

EFEITOS DE CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO
NA PRODUTIVIDADE DE SOLO LITÓLICO

c342653

Francisco José da Silva

SAU

BCT/UFC CATIVO

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

Universidade Federal do Ceará

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Fortaleza-Ceará

1995

631.4
558e
1995
ex.1

UFC/BU/BCT 23/05/1997



R660825
C342653
T631.4

Efeitos de cordões de pedra em
contorno

S58e

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)

S58e Silva, Francisco José da.

Efeitos de cordões de pedra em contorno na produtividade de solo litólico. / Francisco José da Silva. – 1995.

63 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 1995.

Orientação: Prof. Dr. José Ronaldo Coelho Silva.

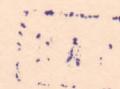
1. Agronomia. I. Título.

CDD 631.4

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 de conformidade com as normas da ética científica.

Francisco José da Silva



Dissertação aprovada em 12 / 09 / 95

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

Prof. Elder Gurgel Souza Moreira, Dr.

Profa. Carmem Sílvia Corrêa Bueno, Ms.

Aos meus pais, JOSÉ RODRIGUES DA SILVA e FRANCISCA RODRIGUES DE SOUZA,
pela apoio e incentivo.

Dedico

Agradecimentos

O autor expressa seus agradecimentos às seguintes instituições e pessoas:

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de aperfeiçoamento;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida;

À Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCENAME), pela realização das análises do solo;

Ao professor José Ronaldo Coelho Silva, pela orientação dedicada durante a condução deste trabalho;

Aos professores Elder Gurgel Souza Moreira e Carmem Sílvia Corrêa Bueno pelas sugestões e críticas apresentadas;

Aos Engenheiros Agrônomos Carlos Henrique Martins Ximenes e Heloísa Helena Franco Leitão pela colaboração nos trabalhos de campo;

Ao administrador local da Fazenda Lavoura Seca, Sr. João Crisóstomo de Paiva;

Aos colegas de curso pelo convívio e amizade;

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo.

Sumário

| | |
|---|------|
| LISTA DE QUADROS | vii |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| RESUMO | ix |
| SUMMARY | x |
| 1 – INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 – REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 – Práticas conservacionistas x erosão | 3 |
| 2.2 – Erosão x produtividade | 6 |
| 2.3 – Erosão x assoreamento | 9 |
| 3 – MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 3.1 – Local do projeto de pesquisa | 13 |
| 3.2 – Características da área | 13 |
| 3.2.1 – Tamanho e uso atual | 13 |
| 3.2.2 – Clima | 13 |
| 3.2.3 – Solo | 13 |
| 3.3 – Construção dos cordões de pedra em contorno | 15 |
| 3.4 – Preparo da área para instalação do experimento | 15 |
| 3.5 – Delineamento experimental | 15 |
| 3.6 – Tratos culturais | 18 |
| 3.6.1 – Desbaste | 18 |
| 3.6.2 – Capinas | 18 |
| 3.6.3 – Combate a pragas | 18 |
| 3.7 – Colheita | 18 |
| 3.8 – Medidas biométricas | 19 |
| 3.9 – Análises físicas e químicas | 19 |
| 3.10 – Estimativa da massa de sedimentos retidos pelo cordão de pedra em contorno | 22 |
| 3.11 – Análise estatística | 22 |
| 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 4.1 – Efeito dos cordões de pedra em contorno sobre as características físicas e químicas do solo nas áreas R e D | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.1 – Características físicas | 23 |
| 4.1.2 – Carbono, nitrogênio e matéria orgânica | 23 |
| 4.1.3 – Características químicas | 24 |
| 4.1.4 – Controle da erosão, formação natural de patamares e estimativa da deposição de sedimentos | 29 |
| 4.2 – Efeito dos cordões de pedra em contorno na produtividade do feijão e do milho nos tratamentos RF, RM, DF e DM | 31 |
| 4.2.1 – Feijão | 34 |
| 4.2.2 – Milho | 34 |
| 5 – CONCLUSÕES | 40 |
| 6 – LITERATURA CITADA | 41 |
| APÊNDICES | 47 |
| Apêndice 1 – Características botânicas do feijão e do milho | 48 |
| Apêndice 2 – Quadros 4 e 5: Parâmetros obtidos nas culturas do feijão e do milho nas áreas R e D | 50 |
| Apêndice 3 – Descrição dos perfis R, D e M | 55 |
| Apêndice 4 – Quadros 6, 7, 8 e 9: Análises físicas e químicas do solo nas áreas de remoção, deposição e modal | 58 |
| Apêndice 5 – Quadros 10 e 11: Rendimento médio do feijão e do milho em Quixadá, Ceará, Nordeste e Brasil nos anos de 1984 a 1993 | 63 |

