

CONTROLE DAS PERDAS DE NUTRIENTES, SOLO E  
ÁGUA PELA COBERTURA MORTA DE BAGAÇO DE CANA  
E SUA EFICIÊNCIA NO AUMENTO DO NÍVEL DA  
MATÉRIA ORGÂNICA E DA PRODUTIVIDADE DO SOLO



CATIVO  
C 358347

BCT/ UFC CATIVO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

JOSÉ RAMOS LOPES CAVALCANTE

Dissertação Submetida à Coordenação do Curso de  
Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração  
em Solos e Nutrição de Plantas como Requisito para a  
Obtenção do Grau de Mestre.

T 631.4  
C 364c  
1996  
ex.01

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - CEARÁ

- 1996 -

UFC/BU/BCT 01/12/1997



R624616 Controle das perdas de  
C358347 nutrientes, solo  
T631.4 C364c

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C364c Cavalcante, José Ramos Lopes.

Controle das perdas de nutrientes, solo e água pela cobertura morta de bagaço de cana e sua eficiência no aumento do nível da matéria orgânica e da produtividade do solo. / José Ramos Lopes Cavalcante. – 1996.

39 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 1996.

Orientação: Prof. Dr. José Ronaldo Coelho Silva.

1. Agronomia. I. Título.

CDD 630

---

Esta Dissertação foi submetida a julgamento 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 em conformidade com as normas da ética científica.

---

Jose Ramos Lopes Cavalcante

Dissertação aprovada em 13 / 12 / 96

---

Prof. José Ronaldo Coelho Silva, Ph.D.  
Orientador

---

Prof. Teógenes Senna de Oliveira, Doutor  
Conselheiro

---

Prof. Ricardo Espíndola Romero, Mestre  
Conselheiro

Aos meus pais, Nemésio e Zita,  
que independente de quaisquer  
obstáculos, se fizeram presentes  
em todos os momentos de meus  
estudos.

À minha esposa, Maria José,  
sempre presente na minha vida  
com compreensão e apoio  
constante.

Às minhas filhas Anny e Katianny.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Ao professor José Ronaldo Coelho Silva meus sinceros agradecimentos pela colaboração preciosa na produção deste trabalho;

Aos conselheiros, Professores Elder Gurgel Souza Moreira, Teógenes Senna de Oliveira e Ricardo Espíndola Romero, pela participação amigável de cada um com críticas sempre construtivas;

Aos professores do Departamento de Ciências do Solo que transmitiram seus conhecimentos com sabedoria e seriedade;

À Universidade Federal do Ceará (UFC) pelo aperfeiçoamento recebido;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro importante, sem o qual talvez não concretizássemos nosso mestrado;

Ao Engenheiro Agrônomo Carlos Roberto Figueiredo Pinheiro que me auxiliou incentivando-me sempre nos desafios desta minha caminhada;

Aos professores Vicente Paulo de Mesquita e Gilberto Barreto Cavalcante pelo valioso incentivo, dando-me a oportunidade de um importante aprimoramento científico para minha jornada profissional;

Aos colegas do curso pelo convívio e amizade durante esta jornada;

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo pela colaboração neste trabalho;

Aos meus irmãos pelo constante carinho e incentivo;

A Deus, que em seu amor incondicional, presenteou-me com todas estas pessoas especiais ao longo de minha vida.

## SUMÁRIO

<b><u>LISTA DE QUADROS</u></b> .....	viii
<b><u>LISTA DE FIGURAS</u></b> .....	ix
<b>I. <u>RESUMO</u></b> .....	xii
<b><u>SUMMARY</u></b> .....	xiii
<b>1 - <u>INTRODUÇÃO</u></b> .....	1
<b>2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u></b> .....	3
2.1. Erosividade das chuvas e perdas de solo, água e nutrientes .....	3
<b>3 - <u>MATERIAL E MÉTODO</u></b> .....	9
3.1. Localização da área .....	9
3.2. Solo.....	10
3.3. Instalação dos sistemas de manejo e conservação do solo e água e delineamento experimental.....	11
3.4. Erosividade.....	15
3.5. Perdas de solo e água .....	15
3.6. Análises químicas .....	17
3.7. Determinações das perdas de nutrientes.....	17
3.8. Medidas biométricas.....	18
3.9. Análises estatísticas.....	18
<b>4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u></b> .....	19
4.1. Erosividade das chuvas, perdas de solo e água e eficiência da cobertura do solo.....	20
4.2. Eficiência da cobertura morta em relação às perdas de nutrientes .....	22
4.3. Matéria orgânica .....	26
4.4. Produtividade do solo.....	28
<b>5 - <u>CONCLUSÕES</u></b> .....	32
<b>6 - <u>LITERATURA CITADA</u></b> .....	34
Apêndice 1. Resultado das análises físicas e químicas do perfil solo.....	39

## LISTA DE QUADROS

QUADRO	PAG
1. Chuvas de maior erosividade e respectivas perdas de solo e água em Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico cultivado com consórcio de mandioca e caupi sob diferentes manejos com cobertura morta no período de 28 de fevereiro à 20 de julho de 1996 em Fortaleza-CE. ....	21
2. Perdas médias de nutrientes em diferentes manejos da cobertura morta de Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico sob a ação de cinco chuvas de maior erosividade do período de 28 de fevereiro à 20 de julho de 1996 em Fortaleza-CE. ....	24
3. Teores de matéria orgânica (M.O.), carbono, nitrogênio e relação carbono/nitrogênio (C/N), em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha, antes do plantio e após a colheita. ....	27
4. Resultados médios do número de vagens, peso de vagens e grãos e o rendimento da cultura do feijão-de-corda em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha. ....	29
5. Resultado médio da altura da planta, parte aérea e rendimento de cultura da mandioca em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha.	30

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA</b>	<b>PAG</b>
1. Localização do projeto de pesquisa, em Fortaleza, MRH - 59 .....	10
2. Esquema geral do experimento no campo .....	13

## RESUMO

Um estudo desenvolvido concomitantemente com esta pesquisa, em um Podzólico de Fortaleza (CE), demonstrou o benefício do bagaço de cana triturado no decréscimo das taxas de erosão, na melhoria das propriedades físicas e no aumento do rendimento de culturas de caupi e mandioca em consórcio. Entretanto, quais seriam os efeitos dessa técnica no controle das perdas de nutrientes, solo e água, e como ela contribuiria para a melhoria das propriedades químicas e da produtividade permaneciam incógnitas. A necessidade de responder estas perguntas, conduziu ao presente estudo o qual foi desenvolvido em quatro parcelas adaptadas a tanques coletores de enxurrada e de sedimentos onde os efeitos de dois tratamentos de cobertura morta com bagaço de cana triturado associado ou não à N suplementar foram comparados a dois outros onde o solo permanecia destituído dessa proteção. Os teores de nutrientes dos sedimentos e da enxurrada coletados nos tanques e determinados em análises de solo e água em laboratório mostraram os efeitos dos tratamentos os quais foram testados para o controle das perdas por erosão contra as cinco chuvas mais erosivas da estação úmida de 1994. Uma parcela testemunha do consórcio, sem nenhuma prática conservacionista foi usada como referência para comparação dos rendimentos da mandioca e do caupi. A determinação da erosividade revelou que de 57 precipitações do período totalizando 1.812,9 mm somente cinco chuvas selecionadas totalizando 675,6 mm, foram responsáveis por 44,8% (3.328,5 MJ.mm/ha.h) de 7.401,7 MJ.mm/ha.h do período estudado. A eficiência da cobertura do bagaço de cana foi claramente demonstrada pela redução de uma média de 85,1% da erosão nas parcelas protegidas (2,6 t/ha) contra 17,4 t/ha das perdas de solo provocadas pelas cinco chuvas selecionadas e detectadas nas parcelas desprovidas de cobertura. As perdas de água seguiram uma tendência similar e uma redução de 52,4% a favor das parcelas com cobertura (129,0 mm) em relação às parcelas desprotegidas (270,9 mm). O nível dos nutrientes foi também aperfeiçoado nos

tratamentos com cobertura posto que, enquanto suas perdas médias de N, P, K, Ca e Mg foram somente 5,7; 0,03; 2,8; 8,2 e 4,4 kg/ha, respectivamente, aquelas dos tratamentos descobertos aumentaram, nessa mesma ordem, em 82,5%, 200%, 107%, 211% e 211% realçando, dessa forma, os danos à produtividade nos solos desprotegidos bem como a eficiência da prática conservacionista sob análise. Considerando o teor de matéria orgânica das parcelas cobertas antes do experimento (0,7%), a cobertura com bagaço de cana promoveu o mais alto incremento (43%) desse componente do solo, posto que após a colheita ele aumentou para 1%, quando comparado ao aumento das parcelas descobertas (29%) as quais mostraram 0,7% e 0,9% antes e depois do experimento, respectivamente. Adicionado à melhoria das condições físicas, o decréscimo nas perdas de solo e nutrientes proporcionado pela cobertura de bagaço de cana contribuiu para aumentos médios de 4,9 t/ha para a mandioca (18,3 t/ha) quando comparados às parcelas desprotegidas (13,4 t/ha) e de 0,5 t/ha para o caupi nas parcelas protegidas (1,3 t/ha) em relação às desprovidas da proteção do mulch (0,8 t/ha). A melhoria do nível da matéria orgânica e N e condições microbiológicas a ela associadas, a retenção e reciclagem de nutrientes e redução das perdas de P, K, Ca e Mg foram atributos químicos responsáveis pela excelência da prática de controle da erosão em estudo, no melhoramento e conservação da produtividade do Podzólico.

