₁	44- 61	36,1	36,4	8,6	18,9	6,1	Franco Arenoso
B ₂₁	61-104	40,6	32,9	6,4	20,1	8,7	Fran.Arg.Arenoso
B ₂₂	104-200	33,3	35,5	9,7	21,5	7,1	Fran.Arg.Arenoso

DENSIDADE REAL	UNIDADE %		ÁGUA ÚTIL %	p ^H EM ÁGUA	CE a 25° C EXT. SATUR. mmhos/cm	CARBONO %	NITROGÊNIO %	C/N	MATÉRIA ORGÂNICA
	1/3 atm	15 atm							
2,57	8,4	4,8	3,6	5,00	0,28	1,500	0,114	13	2,58
2,53	9,0	5,8	3,2	4,80	0,17	1,248	0,100	12	2,14
2,59	10,6	5,9	4,7	4,80	0,11	1,008	0,078	12	1,73
2,70	10,3	5,8	4,5	5,00	0,09	0,696	0,050	13	1,19
2,72	10,7	6,0	4,7	4,90	0,10	0,570	0,036	15	0,98
2,63	10,6	6,6	4,0	4,70	0,16	0,378	0,028	13	0,65

P ASSIMILÁVEL mg/100g	% Na	COMPLEXO SORTIVO ME/100g DE SOLO								100 S/T - V %
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	T	
0,23	0,8	1,40	1,50	0,08	0,09	3,07	7,75	1,02	10,82	28
0,11	0,4	1,10	2,70	0,07	0,06	3,93	8,41	1,40	12,34	31
0,04	0,5	0,10	3,10	0,05	0,06	3,31	8,25	1,54	11,56	28
0,04	0,85	0,10	1,40	0,05	0,07	1,72	6,60	1,34	8,22	19
0,03	1,06	0,10	0,90	0,05	0,07	1,12	5,44	1,26	6,56	17
0,03	1,46	0,10	0,60	0,05	0,08	0,83	4,62	1,10	5,45	15

Análises realizadas pelo Laboratório de Solos do Departamento de Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias - UFC.



FIGURA 3 - Área de localização do Projeto de Pesquisa de Ubajara-CE.