Lista de quadros

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 – Características físicas e químicas da camada superficial do solo (0-15 cm), em áreas de remoção e deposição de sedimentos, antes e após o cultivo | 25 |
| QUADRO 2 – Resultados médios dos parâmetros obtidos com o feijão-de-corda nos tratamentos RF e DF | 32 |
| QUADRO 3 – Resultados médios dos parâmetros obtidos com o milho nos tratamentos RM e DM | 33 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 – Mapa da Microrregião Homogênea 68, destacando o município de Quixadá-CE, com a localização da pesquisa | 14 |
| FIGURA 2 – Mapa de solos da Fazenda Lavoura Seca com suas classes de capacidade de uso | 16 |
| FIGURA 3 – Esquema do experimento | 17 |
| FIGURA 4 – Percentagens de nitrogênio, carbono e matéria orgânica da camada 0-15 cm, nas áreas de remoção (R) e deposição (D), antes e após o cultivo do solo, observando-se o notável enriquecimento da área de deposição, pelo acúmulo do húmus e desses elementos transportados da área de remoção | 26 |
| FIGURA 5 – Teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio, alumínio e fósforo nas áreas R e D antes do experimento | 27 |
| FIGURA 6 – Teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio, alumínio e fósforo nas áreas R e D após o experimento | 28 |
| FIGURA 7 – Esquema de deposição do solo desagregado, transportado e retido sob forma de sedimentos pelo cordão de pedra em contorno, com a suavização do declive formando um patamar natural. À medida que as plantas se afastam da barreira antierosiva, sua altura diminui | 30 |
| FIGURA 8 – Produtividade média do feijão e do milho nos tratamentos RF, RM, DF e DM | 35 |
| FIGURA 9 – Plantas de feijão atrofiadas na área de remoção, com o solo apresentando manchas claras, pelo efeito da erosão hídrica | 36 |
| FIGURA 10 – Plantas de feijão vigorosas e produtivas, com o solo apresentando cor escura, pelo acúmulo de matéria orgânica, na área de deposição | 36 |
| FIGURA 11 – Plantas de milho mostrando as diferenças de altura das plantas, altura de inserção das espigas e comprimento das espigas, nos tratamentos RM e DM | 38 |
| FIGURA 12 – Plantas de milho formando um gradiente de altura, em função da proximidade do cordão de pedra, onde a deposição proporcionou maior profundidade efetiva e melhores condições físicas e químicas do solo | 39 |

Resumo

Pesquisas prévias demonstraram a eficiência de cordões de pedra em contorno na redução do comprimento dos declives, na redução das taxas de enxurradas e de erosão, na retenção de sedimentos e nutrientes e no decréscimo do assoreamento de reservatórios. As dimensões desses benefícios em termos de produtividade do solo em regiões semiáridas, entretanto, permanecia desconhecida. Este trabalho foi conduzido no sentido de determinar os efeitos de cordões de pedra em contorno na produtividade do solo, avaliada pelos rendimentos de culturas em um Solo Litólico, após treze anos de proteção por essa prática de conservação do solo e da água, em Quixadá (CE).