## SUMMARY

A concomitant study, developed with this research, on a Podzolic of Fortaleza (CE), demonstrated the benefits of triturated sugarcane bagasse mulch in decreasing erosion rates, in improving soil physical properties and in increasing cassava/cowpea intercrop yields. However, which were the effects of this technique on nutrient, soil and water losses control, particularly associated to the most erosive rainfalls of the year, and how it would contribute to the improvement of soil chemical properties, and productivity remained unknown. The need to answer these questions, led to this study which was developed on four erosion plots connected to sediments and runoff collecting tanks where the effects of two mulch treatments with or without suplementar N were compared to two other where the soil remained deprived of this protection. Nutrients contents of the sediments and runoff collected in the tanks and determined in soil and water laboratory analysis showed the effects of the treatments which were tested for erosion losses control against the five most erosive rainfalls of the humid season of 1994. A control plot of the intercrop, deprived of any conservationist practice was used as a reference for comparison of cassava and cowpea yields. Determination of the erosivity revealed that from 57 precipitations of the period totaling 1,812.9 mm only five selected rainfalls amounting to 675,6 mm were responsible for 44,8% (3,328.5 MJ.mm/ha.h) of 7,407,1 MJ.mm/ha.h of the period. Effectiveness of the sugarcane bagasse mulch was clearly demonstrated through reduction of an average of 85.1% of erosion on protected plots (2.6 t/ha) against 17.4 t/ha caused by the five selected rainfalls and detected on plots where there was no mulch protection. Water losses followed a similar trend and a reduction of 52,4% favouring mulched plots (129 mm) against unprotected plots (270.9 mm). Nutrient status was also enhanced on mulched treatments since while their average losses of N, P, K, Ca and Mg were only 5.7, 0.03, 2.8, 8.4, and 4.4 kg/ha, respectively, those of the uncovered treatments increased, in this same order,

by 65%, 200%, 107%, 211% and 211%, therefore remarking the damages to productivity on unprotected soils as well as the effectiveness of the conservationist practice under analysis. Considering the organic matter content of the mulched plots before the experiment (0.7%), the sugarcane bagasse mulch promoted the highest increase (43%) of this soil component since after the crops harvest it amounted to 1.0% as compared to the increase of the uncovered plots (29%) which showed 0.7% and 0.9% before and after the experiment, respectively. Adding to the improvement of physical conditions the decreases in soil and nutrient losses provided by the sugarcane bagasse mulch contributed to average increases of 4.9 t/ha for cassava (18.3 t/ha) as compared to uncovered plots (13.4 t/ha) and of 0.5 t/ha for cowpea on protected plots (1.3 t/ha) with relation to those deprived of the mulch protection (0.8 t/ha). Improvement of the soil organic matter and N status and associated microbiological conditions, nutrients retention and recycling, and reduction of losses of P, K, Ca and Mg were chemical attributes responsible for the excellence of this erosion control practice on the improvement and conservation of the Podzolic productivity.

## **1 - INTRODUÇÃO**

A elevada intensidade de perdas por erosão vem reduzindo a produtividade dos solos cearenses a níveis que chegam mesmo a tornar anti-econômica sua exploração nos sistemas convencionais de cultivo e sem adoção de práticas conservacionistas (SILVA et al. 1985). Dentre os múltiplos aspectos prejudiciais que a erosão provoca, um dos mais importantes está relacionado com as perdas de nutrientes vegetais nas enxurradas, ou adsorvidos aos colóides minerais e orgânicos, empobrecendo gradativamente o solo no aspecto de sua fertilidade. Urge, portanto, a avaliação de técnicas conservacionistas, eficientes e econômicas, dirigidas à reversão desse processo de degradação de nossas terras, tornando, ao mesmo tempo, as atividades agrícolas lucrativas e autosustentáveis em termos de produtividade do solo (LAL, 1985). Entre essas técnicas, a cobertura morta vem se revelando extremamente promissora em condições de solo e clima do litoral cearense (MELO FILHO e SILVA, 1993), porém, necessita-se de material orgânico barato e em quantidades suficientes para sua aplicação em escala extensiva. Os efeitos dessa prática também devem ser avaliados em termos de sua ação em propriedades químicas do solo de interesse da conservação e até mesmo da melhoria de seu potencial de fertilidade e produtividade. A cana-de-açúcar poderia ser uma alternativa viável para suprimento desse material de cobertura do solo, face ao enorme volume de restolhos, sob forma de bagaço, disponíveis nas destilarias e engenhos após a moagem e industrialização.

Outro importante fator a se considerar na proteção dos solos da zona do litoral cearense, é que seu clima tropical está fortemente associado às chuvas de altas intensidades. Estas, mesmo em pequeno número em relação ao total anual das precipitações, atingem elevados índices de erosividade e são responsáveis por expressivas percentagens do total das perdas de solos anuais (HUDSON, 1981).

Com base nestas considerações, foi desenvolvido o presente estudo dirigido aos seguintes objetivos:

a) Caracterizar, na estação chuvosa do ano, em Fortaleza, CE, as cinco chuvas de maior potencial em provocar perdas por erosão e verificar sua relação com o total das chuvas e da erosividade nesse espaço de tempo correspondente ao desenvolvimento de um consórcio de mandioca e caupi;

b) Avaliar a eficiência da cobertura morta do solo com bagaço de cana-de-açúcar em relação ao seu potencial em diminuir as perdas de nutrientes, solo e água de um Podzólico Vermelho-Amarelo, em relação às cinco chuvas mais erosivas do período úmido naquele local;

c) Avaliar os efeitos dessa prática sobre as propriedades químicas, matéria orgânica e produtividade do solo, e

d) Avançar os conhecimentos que possibilitem o manejo mais adequado dos solos cearenses visando a redução das taxas de erosão e de perdas de de nutrientes, mantendo-as em níveis toleráveis e que permitam estabilidade e economia na produção agrícola cearense.

## **2 - REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. EROSIVIDADE DAS CHUVAS E PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES**

As perdas de nutrientes, associadas às perdas de solo e água por erosão, correlacionam-se fortemente com a elevada erosividade das chuvas nos climas tropicais. De acordo com HUDSON (1981), estas chuvas de altas intensidades ocorrem em pequeno número durante o ano, porém os elevados índices de erosividade que atingem, provocam altas taxas de perdas por erosão e expressivas percentagens do total destas perdas anuais.

MELO FILHO e SILVA (1993) confirmaram estas características das chuvas tropicais ao verificarem, em Fortaleza, que apenas 7 chuvas foram responsáveis por 72,7% do total da erosividade analisada em 20 chuvas erosivas de um total de 47 chuvas ocorridas no período de 14 de abril a 22 de julho de 1991. Entretanto, nas condições de clima tropical do Brasil, a literatura disponível sobre as perdas de nutrientes pela erosão é escassa. Além disso, com exceção do trabalho de DANTAS (1995), onde a relação entre as características físicas do solo e sua cobertura com bagaço de cana foram estudadas, nenhum outro trabalho foi desenvolvido até o presente, relacionando esta cobertura com as perdas de nutrientes e com o nível de matéria orgânica no solo. Considerando, porém que o interrelacionamento entre as perdas de nutrientes e a cobertura do solo, além de ser um objeto pouquíssimo explorado na pesquisa, constitui o principal tema da presente tese

foi possível relacionar a bibliografia seguinte, na qual procurou-se enfatizar os poucos trabalhos disponíveis na literatura nacional em relação aos desenvolvidos no exterior. Deve ser ressaltado, que face à citada escassez de pesquisas sobre este tema, os trabalhos a seguir relacionados referem-se, principalmente à cobertura morta no solo com restos de culturas usadas em cultivo mínimo e plantio direto.

BARISAS et al. (1978) verificaram que o P disponível no solo erodido aumentou com a cobertura de restolho. Entretanto, a diminuição de perda de solo com o aumento da cobertura compensava o teor de P no solo erodido. As perdas do N total nos sedimentos eram inversamente relacionados à percentagem de solo sob cobertura dos restos. As perdas de N das enxurradas eram menores quando comparadas ao N e P perdidos nos sedimentos. Práticas de cultivos mínimos não foram eficazes na redução de perdas de nutrientes solúveis. Entretanto elas reduziram as perdas totais de nutrientes pelo controle da erosão.

BARROWS e KILMER (1963) demonstraram as perdas de fósforo orgânico através de processo de erosão. Verificaram que, em 10 t de perda de solo, cerca de 9 kg de fósforo/ha eram removidos destas perdas. Aproximadamente 60% (5,45 kg/ha) era representado pelo fósforo perdido sob forma orgânica.