Determinações da produção de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Wolp.) e milho (*Zea mays* L.) foram realizadas em parcelas localizadas imediatamente acima dos cordões de pedra em contorno, onde era evidente a deposição de sedimentos em camadas de até 30 cm de espessura e em parcelas distantes 19 m desses cordões, onde a remoção da camada arável foi detectada através de análises morfológicas, químicas e físicas dos perfis do solo em ambas as áreas onde as culturas foram desenvolvidas.

Os aumentos do número de vagens de feijão/planta, número de grãos/planta e peso de grãos/planta nas áreas de deposição ao longo dos cordões de pedra foram de 48,6%, 140,0% e 86,4%, respectivamente, quando comparados a esses parâmetros determinados nas áreas de remoção. Esses aumentos, significativos ao nível de 5%, afetaram o rendimento do feijão o qual foi 85,5% maior nas áreas de deposição.

A produção de milho foi também afetada beneficamente pelos cordões de pedra em contorno, posto que, o rendimento onde houve deposição (1.368 Kg/ha) foi 16,5% maior que em áreas de remoção (1.174 Kg/ha), embora somente aumentos na altura das plantas (12,3%) e no comprimento das espigas (20,7%) foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Essa prática conservacionista induziu marcantes melhoramentos na qualidade do solo relacionada a aumentos na profundidade efetiva, porosidade, água disponível, matéria orgânica, N, pH, soma de bases, saturação de bases e capacidade de troca de cátions e diminuição no teor de Al em camadas cuja massa equivale a 780 t/ha de preciosos sedimentos retidos pelos cordões de pedra após 13 anos de controle da erosão.

Summary

Previous research demonstrated the effectiveness of contoured lines of stones in reducing slope lengths, decreasing runoff and erosion rates, retaining sediments and nutrients and in decreasing the siltation of reservoirs. The dimensions of those benefits in terms of soil productivity in semiarid regions, however, remained unknown. This study was conducted in order to determine the effects of contoured lines of stone on soil productivity as measured by crops yields on a Lithosol after thirteen years of protection by this soil and water conservation practice in Quixadá, State of Ceará, Brazil.

Determinations of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Wolp.) and corn (*Zea mays* L.) yields were accomplished on plots located immediately above the contoured lines of stones where was evident sediments deposition in layers of up to 30 cm thick and on plots distant 19 m of those lines where topsoil removal was detected through morphological, chemical and physical analisys of the soil profiles on both areas where crops were grown.

Cowpea pods number per plant, grain number per plant and grain weight per plant increases in deposition sites along the stone lines were 48.6%, 140.0% and 85.5%, respectively, when compared to these parameters determined in removal sites. These increases affected cowpea yield which was 85.5% greater in deposition sites, significant at the 5% level.

Corn production was also affected beneficially by contoured stone lines since yield in deposition sites (1,368 Kg/ha) was 16.5% higher than in removal sites (1,174 Kg/ha) although only increases in plant height (12.3%) and cob lenght (20.7%) were significant at the 5% level.

This conservation practice induced marked improvements in soil quality as related to increases in effective depth, porosity, available water, organic matter, N, pH, sum of bases, base saturation and cation exchange capacity, and decrease in Al content on layers whose mass amounted to 780 t/ha of precious sediments retained by the stone lines after 13 years of erosion control.

1 – Introdução

Na região semiárida do Nordeste, a ausência de práticas conservacionistas e a alta intensidade das chuvas que ocorrem na fase de preparo dos solos rasos e com baixos teores de matéria orgânica, como os Solos Litólicos, aumentam a erosão e as taxas superaram em até mais de quatro vezes a tolerância de perdas de solo.

Essas elevadas taxas de erosão têm provocado, ao longo dos anos, consequências prejudiciais à produtividade do solo, à integridade do meio-ambiente e à renda do agricultor, em função da redução da área agricultável, do baixo rendimento das culturas, do assoreamento de rios e reservatórios ocasionando enchentes, da eutrofização das águas e sua poluição com fertilizantes e/ou pesticidas carreados pelas enxurradas e dos danos às estradas prejudicando o fluxo dos insumos e da produção agrícola.

As associações com Solos Litólicos são bastante representativas em termos de área no Ceará, ocupando cerca de 27.000 km², ou seja, 18,75% da superfície do Estado e ocorrem em todas suas zonas fisiográficas (Brasil, 1973). Face às suas características de moderada à alta erodibilidade, pequena profundidade efetiva, presença de pedregosidade, altas taxas de desmatamento e uso predatório em agricultura de subsistência, os Solos Litólicos requerem uma criteriosa e maior atenção conservacionista que a dispensada até o presente nesse Estado (Silva, 1994).

Com base na constatação da suscetibilidade dos Solos Litólicos à erosão Silva & Paiva(1985) recomendaram sua conservação através do emprego de cordões de pedra em contorno, ao demonstrarem sua eficiência na redução do assoreamento de reservatórios de água e de benefícios que os sedimentos retidos proporcionavam na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas desses solos. Essa prática funciona como uma barreira antierosiva, segmentando o comprimento dos declives e forçando a deposição de sedimentos nas áreas onde é construída, formando patamares naturalmente. Impede o desgaste do solo provocado pela exportação de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica, aumentando sua profundidade efetiva e a infiltração com melhoria no armazenamento de água para as plantas, pela diminuição do volume e velocidade das enxurradas (Rosso, 1982; Shaxson et al., 1989).

Enquanto esses benefícios, que os cordões de pedra em contorno proporcionam no controle da erosão, na melhoria das propriedades do solo e na redução do assoreamento

já foram comprovados em pesquisas anteriores, suas dimensões em termos de produtividade do solo, avaliada pelo rendimento de culturas em região semiárida, permanecia desconhecido.

Fundamentado nos efeitos que os cordões de pedra, em contorno proporcionam à conservação do solo e da água, o presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- a) Avaliar as características físicas e químicas do solo em áreas de remoção e deposição de sedimentos sob influência de cordões de pedra em contorno;
- b) Estimar a massa de sedimentos retidos através do controle da erosão proporcionado pelos cordões de pedra em contorno, após treze anos de sua construção, em área de pastagem do Solo Litólico em estudo;
- c) Avaliar a eficiência dos cordões de pedra em contorno no rendimento das culturas, em áreas sob sua proteção, quando comparado àqueles obtidos nas áreas onde predominam processos de remoção e transporte de sedimentos.

2 – Revisão de Literatura

2.1 – PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS X EROSÃO

Segundo Corrêa (1959), a erosão do solo agrícola não é um fenômeno novo, que se observa na terra apenas há poucos anos; já as civilizações antigas sentiam os malefícios da sua existência e procuravam controlá-la.

De acordo com Geraldi et al. (1993), no Brasil a utilização das terras demonstra que há muito pouco tempo, apenas, se observa o desenvolvimento das denominadas práticas de controle à erosão.

As regiões tropicais apresentam maior suscetibilidade à erosão que as temperadas, principalmente por seu regime de chuvas, com maior precipitação média anual e um número muito maior de chuvas erosivas (Hudson, 1971).

Nas áreas declivosas, começam a aparecer perdas nas enxurradas, sempre que a intensidade de precipitação ultrapassa a capacidade de infiltração do solo. É um dos fenômenos mais ativos na pedogênese e na morfogênese. Além das consequências diretas à agricultura pela exportação das camadas do solo mais adequadas ao crescimento das plantas, promove ainda o aparecimento de perfis truncados nas partes atingidas pelo processo de perda e de perfis enterrados, nas partes de acumulação dos materiais (Oliveira, 1972).