BERTHAL e MIQUELLUTE (1993) pesquisando a proteção do solo pelas culturas e sua eficácia na redução da erosão hídrica, procurou quantificar as perdas de solo, água e nutrientes pela cultura do milho em relação a solo descoberto, ambos submetidos a preparo convencional, utilizando um Cambissolo húmico distrófico argiloso. Constataram uma redução de 85% das perdas de solo em relação ao solo

descoberto. As perdas de água foram reduzidas em 29%. Verificou-se ainda que o solo descoberto perdeu cerca de três vezes mais P e oito vezes mais Ca e mais Mg do que o do cultivo com milho.

BUCHAMAN & KING (1993), verificaram no seu experimento que as perdas de carbono e fósforo a partir de resíduos de colheita em decomposição em tratamentos incorporados destes elementos foram menores e a decomposição mais acelerada quando os resíduos eram expostos à superfície do solo.

Uma das poucas pesquisas, talvez a pioneira, relacionada com perdas de nutrientes por erosão no Brasil foi realizada por GROHMAN et al. (1956). Estes, concluíram que no caso do P as perdas foram pequenas, porém como no solo o seu teor era baixo, juntamente com o potássio, esses elementos representavam aqueles nutrientes sujeitos ao maior desgaste por erosão.

Uma outra pesquisa muito importante em termos econômicos relacionada com as perdas de nutrientes por erosão foi desenvolvida por FREITAS & CASTRO (1980), os quais determinaram serem perdidos o equivalente a US\$ 5,5 bilhões correspondendo à remoção de 16,7 a 27,8 milhões de toneladas de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e CaCO<sub>3</sub> pelo processo de erosão dos solos no Estado do Paraná.

CASTRO et al. (1986), estudaram as perdas por erosão de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e matéria orgânica em Latossolo Roxo, no consórcio de soja/trigo sob diferentes manejos dos restos culturais. Verificou-se que ocorreram perdas mais elevadas de nutrientes na enxurrada do que nos sedimentos. As perdas totais de nutrientes, foram proporcionais às perdas de solo e de água. A concentração dos nutrientes nos sedimentos independem da quantidade deste, sendo o Ca o único elemento que apresentou correlação

linear significativa para esta relação.

ELTZ et al. (1984a), avaliaram os sistemas de manejo do solo e coberturas vegetais nas perdas de solo e água por erosão sob condições de chuva natural em solo Laterítico, Bruno-Avermelhado distrófico, cobertura com o consórcio trigo/soja em preparo convencional e plantio direto. Na sucessão trigo/soja, o preparo convencional do solo apresentou perdas totais de solo de 129,83 t/ha tendo ocorrido uma redução desse total em 65% no plantio direto.

ELTZ et al. (1984b), compararam os tratamentos das seqüências da cultura aveia/tremoço-milho e cevada/aveia-soja, ambos em preparo convencional e plantio direto, no final do experimento, verificaram que a sucessão aveia/tremoço-milho em plantio direto reduziu em 69,32% as perdas de solo e 30,2% as de água, em relação ao preparo convencional; a sucessão cevada/aveia-soja em plantio direto reduziu 53,6% as perdas de solo e 14,5% as de água, em relação ao preparo convencional.

GROHMANN (1956), estudando perdas por erosão, dos elementos minerais e carbono na terra roxa-misturada, quando submetida a práticas agrícolas diversas, com essa finalidade usaram coletores de enxurrada, do tipo Geib. Verificaram que as perdas do elemento C são as mais altas e o potássio e o fósforo apresentaram perdas menores por erosão.

MELO FILHO (1991), avaliando a erosividade das chuvas, perdas de solo e água por erosão e produtividade do milho no sistema de plantio direto e convencional, verificaram que, as parcelas com plantio direto, com e sem adubação nitrogenada, produziram, respectivamente 2,1 e 1,8 vezes mais grãos que suas correspondentes no

preparo convencional. Comparando os sistemas implantados, o convencional, apresentou perdas de solo 30,9 t/ha e as perdas de água, 233 mm, enquanto que o sistema de plantio direto reduziu as perdas para 3,0 t/ha e 184 mm as perdas de água.

MUZILLI (1983), compararam os efeitos do plantio direto e do convencional em rotações de culturas, na distribuição e acumulação da matéria orgânica, potássio, cálcio, magnésio e variação do pH na camada arável de um Latossolo Roxo distrófico e Latossolo Vermelho-Escuro distrófico argiloso durante 5 e 4 anos respectivamente. Verificaram que no plantio direto houve mais acúmulo de fósforo, potássio, cálcio e magnésio e diminuição gradativa destes nutrientes no sistema de plantio convencional.

RESK et al. (1980), estudando as perdas de nutrientes ocorridas na enxurrada, utilizando simulador de chuvas, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico verificaram que as maiores perdas ocorreram com cálcio, seguidos de magnésio, potássio, alumínio e fósforo; as perdas de matéria orgânica devido a enxurrada foram equivalentes a 410 kg/ha, correspondendo à 0,9% da matéria orgânica existente no solo.

SILVA et al. (1985), citam que, as perdas de solo, água e nutrientes provocaram redução de 27,7% na produção de milho e 38% de aumento nos custos de produção da cultura implantada, numa área de nível de erosão moderada em relação ao grau de erosão ligeiro. Detectaram na avaliação com chuvas simuladas que as perdas de nutrientes eram equivalentes à aplicação de 517,9 kg/ha de uma mistura de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, na fase de preparo de um Latossolo Vermelho Amarelo sob erosividade de 1967,5 MJ.mm/ha.h.

SINGER & BLACKARD (1977), estudando a avaliação do efeito da palha de aveia nas perdas de solo por erosão, concluíram que, a cobertura pela palha de aveia diminui expressivamente as perdas de sedimentos ao nível de 50% ou mais, isto quando comparado ao solo desprotegido.

TAVORA et al. (1985), estudando as perdas de solo e água, nutrientes e matéria orgânica, em Latossolo na cuesta da Ibiapaba, sob condições de chuva simulada, em preparo do solo convencional, constataram que, as perdas de nutrientes foram tão intensas quanto as de solo e água. Foram erodidas 39 t/ha de solo. As maiores perdas deram-se na matéria orgânica (546,3 kg/ha) e nitrogênio (36,0 kg/ha).

TAYLOR (1967), estudaram o transporte de sedimentos e do fósforo adsorvido pelos colóides do solo. Esse elemento move-se das áreas agrícolas para os açudes e rios através da erosão, junto as partículas do solo no qual ele é adsorvido. Desta forma as práticas conservacionistas que controlam a erosão são os métodos efetivos de controlar a poluição pelo fósforo.

Por sua vez, GALINDO e MARGOLIS (1989) determinaram a tolerância de perdas de solo para Podzólico vermelho-amarelo textura arenosa/média encontrando valores de 0,51 a 0,59 mm/ano. Tomando-se uma densidade do solo igual à  $1,4 \text{ g/cm}^3$ , comum à camada arável dessa classe de solo, essas espessuras corresponderiam à tolerâncias de perdas variando entre 7,1 a 8,3 t/ha/ano.

### **3 - MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.**

O experimento foi realizado durante os meses de janeiro a dezembro de 1994 na área de pesquisa de conservação de solo e água, localizada a 60 metros da Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza-CE, apresentando as coordenadas geográficas de 3° 44' lat. S e 38° 33' long. W. Fortaleza é uma área representativa do litoral úmido e subúmido, com a linha costeira perpendicular à ação dos ventos alísios, ainda sofrendo, durante o verão-outono, a interferência da convergência intertropical, proporcionando uma estação chuvosa muito intensa de fevereiro a maio e uma estação seca relativamente curta de agosto a novembro (BRASIL, 1981).

O clima, segundo Köppen, é do tipo Aw', tropical chuvoso com precipitação de verão e amplitude anual de temperatura inferior a 5°C. A normal pluviométrica é 1.401 mm e a temperatura média anual é de 26,5°C (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1994).

A figura 1 mostra a localização da área da pesquisa, em Fortaleza, situada na microrregião homogênea 59 do Estado do Ceará.