Segundo Oliveira (1981), durante o inverno, chuvas de grande intensidade caindo sobre as áreas com declividade e cultivadas sem proteção conservacionista, originam a desagregação, transporte e deposição das partículas de solo e consequentemente promovem a decapitação de seus horizontes e a poluição por sedimentos nos rios, açudes, estradas e áreas em cultivo.

As práticas de controle da erosão agrícola consistem no uso intensivo de práticas conservacionistas através do manejo adequado do solo e de culturas, de forma a reduzir a desagregação das partículas do solo e o seu transporte para as partes baixas dos terrenos, assoreando e destruindo os recursos naturais (Brasil, 1993).

As boas práticas conservacionistas, segundo Taylor (1967), são aquelas que previnem a erosão de maneira efetiva e controlam a poluição das águas por fósforo proveniente da agricultura.

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1985), as práticas conservacionistas podem ser divididas em vegetativas, edáficas e mecânicas, onde se utiliza a própria vegetação, se trate de modificações no sistema de cultivo, ou se recorra a estruturas artificiais construídas mediante a remoção ou disposição adequada de porções de terra.

Andrade et al. (1986), estudando práticas conservacionistas no controle de erosão em Catolé do Rocha (PB), para culturas isoladas e consorciadas, verificaram que as perdas de solo na cultura do algodão + renques de capim-bufel em contorno foram 19% inferiores ao plantio em nível sem uso de renques.

Margolis (1978) mostrou que as faixas de vegetação permanente, constituídas por capim-sândalo (*Vertiveria zizanioides* Stapf), diminuíram 68% as perdas de solo quando comparadas com o milho isolado morro abaixo.

Segundo Margolis & Mello Netto (1976), os renques de capim-sempre-verde (*Panicum maximum* Jacq.) apresentaram resultados altamente positivos no combate à erosão no Agreste de Pernambuco, para a cultura do milho isolado, com redução de 90% nas perdas de solo e 70% nas de água, em relação ao plantio em contorno sem renques.

Baruqui & Fernandes (1985) demonstraram que o plantio em contorno pode reduzir até 50% as perdas de solo, além de diminuir as de água por escoamento superficial e elevar a produção.

A utilização de faixas de retenção pode reduzir as perdas de solo de cerca de 29,5t/ha para 2,4t/ha, e o escoamento superficial de 7,3% para 1% do total de chuva caída em áreas com declive entre 6,3 e 10,8% com precipitação anual de 1.300mm (Lima & Sávio Netto, 1969).

Nunes Filho et al. (1990), avaliando os efeitos de algumas práticas conservacionistas nas perdas de solo e água por erosão, sob chuva natural, num solo Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, textura franco arenosa, declividade de 4%, em Serra Talhada, Sertão do Pajeú (PE), observaram que no consórcio milho + feijão + algodão arbóreo, os renques de capim-bufel reduziram as perdas de solo em 22% e, de água, em 25%, em relação ao tratamento sem renques.

Em estudo realizado num solo Litólico Eutrófico com 12% de declive, Margolis et al. (1985), constataram que as faixas de vegetação permanente, plantadas com capim-sempre-verde, promoveram uma redução de 91,5% nas perdas de solo e 67,0% nas perdas de

água de escoamento, quando comparadas com o plantio do milho morro abaixo. Constataram ainda, que o plantio em contorno e a alternância de capinas, por sua vez, apresentaram, quando comparados com o plantio morro abaixo, para a cultura do milho, reduções de 36,0 e 82,6% respectivamente, nas perdas de solo, e 21,5 e 62,8% respectivamente, nas de água.

Schuman et al. (1973), verificaram que as curvas de nível reduziram grandemente a perda de fósforo pela redução do escoamento e da erosão em experimentos conduzidos durante os anos de 1969, 1970 e 1971.

A erosão no cultivo em contorno e nos terraços planos foi menor do que a tolerância de perda de solo (T), tendo sido observado que, com mais de 51mm de drenagem de uma única tempestade e com uma enxurrada total de 152mm, a perda de solo foi somente 6,5t/ha, bem abaixo do valor T de 11,2t/ha; e que os teores de nutrientes da enxurrada foram muito baixos, não se colocando como uma ameaça de poluição da água (Jones et al., 1985).

Bragagnolo & Mieliñczuk (1990) objetivando avaliar o efeito da cobertura sobre a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho, constataram que o emprego de seqüências de cultura e consorciações com alta produção de resíduos culturais deixados sobre a superfície do solo, foi possível reduzir as perdas de água por evaporação e evitar altas temperaturas de solo, propiciando melhores condições para a germinação e desenvolvimento inicial das plantas.

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-se que as perdas em áreas terraceadas eram cerca de 33% daquelas que ocorriam em áreas com simples cultivos em curvas de nível. Nessas áreas determinou-se perdas de 57kg/ha de N; a maior parte deste estava sob a forma orgânica; portanto, não disponível para uso imediato pelas plantas. Já o fósforo, as perdas totais nos sedimentos e em solução não excederam 1,9kg/ha, sendo que 90% dos quais estavam nos sedimentos. Com estes resultados, Alberts et al. (1978), concluíram que o terraceamento reduziu as perdas de N e P cerca de dez vezes, quando comparadas com as perdas ocorridas em áreas com simples plantio em nível.

A conservação do solo através de patamar, consiste em fazer barreiras de pedra ou vegetal, com tração manual, animal ou mecânica, tornando as áreas impróprias à agricul-

tura, então utilizadas pelos agricultores com graves problemas de erosão, em áreas cultiváveis e tecnicamente recomendadas para tal (Rosso, 1982).

Para controle da erosão dos solos, é recomendado o estabelecimento de cordões em contorno com pedras nas áreas com alta pedregosidade. Estes cordões, além de protegerem o solo de perdas por escorramento superficial de água, tem a vantagem de facilitar as práticas de manejo dos solos e das culturas, após a remoção das pedras (Klant & Stammel, 1983).

Todos os efeitos benéficos das práticas conservacionistas abordados pelos autores citados, podem, em maior ou menor escala, ocorrerem quando utilizam-se os cordões de pedra em contorno.

2.2 – EROSÃO X PRODUTIVIDADE

Segundo Dedecek (1987), o aumento do custo de produção para recuperar a produtividade do solo pode ser superior aos gastos com medidas de controle dos efeitos da erosão, e nem sempre a recuperação é possível. O autor afirma ainda que, considerando-se uma perda simulada de 5 cm de solo por ano, comparável à perda por erosão de uma camada de 5mm, a redução de produtividade do solo seria de 32,5% anual.

Sparovek et al. (1991) estudando erosão simulada e a produtividade da cultura do milho, num Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico endoálico de textura argilosa, no Município de Piracicaba (SP), deduziram que após a remoção do horizonte superficial, mesmo com correção com calcário e adubação pesada, pode-se atingir produtividades apenas comparáveis às do solo original, o que permitiu concluírem que a remoção de terra provocou uma elevada queda no rendimento de grãos de milho nos tratamentos estudados.

Baena & Dutra (1979), evidenciaram um retardamento no crescimento das plantas de milho com o aumento da densidade e diminuição da porosidade do solo em Terra Roxa Estruturada Eutrófica.

A remoção de 30 a 40 cm da camada superficial reduziu significativamente o rendimento do milho, embora altos teores de N e Zn compensaram de certa forma as perdas de rendimento (Olson, 1977). Ainda no mesmo trabalho, observou-se que a preparação de um canteiro nos subsolos expostos provou ser difícil e a crosta inibiu a emergência do

milho. Com esses resultados, o autor concluiu que para evitar perdas na produtividade, a camada superficial deveria ser reservada e se possível recolocada.