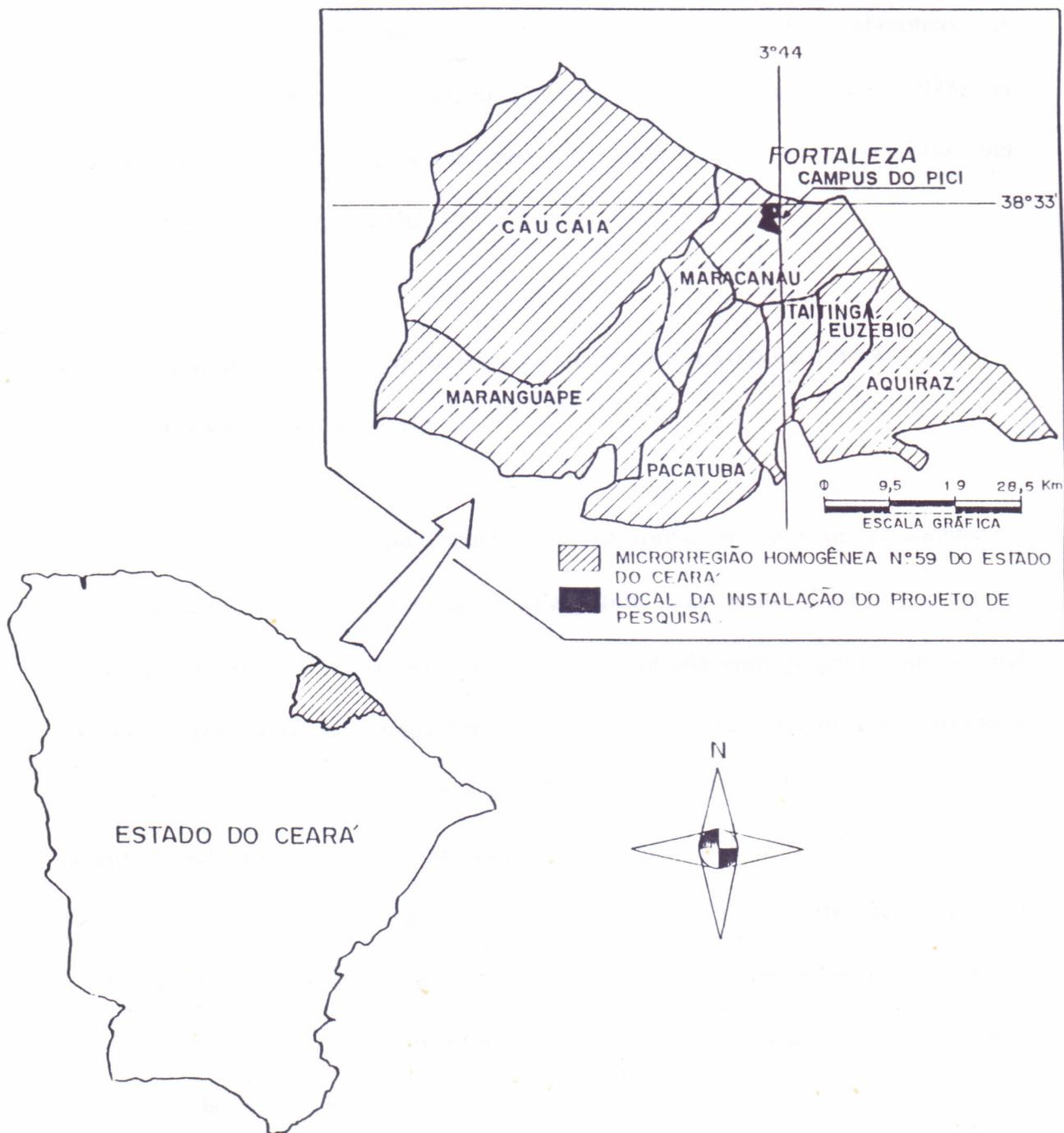


Figura 1. Localização do projeto de pesquisa, em Fortaleza, MRH - 59.

### 3.2. SOLO

O solo é um Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico, abrupático, -A moderado, textura franco arenosa/média, segundo COELHO e MOTA (1978). A topografia local da área da pesquisa apresenta relevo plano a suave ondulado com declividade de 3% (MELO FILHO, 1991).

### 3.3. INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.

A área da pesquisa encontrava-se na forma de capoeira, predominando gramíneas tais como o capim-gengibre (*Paspalum maritimum* Trin.) e o capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), e foi uniformizada com preparo convencional através de uma aração, com arado reversível de discos à uma profundidade aproximada de 30 cm, seguido de duas gradagens de acabamento a favor do declive. A correção da acidez do solo foi feita através de aplicação do calcário comercial dolomítico, cuja necessidade foi de 2,4 t/ha, de acordo com as análises de solo do Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UFC. A aplicação foi realizada a lanço, de forma homogênea, e incorporada ao solo, por ocasião da aração e da gradagem.

Os trabalhos foram iniciados em janeiro de 1994 e conduzido em cinco parcelas com área de 88 m<sup>2</sup> cada uma, assim dimensionadas: 4,0 m de largura por 22,0 m

de comprimento no sentido do declive. Nestas parcelas, foi realizado o plantio de mandioca em consórcio com feijão-de-corda com delineamento experimental inteiramente casualizado através do sorteio da posição que cada parcela ocupava em relação aos seguintes tratamentos:

MAN - **Mulch** de bagaço de cana triturado com a adubação e suplemento de N.

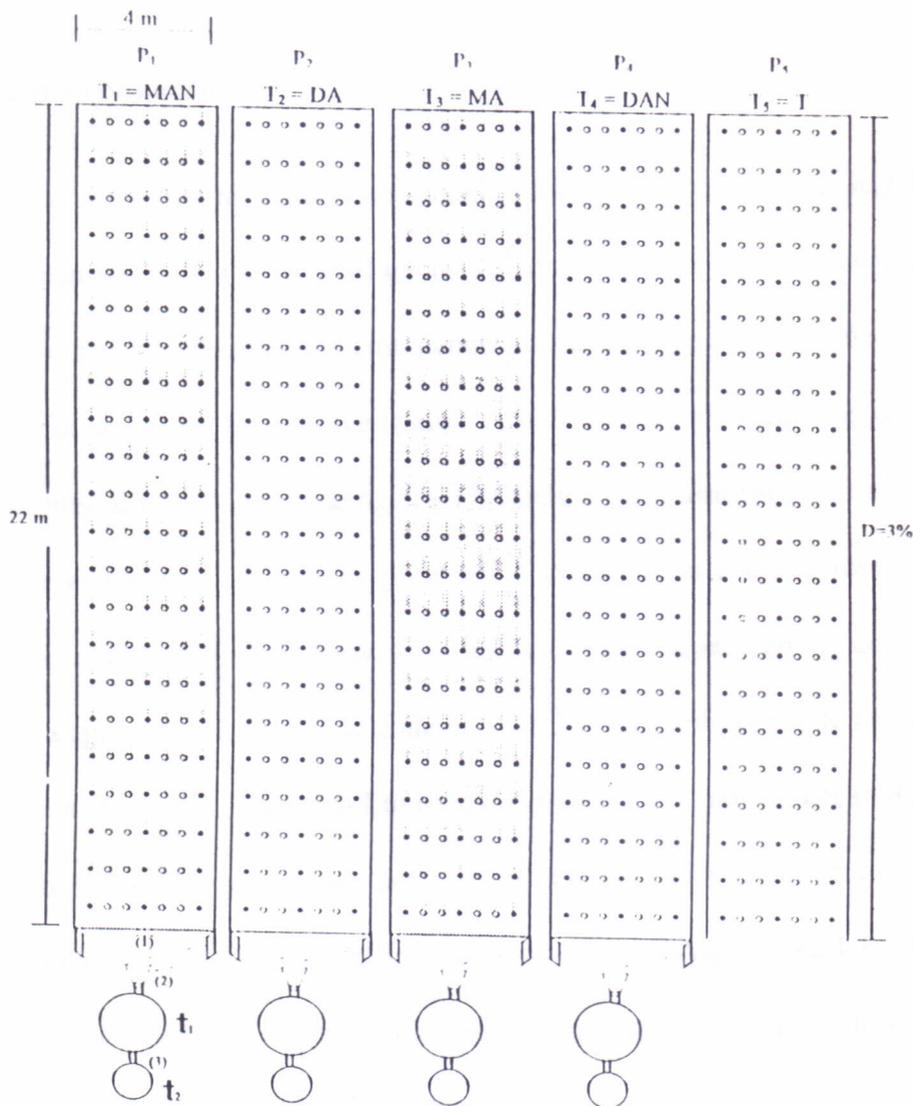
DAN - Solo descoberto com adubação e suplemento de N.

MA - **Mulch** de bagaço de cana triturado com adubação.

DA - Solo descoberto com adubação.

T - Testemunha com solo descoberto sem nenhuma adubação.

No consórcio foram utilizadas, em cada parcela, três fileiras de mandioca (**Manihot esculenta**), variedade amarelinha, espaçadas de 1,5 m entre ruas e de 1 m entre plantas. Ao lado, e a 0,5 m da fileira central de mandioca, ficavam duas fileiras duplas de feijão-de-corda (**Vigna unguiculata**), variedade EPACE-10, com espaçamento de 0,5 m entre plantas e de 1 m entre linhas (Figura 2). A semeadura do feijão-de-corda foi executada manualmente, em covas, no sentido do declive em 4 de fevereiro de 1994, nas mesmas parcelas. Foram plantadas 4 sementes por covas do feijão-de-corda e, 15 dias após a germinação, foi efetuado o desbaste das plântulas, permanecendo duas plantas por cova. O critério para o desbaste foi a eliminação das plântulas de menor desenvolvimento. As manivas-sementes, com 20 cm de comprimento, foram plantadas em posição vertical, enterrando-se 2/3 de seu comprimento, juntamente



**LEGENDA:**

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>: Parcelas Experimentais

T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>: Tratamentos

MAN: **M**ulch, **a**dubado e **N**itrogênio adicionado

DA: **D**escoberto e **a**dubado

MA: **M**ulch e **a**dubado

DAN: **D**escoberto, **a**dubado e **N**itrogênio adicionado

I: **I**stemunha

D: **D**eclividade

t<sub>1</sub>: Tambor coletor de sedimentos com tampa, tela e balde de 20 litros

t<sub>2</sub>: Tambor coletor de deflúvio com tampa

(1): Calha coletora de enxurrada na parte inferior da parcela

(2): Cano "PVC" com diâmetro de 3" condutor da enxurrada da calha tambor

(3): Sistema divisor de furos com uma calha central ligando os tambores

■ Solo coberto

● Mandioca

□ Solo descoberto

○ Feijão-de-corda

Figura 2. Esquema geral do experimento no campo.

com a cultura consorciada.