Silva et al. (1985), evidenciaram o declínio de 27,7% na produção de milho em parcela com horizonte B exposto, quando comparada à parcela com erosão laminar ligeira, principalmente pelo surgimento de más condições químicas das camadas de subsuperfície do solo, impedindo ou retardando o desenvolvimento normal do sistema radicular das plantas.

Tanaka & Aase (1989), ao estudarem a influência de remoção da camada superficial e da aplicação de fertilizantes nos rendimentos do trigo, observaram que em três de cinco anos, a remoção do solo reduziu os rendimentos do trigo numa média de 9%, 28% e 45% para remoção de 6 cm, 12 cm e 18 cm de solo respectivamente, em comparação com a média do tratamento zero cm de remoção do solo. Observaram ainda, que em geral, 70kg/ha de N e 20kg/ha de P aumentaram os rendimentos dos grãos nas remoções de 6 cm, 12 cm e 18 cm de solo para no mínimo o mesmo rendimento sem N ou P com zero cm de remoção de solo.

Em estudo conduzido para comparar as propriedades do solo em fase de erosão ligeira, moderada e severa, e também para determinar o efeito da erosão anterior no rendimento dos grãos de milho, em um solo arenoso fino, Mokma & Sietz (1992), constataram que, com o aumento do grau de erosão, a espessura do solum diminuiu de 135 cm para 56 cm; o conteúdo de argila, a densidade, o pH e a CTC do solo aumentaram no horizonte Ap, enquanto que o carbono orgânico diminuiu; as médias de rendimento do milho para terrenos severamente erodidos foi 21% menor que nos terrenos levemente erodidos, num período médio superior a 5 anos; a maturidade do milho foi levemente atrasada pelo aumento da erosão.

Vieira et al. (1978), citam Barrows & Kilmer, ao afirmarem que o material erodido é mais rico em nutrientes e matéria orgânica, do que o solo que permanece, principalmente quando as perdas de solo são pequenas. Os autores citam ainda Taylor e Lal, os quais constataram que as perdas de nutrientes, como fósforo, potássio, cálcio e magnésio e de matéria orgânica, geralmente acompanham proporcionalmente as perdas de solo.

Resck et al. (1980), estudando a intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo, utilizando-se simulador de chuva, concluíram que ocorreram perdas consideráveis dos elementos, considerando-se o curto período de aplicação das chuvas,

sendo o cálcio perdido em maior quantidade, seguido de magnésio, potássio, alumínio e fósforo, ordem semelhante à composição original do solo. Os autores dizem ainda que Grohmann & Catani encontraram no solo transportado 2 vezes mais matéria orgânica; 2,8 mais P_2O_5 ; 2,3 mais K_2O e 1,9 mais CaO do que o solo original.

O teor de matéria orgânica e o pH do solo foram os atributos que condicionaram mais significativamente o rendimento da cultura do arroz nas camadas superficiais; e em profundidade, o teor de matéria orgânica passou a ter menor importância na determinação do rendimento, sendo o pH e os teores de fósforo disponível e magnésio trocável seus principais condicionantes. Os autores concluíram também que a queda de rendimento com a profundidade de remoção de terra, observada em muitos perfis, faz com que a erosão dos solos estudados possa prejudicar a sua produtividade potencial (Sparovek et al., 1993).

Távora (1984), estudando a erodibilidade e perdas por erosão de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Areias Quartzosas Distróficas na região da Ibiapaba, Ceará, concluiu que o nitrogênio foi o nutriente que sofreu maiores perdas, totalizando 3,7kg/ha para Areias Quartzosas Distróficas e 36kg/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.

Sob irrigação, Eck (1968), verificou que a remoção da superfície do solo de 10, 20, 30 e 41 cm produz uma diminuição de nitrogênio de 40,6, 47,5, 58,7 e 64,7%, respectivamente.