No controle químico das ervas daninhas foi utilizado o herbicida ROUNDUP (Sal de isopropilamina de N (fosfometil) glicina (glyphosate) 480 g/l) em aplicações dirigidas, trinta dias e sessenta dias após a emergência das culturas, na quantidade de 5,0 l/ha. O herbicida foi aplicado com pulverizador costal com o bico tipo leque e as ervas predominantes foram o capim-gengibre (**Paspalum maritimum**) e o capim-carrapicho (**Cenchrus echinatus**). As únicas pragas que atacaram as culturas foram as formigas cortadeiras, conhecidas como saúvas do nordeste (**Atta opaciceps**), cujo combate foi feito com a aplicação de formicida granular seco MIREX sob forma de iscas na dosagem de 6 g/m<sup>2</sup> da área do experimento. Em todos os tratamentos, com exceção da testemunha, o solo foi adubado com base em análise emitida pelo Laboratório de Solo do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UFC e consistiu na aplicação, por ocasião da semeadura, de nitrogênio, 20 kg/ha, fósforo, 80 kg/ha e potássio, 20 kg/ha, tendo como fontes de nutrientes uréia (45% N), superfosfato simples (20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O) para a cultura do feijão-de-corda. Para a mandioca a adubação recomendada foi 15-60-15 por ocasião do plantio, nas covas e nas mesmas formas do feijão de corda. A suplementação de nitrogênio foi adicionada aos 30 dias e 45 dias, após a semeadura, na dosagem total de 18 kg/ha de N.

Como cobertura morta utilizou-se o bagaço de cana-de-açúcar triturado com 23,72% de umidade na quantidade equivalente a 34 t/ha, calculada a partir da distribuição uniforme em 1 m<sup>2</sup> onde se determinou uma cobertura de 90% do solo. Estes resíduos foram aplicados na superfície do solo, de maneira uniforme, nos tratamentos MAN e MA,

logo após a semeadura.

OLIVEIRA (1981) menciona os resultados da análise química do bagaço de cana-de-açúcar triturado na matéria seca, com os seguintes percentuais de nutrientes: N - 0,63%; C - 37,2%; P - 0,014%; K - 0,18%; Ca - 0,112%; Mg - 0,193% e relação C/N 59. Via de regra, a quantidade de 1 tonelada de cana-de-açúcar gera aproximadamente 250 kg de resíduos triturados.

### **3.4. EROSIVIDADE**

A estação agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará forneceu os diagramas diários que serviram para os cálculos da erosividade das chuvas. Para determinação do índice EI30 (Calculado pelo produto da energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em trinta minutos), utilizamos o procedimento descrito por SILVA (1991). Analisou-se todas as intensidades e energias cinéticas das chuvas que provocaram perdas de solo e água, através dos registros em pluviogramas diários, fornecidos pela estação agrometeorológica, durante o período de fevereiro a julho correspondente à fase mais crítica de risco de erosão local, a qual abrange os meses mais chuvosos e cerca de 72% da precipitação anual.

### **3.5. PERDAS DE SOLO E ÁGUA**

Nos tratamentos MAN, DAN, MA e DA foram determinadas as perdas de solo

em t/ha e água em mm, bem como a erosividade de todas as chuvas locais que provocaram erosão nas parcelas.

Cada uma das cinco parcelas, sem repetições de tratamentos, foi delimitada com tijolos, revestidos com cimento, com 10 cm de altura e impermeabilizados. Nas quatro primeiras parcelas foram colocadas calhas coletoras de enxurradas na parte inferior do declive, com 15 cm enterradas no solo. Após cada chuva erosiva, as enxurradas, juntamente com o solo proveniente da parcela, foram coletadas em um conjunto de tambores, sendo o primeiro com capacidade para 150 litros e o segundo com 100 litros, unidos por um sistema divisor com três janelas retangulares e área de 10 cm<sup>2</sup> cada uma. Após o enchimento do primeiro tambor, um terço da enxurrada desaguava no segundo tambor através da janela central.

O subdimensionamento do segundo tambor coletor em relação ao tamanho da parcela provocou seu extravasamento nas chuvas de maior intensidade e duração, o que inviabilizaria o cálculo das perdas de água. Assim sendo, somente foi possível a estimativa de tais perdas, nesses eventos, utilizando-se um coeficiente de run-off igual a 0,41 para as parcelas descobertas e de 0,19 para as parcelas com a cobertura morta. Esses valores foram estimados com base em determinações anteriores de escoamento superficial no mesmo solo e local realizadas em parcelas nua e com cobertura de palha em estudo semelhante de plantio direto de milho.<sup>2</sup> Utilizou-se baldes de 20 litros, previamente calibrados, para coleta e medições do volume de sedimentos depositados no primeiro tambor e também os que ficaram retidos na calha coletora. As coletas das

---

<sup>2</sup> Informação pessoal do Prof. José Ronaldo Coelho Silva com base em estimativas preliminares do coeficiente de run-off determinado com sistemas coletores de enxurradas para o solo em estudo.

alíquotas de suspensão e lama foram feitas após cada chuva erosiva. O material amostrado foi acondicionado em garrafas plásticas de 300 ml, e selecionou-se as amostras de sedimentos e alíquotas das enxurradas dos diferentes tratamentos com base nas cinco chuvas mais erosivas para as análises em laboratório.

### **3.6. ANÁLISES QUÍMICAS**

Para avaliar o efeito da proteção do bagaço de cana-de-açúcar sobre as propriedades químicas do solo, relacionadas à retenção dos colóides minerais e orgânicos, disponibilidade de água no solo na camada arável, foram estudadas as seguintes determinações: análise de fertilidade nos sedimentos e enxurradas dos nutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, realizando-se coletas deste material das chuvas erosivas do período fevereiro a julho de 1994.

### **3.7. DETERMINAÇÕES DAS PERDAS DE NUTRIENTES**

Foram determinados em 100 ml da enxurrada após concentração e ataque do material em suspensão com ácido nítrico e perclórico. Neste extrato o K foi determinado por fotometria de chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O N total foi determinado pelo método de Kjeldahl. Para cada nutriente incluiu-se nos cálculos das perdas (kg/ha) o volume da enxurrada, a concentração de cada um deles nessa enxurrada e a transformação dos valores obtidos nas parcelas de 88 m<sup>2</sup> para área de 10.000 m<sup>2</sup>.

Para as determinações dos nutrientes nos sedimentos, utilizou-se os métodos descritos pela EMBRAPA (1979). Para cada nutriente incluiu-se nos cálculos de perdas (kg/ha) o teor de cada um deles nos sedimentos, a densidade dos sedimentos, a massa de terra coletada nas parcelas de 88 m<sup>2</sup> e a transformação dos valores obtidos nessas parcelas para a área de 10.000 m<sup>2</sup>. O fósforo foi determinado por fotometria de chama apenas nos sedimentos.

Somou-se as perdas na enxurrada às perdas nos sedimentos para encontrar-se as perdas totais de cada um dos nutrientes em cada uma das determinações de perdas de solo e de água provocadas pelas cinco chuvas mais erosivas detectadas durante o período do experimento.

### **3.8. MEDIDAS BIOMÉTRICAS**

Por ocasião da colheita do feijão-de-corda, 85 dias após a semeadura, praticamente no final do ciclo da cultura, 10 plantas foram selecionadas ao acaso, em cada parcela, e as vagens colhidas manualmente. As vagens, separadas das plantas, foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente numerados e identificados, e conduzidos ao laboratório. Após a contagem dos números de vagens por planta, determinou-se o peso de vagens por planta em balança digital de 0,1g de precisão. Em seguida as vagens sofreram debulha manual e os grãos foram pesados, obtendo-se, deste modo, o peso dos grãos por planta. Para cálculo da produtividade, determinou-se a produção por parcela sendo, os valores obtidos, transformados em kg/ha.

A colheita da mandioca foi realizada 11 meses após o plantio e foram escolhidas 6 plantas, na linha central de cada parcela, seguindo o esquema inteiramente casualizado, através de sorteio. A altura média das plantas foi feita no campo, com fita métrica, partindo-se da superfície do solo até o topo mais elevado. O corte da parte aérea foi realizado no ponto de inserção das raízes com as ramas. Em seguida, a parte aérea de cada planta foi colocada em sacos plásticos, numerados e identificados, e rapidamente pesados em balança com capacidade máxima de 15 kg. Para pesagem das raízes, seguiu-se o mesmo procedimento da parte aérea e a produtividade foi determinada a partir da produção das raízes de cada parcela e transformados, os valores obtidos, em t/ha.

### **3.9. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.**

Os dados obtidos com relação ao número de vagens, peso de grãos e produtividade para a cultura do feijão-de-corda e altura da planta, parte aérea e produtividade para a cultura da mandioca foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível fiducial de 5% de probabilidade. Optou-se pelo aumento da área da parcela em cada tratamento em detrimento de parcelas menores e menos representativas com repetições. Portanto, as perdas por erosão foram determinadas individualmente em cada parcela de maior representatividade em termos de área e comprimento do declive, impedindo análise de variância. Não obstante, para cada chuva erosiva sempre foram calculadas as médias de duas amostras colhidas de sedimentos e da enxurrada em cada tratamento determinado em sua respectiva parcela individual.

## **4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. EROSIVIDADE DAS CHUVAS, PERDAS DE SOLO E ÁGUA E EFICIÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO**

O ano de 1994, no qual foi desenvolvido o presente estudo apresentou-se com uma erosividade excepcional ao verificar-se que no período de fevereiro-julho, quando foram determinadas as perdas de solo, água e nutrientes, ocorreu uma altura pluviométrica (1.812,9 mm) 57,4% superior à normal desse período em Fortaleza (1.152,0 mm).

O Quadro 1 mostra as cinco chuvas de maior erosividade e respectivas perdas de solo e água no solo cultivado em estudo, sob diferentes manejos com cobertura morta com bagaço de cana triturado no período de 28.2 a 20.7.94. Os resultados da determinação da erosividade mostram que de 57 precipitações do período totalizando 1.812,9 mm somente cinco chuvas selecionadas num total de 675,6 mm abrangeram 44,8% (3.328,5 MJ.mm/ha.h) de 7.401,7 MJ.mm/ha.h do período estudado. Apenas para comparação o índice de erosividade de 3.328,5 MJ.mm/ha.h caracterizou o elevado potencial erosivo das chuvas do Litoral do Ceará posto que determinado em apenas cinco chuvas em um período de 5 meses, aproximou-se do índice de 3.551 MJ.mm/ha.h calculado para 12 meses em Glória do Goitá, PE, (CAMPOS FILHO, et al. 1991).

Quadro 1. Chuvas de maior erosividade e respectivas perdas de solo e água em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico cultivado com consórcio de mandioca e caupi sob diferentes manejos com cobertura morta no período de 28.2 a 20.7.94.

Data	Chuvas erosivas			Perdas de solo <sup>(1)</sup>								Perdas de água <sup>(2)</sup>	
				DAN		MAN		DA		MA		D	M
	mm	EI <sub>30</sub> MJ.mm/ha.h	% <sup>(3)</sup>	t/ha	% <sup>(4)</sup>	t/ha	% <sup>(4)</sup>	t/ha	% <sup>(4)</sup>	t/ha	% <sup>(4)</sup>	mm	mm
31.03.1994	118,7	721,7	9,7	8,1	16,2	0,5	6,4	4,8	10,6	0,5	6,0	47,6	22,7
16.04.1994	100,9	653,9	8,8	3,5	7,0	0,3	3,9	3,6	8,0	0,5	6,0	40,5	19,3
23.05.1994	165,5	631,8	8,5	3,1	6,2	0,4	5,1	3,2	7,1	0,5	6,0	66,4	31,6
20.06.1994	178,2	592,8	8,0	2,6	5,2	0,7	9,0	2,6	5,8	0,7	8,4	71,4	34,0
27.06.1994	112,3	728,3	9,8	1,6	3,2	0,6	7,7	1,6	3,5	0,4	4,8	45,0	21,4
Total	675,6	3328,5	44,8	18,9	37,8	2,5	32,1	15,8	35,0	2,6	31,3	270,9	129,0

<sup>(1)</sup> DAN: Solo manejado sem cobertura morta, com adubação e com N suplementar; MAN: Solo manejado com cobertura morta adubado e com N suplementar; DA: Solo adubado sem cobertura morta; MA: Solo manejado adubado com cobertura morta.

<sup>(2)</sup> Perdas de água em parcelas sem cobertura morta (D) e com cobertura morta (M)

<sup>(3)</sup> Percentagem do EI<sub>30</sub> em relação ao total de 7.407,1 MJ.mm/ha.h determinado no período de desenvolvimento das culturas de 28.2 a 20.7.1994.

<sup>(4)</sup> Percentagem de perdas de solo em relação aos totais de 49,9 t/ha, 7,8 t/ha, 45,2 t/ha e 8,3 t/ha determinados nos tratamentos DAN, MAN, DA e MA durante o período de 28.2 a 20.7.1994.

O índice calculado para essas chuvas superou, inclusive, o valor de 2.172,1 MJ.mm/ha.h determinado por MELO FILHO & SILVA (1993) em 20 chuvas ocorridas em Fortaleza, CE, em 1991 na mesma localização do presente estudo.

A eficiência da cobertura do bagaço de cana foi claramente demonstrada pela redução de uma média de 85,1% da erosão nas parcelas protegidas (2,6 t/ha) contra 17,4 t/ha das perdas de solo provocadas pelas cinco chuvas selecionadas e detectadas nas parcelas desprovidas de cobertura. As perdas de água seguiram uma tendência similar e uma redução de 52,4% a favor das parcelas com cobertura (129,0 mm) em relação às parcelas desprotegidas (270,9 mm). Estes resultados estão em perfeita consonância com aqueles obtidos por diversos pesquisadores que utilizaram a cobertura obtendo redução das perdas de solo e água em até mais de 50% das que ocorreriam em solos desprotegidos do **mulch** (SINGER & BLACKARD, 1977; MARGOLIS et al., 1980; ELTZ et al., 1984a,b; MELO FILHO & SILVA, 1993; SILVA, 1996).

A intensidade da erosão (17,4 t/ha) em solo cultivado com consórcio mandioca/caupi, porém sem nenhuma prática de controle da erosão reflete a urgente necessidade de aplicação de técnicas conservacionistas nos Podzólicos da Zona do Litoral do Ceará posto que quando exposto à erosividade de apenas cinco chuvas, esta classe de solo apresentou perdas de solo 91,5% superiores à sua tolerância (GALINDO e MARGOLIS, 1989).

#### **4.2. EFICIÊNCIA DA COBERTURA MORTA EM RELAÇÃO ÀS PERDAS DE NUTRIENTES**

A eficiência da cobertura morta com o bagaço de cana triturado foi

claramente demonstrada não somente na redução das perdas de solo e água mas também na conservação dos nutrientes, evitando as perdas que ocorrem na ausência desta prática conservacionista. Desta forma, o nível dos nutrientes foi também melhorado nos tratamentos com **mulch**, posto que, enquanto suas perdas médias de N, P, K, Ca e Mg foram somente 5,7, 0,03, 2,8, 8,2 e 4,4 kg/ha, respectivamente, aquelas dos tratamentos descobertos totalizavam, nessa mesma ordem, a remoção de 10,4, 0,09, 5,8, 25,5 e 13,7 kg/ha desses elementos conforme mostrado no Quadro 2.

Esta remoção de nutrientes por erosão, ainda nessa mesma ordem, representa um aumento de 82,5%, 200%, 107%, 211% e 211% de perdas no solo sem cobertura do bagaço de cana, realçando, dessa forma, os danos à produtividade nos solos desprotegidos bem como a eficiência da prática conservacionista sob análise. Estes resultados estão coerentes com aqueles encontrados em outras pesquisas similares porém em solos com diferentes níveis de fertilidade e regimes de erosividade das chuvas naturais e simuladas e que estão disponíveis na escassa bibliografia disponível sobre este tema muito pouco explorado, especialmente em condições de solos do Nordeste (TÁVORA et al., 1985; SILVA & PAIVA, 1985). Acrescente-se que logo após o preparo do solo, este fica totalmente sem cobertura no manejo convencional sem **mulch** quando geralmente mais erosivas são as chuvas no Litoral, conforme mostrado no Quadro 1. Neste caso, os nutrientes, particularmente o P e o N são facilmente carreados pelas enxurradas ou transportados adsorvidos aos coloides minerais e orgânicos, aumentando os riscos de poluição das águas dos reservatórios e rios (TAYLOR, 1967; BARISAS et al. 1978; BARROWS & KILMER, 1963; SILVA & PAIVA, 1985).

Quadro 2. Perdas médias de nutrientes em diferentes manejos da cobertura morta, de Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico sob a ação de cinco chuvas de maior erosividade, no período de 28 de fevereiro à 20 de julho de 1996, em Fortaleza, CE.

Tratamento <sup>(1)</sup>	Nutrientes				
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	Kgha <sup>-1</sup>				
<b>DAN</b>					
Enxurrada	4,9	...	4,9	16,4	10,6
Sedimentos	5,7	0,08	0,5	3,9	1,6
Total	10,6	0,08	5,4	20,3	12,2
<b>MAN</b>					
Enxurrada	4,5	...	2,8	7,4	4,1
Sedimentos	0,8	0,04	0,1	1,6	0,5
Total	5,3	0,04	2,9	9,0	4,6
<b>DA</b>					
Enxurrada	5,4	...	5,6	26,2b	13,4a
Sedimentos	4,7	0,10	0,5	4,4	1,8
Total	10,1	0,10	6,1	30,6	15,2
<b>MA</b>					
Enxurrada	5,1	...	2,6	6,6	3,9
Sedimentos	1,0	0,02	0,1	0,8	0,2
Total	6,1	0,02	2,7	7,4	4,1

<sup>(1)</sup> DAN= Solo descoberto adubado + N suplementar

MAN= Solo com cobertura morta adubado + N suplementar

DA= Solo descoberto adubado

MA= Solo com cobertura morta adubado

A expressiva diminuição das perdas de N total nas áreas protegidas pela cobertura do bagaço de cana também coincide com resultados obtidos por BARISAS, et al. (1978) que verificaram a diminuição das perdas desse elemento com o aumento da cobertura de restolhos.

As perdas de N, P e K representaram apenas 4,1%, 0,3% e 2,3% dos nutrientes necessários para o desenvolvimento da mandioca até à colheita, ressalvando-se que os teores de P foram determinados somente nos sedimentos, e deveriam ser maiores se suas perdas na enxurrada, onde elas se concentram, tivessem sido também determinadas. Com referência às baixas perdas de P e K deve considerar-se que sendo também baixos os teores desses elementos no solo em estudo, eles proporcionalmente representam os que provocariam maior deficiência em função de suas perdas (GROHMAN et al., 1956). Por outro lado a presença do mulch na superfície e a redução das perdas de P neste tratamento estão coerentes com resultados obtidos por BUCHAMAN & KING (1993) ao verificarem que as perdas destes elementos foram menores e a decomposição mais acelerada quando os resíduos permaneciam expostos à superfície do solo.

As perdas de Ca e Mg, atingiram 64,5% e 49,7% destas necessidades, agravando significativamente o problema de acidez do solo, enquanto as parcelas com cobertura decresceram as perdas desses elementos em apenas 20% e 15%, respectivamente (MALAVOLTA, 1976). Essas perdas mais elevadas de Ca e Mg associadas às dos demais elementos determinadas no presente estudo coincidem exatamente com aquelas determinadas por RESCK et al. (1980) em Podzólico Vermelho

Amarelo câmbico distrófico ao verificarem que as maiores remoções de nutrientes ocorreram com Ca, seguido de Mg, K, Al e P. Com relação à contribuição da enxurrada no transporte dos nutrientes os resultados do presente trabalho concordam com a observação de CASTRO et al. (1986) ao verificarem que as perdas de nutrientes eram mais elevadas na enxurrada que nos sedimentos, conforme mostram os dados do Quadro 2.

Finalmente, não deve ser desprezada a importância econômica da conservação do solo, da água e, particularmente, dos nutrientes em função do **mulch**, principalmente ao considerar-se o efeito de escala quando considera-se a soma de perdas totais de nutrientes a nível de estado, como demonstrado por FREITAS & CASTRO (1980) no Estado do Paraná.

#### 4.3. MATÉRIA ORGÂNICA

Considerando o teor de matéria orgânica das parcelas cobertas antes do experimento (0,7%), a cobertura com bagaço de cana promoveu o mais alto incremento (43%) desse componente do solo, posto que após a colheita ele aumentou para 1%, quando comparado ao aumento das parcelas descobertas (29%) as quais mostraram 0,7% e 0,9% antes e depois do experimento, respectivamente (Quadro 3). Acrescente-se que após o experimento as parcelas cobertas mostravam 50% mais carbono orgânico (0,6%) que a testemunha (0,4%). Como resultado, melhores condições para a microbiologia do solo também foram proporcionadas pela cobertura de bagaço de cana. O aumento do teor de matéria orgânica do solo após a colheita releva o efeito benéfico da cobertura tanto no

Quadro 3. Teores de matéria orgânica (M.O.), carbono, nitrogênio e relação carbono/nitrogênio (C/N), à profundidade de 0-20 cm em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha, antes do plantio e após a colheita.

Tratamento <sup>(1)</sup>	M.O.		Carbono		Nitrogênio		C/N	
	antes do plantio	após a colheita						
	-----%							
MAN	0,62	1,17	0,36	0,68	0,03	0,04	12	17
DAN	0,49	0,78	0,28	0,45	0,03	0,03	9,3	15
MA	0,77	0,95	0,44	0,55	0,04	0,04	11	13,7
DA	0,66	0,89	0,38	0,51	0,03	0,03	12,7	17
T	0,60	0,75	0,35	0,44	0,03	0,03	11,6	14,6

- (1): MAN -Mulch, adubado e nitrogênio adicionado.  
 DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado.  
 MA - Mulch e adubado.  
 DA - Descoberto e adubado.  
 T - Testemunha.

aspecto de reciclagem do C orgânico quanto na redução das perdas desse elemento. Essa constatação assume maior importância ao comparar-se os resultados obtidos no presente estudo com os de GROHMANN et al. (1956), RESCK et al. (1980), SILVA et al. (1985), SILVA & PAIVA (1985) e TÁVORA et al. (1985) que verificaram elevadas perdas de matéria orgânica por erosão e BUCHAMAN & KING (1993) que determinaram menores perdas e maior decomposição de matéria orgânica quando os restos eram deixados à superfície. Acrescente-se que a conservação da matéria orgânica pelo **mulch** constitui um importante aspecto na diminuição das perdas de P de acordo com resultados obtidos por BARROWS & KILMER (1963).

#### 4.4. PRODUTIVIDADE DO SOLO

Os rendimentos das culturas utilizadas no consórcio, e, por seu intermédio, uma avaliação da produtividade do Podzólico em estudo, nos diferentes tratamentos estudados, são mostrados nos Quadros 4 e 5.

Adicionado à melhoria das condições físicas, o decréscimo nas perdas de solo e nutrientes proporcionado pela cobertura de bagaço de cana contribuiu para aumentos médios de 4,9 t/ha para a mandioca e 0,5 t/ha para o caupi nas parcelas protegidas (18,3 t/ha e 1,3 t/ha) quando comparados às parcelas desprotegidas (13,4 e 0,8 t/ha). O aumento médio obtido igual 53,8% e 261,9%, respectivamente para a mandioca e o feijão, nas parcelas com **mulch** foi ainda mais significativo quando comparado à testemunha sem aplicação de nenhuma técnica conservacionista, em concordância com os

Quadro 4. Resultados médios do número de vagens, peso de vagens e grãos e o rendimento de cultura do feijão-de-corda, em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha.

Tratamento (1)	Feijão-de-corda			
	Nº de vagens/planta	Peso da vagens	Peso dos grãos	Produtividade
		-----g-----		kg/ha
MAN	31,4 a	83,4 a	66,0 a	1.320,8 a
DAN	16,7 b	46,0 b	33,2 b	665,6 b
MA	27, ab	80,6 a b	60,2 a	1.205,8 a
DA	22,5 ab	59,8 ab	42,3 ab	847,8 ab
T	10,8 c	24,5 c	17,9 b c	359,2 b c
DMS <sup>(2)</sup>	11,5	36,4	26,4	529,0

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

(1): MAN -Mulch, adubado e nitrogênio adicionado

DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado

MA - Mulch e adubado

DA - Descoberto e adubado

T - Testemunha

(2) DMS - Diferença mínima significativa

Quadro 5. Resultado médio da altura da planta, parte aérea e produtividade da cultura da mandioca em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha.

Tratamento(1)	Mandioca		
	Altura da planta m	Parte aérea g	Produtividade t/ha
MAN	1,42 a	840,0 a	16,0 a
DAN	1,52 a	925,0 a	13,7 a
MA	1,46 a	1.308,3 a	20,5 a
DA	1,45 a	1.553,3 b	13,0 a
T	1,37 a	823,3 a	11,9 b
DMS(2)	0,12	478,24	7,70

Medias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

- (1): MAN - Mulch, adubado e nitrogênio adicionado  
 DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado  
 MA - Mulch e adubado  
 DA - Descoberto e adubado  
 T - Testemunha

(2): DMS - Diferença mínima significativa

trabalhos de MUZILLI, (1983), ELTZ et al. (1984a,b), CASTRO et al. (1986), e ELTZ et al. (1989) nos quais foi observada a superioridade da cobertura em relação ao preparo convencional. No que concerne à melhoria do nível de C, matéria orgânica, e condições microbiológicas a ela associadas, a retenção e reciclagem de nutrientes e aumento dos teores de Ca e Mg foram atributos químicos responsáveis pela excelência da prática de controle da erosão em estudo, no melhoramento e conservação da produtividade do Podzólico. Nas parcelas com cobertura, verificou-se diferença estatisticamente significativa apenas para o feijão com suplemento de N, em relação à parcela desprovida de **mulch** a qual produziu 655,2 kg a menos (Quadro 4). proporcionada pela cobertura morta.

Caso estas informações obtidas na presente pesquisa sejam devidamente aproveitadas nas tomadas de decisões de planejamento agrícola, extensão e pelos próprios agricultores muito poderia ser acrescentado à melhoria e sustentabilidade da produtividade dos solos do Ceará, nos quais as perdas por erosão vêm superando em até mais de dez vezes suas tolerâncias.

## 5 - CONCLUSÕES

1. As cinco chuvas de maior potencial erosivo no período úmido de 1994, em Fortaleza (CE), correspondendo a apenas 8,5% de 59 precipitações ocorridas no período de 21 de fevereiro a 20 de julho de 1994, atingiram 3.328,5 MJ.mm/ha.h, caracterizando-se como de elevada erosividade e sendo responsáveis por 44,8% do total de 7.401,7 MJ.mm/ha.h do índice de erosividade local determinado nessa estação do ano.

2. A eficiência da cobertura do bagaço de cana nas parcelas com e sem suplementação de N, foi demonstrada pela redução de, em média, 85% das perdas de solo e 52% das perdas de água, em relação ao manejo do solo sem a proteção dessa técnica conservacionista sob as mesmas condições de presença ou ausência do adubo nitrogenado suplementar.

3. Quando comparada aos tratamentos sem proteção, a cobertura morta também demonstrou elevada eficiência na conservação do nível de nutrientes e de matéria orgânica do solo reduzindo as perdas de N, P, K, Ca e Mg em 45%, 67%, 52%, 68% e 68%, respectivamente, e em relação à testemunha sem nenhuma prática conservacionista, aumentando o carbono orgânico em 28% e melhorando a produtividade do solo pelo aumento de 37% no rendimento da mandioca e de 63% no rendimento do caupí.

4. O dimensionamento dos benefícios da cobertura do solo com bagaço de cana-de-açúcar possibilitou expressivo avanço no conhecimento de tecnologia de controle eficiente da erosão direcionado à conservação e aprimoramento da produtividade do solo com vistas à estabilidade e economia na produção agrícola do Ceará.

R624616 .

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

## 6 - LITERATURA CITADA

- BARISAS, S. G., BAKER J. L., JOHNSON H. P., LAFLEN. J. M. Efect of tillage systems on runoff losses of nutrients: a rainfall simulation study. Am. Soc. Agric. Eng. 8:893-897, 1978.
- BARROWS, H. L. & KILMER V. J. Plant nutrient losses from soil by water erosion. Adv. Agron. 15:303-317, 1963.
- BERTHAL I & D. J. MIQUELLUTE. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidos pelo cultivo de milho. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, V. 28, nº 10, p. 1205-1213, 1993.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará. Recife, 1973, v. 1. 310p. (Série Pedagogia, 16).
- BUCHAMAN, M. & KING, L. D. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional-till agroecosystems. Agron. Journ. 85:631-638, 1993.
- CAMPOS FILHO, O. R.; SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A. P. de e LEPRUN, J. C. Avaliação de perdas de solo e de água num Podzólico Vermelho-Amarelo orto do Agreste de Pernambuco. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, 26:1057-1062, 1991.

- CASTRO, O. M. de, LOMBARDI NETO F., QUAGGIO J. A, MARIA DE IC, VIEIRA, S. R & DECHEN, S. C. F. Perdas por erosão nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistema de manejo. R.bras. Ci. Solo. 10:293-297, 1986.
- COELHO, M. A. & MOTA, F. O. B. Regimes hídrico e térmico de solo do Estado do Ceará I - Podzólico Vermelho-Amarelo, equivalente eutrófico, do município de Fortaleza. Ciên. Agron., Fortaleza, 8:3-8, 1978.
- DANTAS, A. B. Controle da erosão, melhoramento das propriedades físicas e aumento da produtividade de Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico pela cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. 1995. 84 p. (Tese de Mestrado).
- ELTZ, (a) F. L. F.; CASSOL, E. A; GUERRA, M. & ABRÃO, P.U.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8:245-249, 1984.
- ELTZ, (b) F. L. F.; CASSOL, SCOPEL I & GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. R. bras. Ci. Solo. 8:117-125, 1984.
- ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistema de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um latossolo bruno álico. R. bras. Ci. Solo, 13:259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. 247p.

FREITAS, P. L. de & CASTRO, A. F. de. Estimativas das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Brasília. 1980. 19p.

GALINDO, I.C.de L. e MARGOLIS. E. Tolerância de perdas por erosão para solos do Estado de Pernambuco. R. bras. Ci. Solo, Campinas. 13:95-100, 1989.

GROHMANN, VERDADE F. F. C. e MARQUES, J.Q.A.. Perdas de elementos nutritivos pela erosão. II - Elementos minerais e carbono. Bragantia, 15:361-370, 1956.

HUDSON, N. H. Soil conservation. 2nd. ed. Cornell University Press. Ithaca, 1981, 354p.

LAL, R. Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils. In: S.A. El-Swaifi, W.C. Moldenhauer e LO, A. Ed. Soil erosion and conservation. SCSA. Ankeny. 1985, 786p.

LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Ibadan, International Institute of Tropical Agriculture, 1974. 37p. (Technical Bulletin, 1).

MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola. 4ª Ed. Editora Ceres, São Paulo, 1976. 576 p.

- MARGOLIS, E; MELLO NETO, A.V.de; ANDRADE, J.E. de P. e SILVA, A. B. da. Efeito do estágio de desenvolvimento da cultura do milho sobre as perdas por erosão. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4:193-195, 1980.
- MELO FILHO, J. F. & SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um podzólico vermelho-amarelo no Ceará. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17:291-297, 1993.
- MELO FILHO, J. F. de. Comparação dos sistemas de manejo plantio direto e convencional na conservação do solo e água e produtividade da cultura do milho em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico. Fortaleza, UFC, 1991. 75p. (Tese de Mestrado).
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. R. bras. Ci. Solo. 7:95-102, 1983.
- 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, junho, 1981. 96p. (Tese de Mestrado).
- RESK, D. V. S., M. de S. Figueiredo, B. Fernandes M. Resende & T.C.A. da Silva. R. bras. Ci. Solo. 4:188-192, 1980.
- SILVA, J. R. C & PAIVA, J. B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de Litossolo. R. bras. Ci. Solo. 9:77-80, 1985.

- SILVA, J. R. C. Erosão, conservação e produtividade do solo: integração às atividades de ensino, pesquisa e extensão da Universidade Federal do Ceará. Relatório Parcial de Atividades para o CNPq. DCS/UFC Fortaleza, 1996. 94 p.
- SILVA, J. R. C. Perdas de solo e água por erosão: métodos de determinação e conversão da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) para o sistema internacional de unidades. CCA/UFC, 1991. 28p. (Mimeografado).
- SILVA, J. R. C.; COELHO, M. A.; MOREIRA, E. G. S. e OLIVEIRA NETO, P. R. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. Ciên. Agron., Fortaleza, 16:55-63, 1985.
- SINGER, M. J. e BLACKARD, J. Evaluation of wild oat straw as a soil erosion retardant using simulated rainfall. Agron. Journ. 69: 811-814, 1977.
- TÁVORA, M. R. D., SILVA, J. R. C., HERNÁNDEZ, F. F. F., SAUNDERS L. V. C. & MOREIRA, E. S. G. Perda de solo, água e nutrientes em Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico de Ubajara - CE. R. bras. Ci. Solo. 9: 63-66, 1985.
- TAYLOR W. A. Phosphorus and water pollution. Journ. Soil Wat. Cons. 6: 229-231, 1967.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Boletim Agrometeorológico. CCA/UFC/DENAE Fortaleza, JAN/JUN, JUL/DEZ, nº 110/111, 1994. 34p.

**Apêndice 1** - Resultado das análises físicas e químicas do perfil do solo.

Análises físicas e químicas do perfil.

Características físicas.

Horizonte		Composição granulométrica				Argila	Índice de	Propriedades hídricas		Densidade	
Símbolo	Profundidade	A. grossa 2 - 0.2	Areia fina 0.2 - 0.05	Silte 0.05-0.002	Argila < 0.002	natural	floculação	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	do solo	de partículas
	cm	%								g/cm <sup>3</sup>	
A <sub>2</sub>	0 - 9	45	32	8	15	4	73	8.7	4.4	1.54	2.65
AB	9 - 37	29	24	10	37	13	65	17.2	10.2	1.34	2.60
Bt <sub>1</sub>	37 - 84	24	19	14	43	8	81	20.3	12.7	1.30	2.62
Bt <sub>2</sub>	84-119	23	19	22	36	8	78	19.4	12.1	1.32	2.56

Características químicas.

Horizonte		C	N	Materia	P	pH	C.E.	Complexo					Sortivo			
Símbolo	Profundidade			orgânica		em água	a 25° C Ext. sat.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>	Al <sup>+++</sup>	S	T	V
	cm	%			ppm		d/sm	mE/100g de solo					--%			
A <sub>2</sub>	0 - 9	0.51	0.03	0.88	3	4.9	0.55	0.8	0.5	0.22	0.11	2.3	0.2	1.7	4.0	42
AB	9 - 37	0.41	0.03	0.71	1	4.4	0.47	1.0	0.7	0.16	0.12	3.0	0.3	1.8	4.8	37
Bt <sub>1</sub>	37 - 84	0.37	0.03	0.64	1	4.8	0.38	1.8	1.1	0.11	0.12	0.7	0.1	3.1	3.8	81
Bt <sub>2</sub>	84 - 119	0.29	0.02	0.50	2	4.9	0.27	1.4	0.9	0.13	0.10	0.7	0.1	2.6	3.3	79