Quando a erosão ocorre em uma terra cultivada, o solo erodido vem acompanhado dos nutrientes de plantas, presentes nas suas camadas superiores; o nitrogênio porque é mais solúvel e, o fósforo, porque é adsorvido pelas partículas mais finas do solo, os mais arrastados pelas enxurradas (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Munn et al. (1973), ao analisarem o efeito dos fatores solo, cobertura, declive e chuva sobre o solo e o movimento do fósforo sob condições de chuva simulada, verificaram que a quantidade de água drenada, de sólidos erodidos e fósforo na drenagem superficial aumentaram com o grau de declive e intensidade da chuva, e que, as concentrações de fósforo solúvel foi suficiente para eutrofizar a água.

Os valores de P e K disponíveis para as camadas de solo acima de 5 cm, foram em média, de acordo com Robbins & Voss (1991), 3,5 vezes maiores que os valores para as camadas de solo de 5 a 15 cm, em solos com camadas acima de 25 cm.

Malhi (1994), estudando o efeito de remoção da camada superficial, na fertilidade de um solo franco siltoso e no crescimento da cevada, constatou que, sem adição de fósforo, a produtividade da cevada diminui. O autor observou ainda que, com o aumento da profundidade de remoção da camada superficial de zero para 18 cm, a densidade aparente aumentou de 1,17 para 1,39Mg/m³, e que a erosão desta camada reduziu a concentração total de C, N e NO₃:N.

2.3 – EROSÃO X ASSOREAMENTO

Segundo Corrêa (1994), a erosão dos solos acarreta danos a outros recursos naturais, destacadamente à água, nos rios, reservatórios e lençóis freáticos, pelo assoreamento com terra carreada com fertilizantes e pesticidas químicos transportados. Diz ainda, que as enchentes dos rios, com inundação das cidades e áreas ribeirinhas, ocasionando estragos com sérios prejuízos econômicos, são, na maioria das vezes, originadas pelo assoreamento dos cursos d'água, por diminuírem o canal de escoamento, havendo deposição da terra no leito dos rios, resultante da ação da erosão hídrica sobre os terrenos cultivados e os desmatados. Por fim, conclui o autor, dizendo que o Brasil tem sua fonte principal de energia elétrica nas hidroelétricas, porém lamentavelmente, os reservatórios das hidroelétricas brasileiras estão sendo assoreados intensamente, pela falta de controle da erosão do solo nas bacias hidrográficas, especialmente nas áreas ocupadas com lavouras e pastos.

A utilização e conservação dos recursos hídricos constituem-se um dos componentes do sistema agrícola e, como tal, não deve ser implementado isoladamente, mas sim em harmonia com os demais. Isto porque, além de considerar-se o requerimento de água para a produção vegetal, deve-se levar em conta, também, o consumo familiar e animal, a fim de não se comprometer o atendimento às necessidades totais de água da propriedade, principalmente quando esse recurso for escasso no imóvel (CPATSA, 1982).

Enquanto a erosão numa grande escala resulta na perda de solo superficial e fertilidade, a acumulação dos sedimentos nas outras áreas gera problemas de inundação, cheia e danos para estruturas hidráulicas. Os efeitos negativos desse processo de erosão e depo-

sição poderá ser minimizado por um manejo adequado das bacias hidrográficas (Srinivasan & Aquino, 1983).

A erosão do solo causa a acumulação de sedimentos nas partes mais baixas dos terrenos, consistindo em materiais mais grosseiros, porém os mais finos, em muito maior volume, são transportados pelas enxurradas, ocasionando, nos córregos, rios, canais e acumulações de água, problemas, cujos principais são: redução da capacidade dos córregos e reservatórios; aumento dos custos das fontes de suprimento de água; danos para a fauna silvestre e aquática; acréscimo dos custos de manutenção dos canais e rios navegáveis; diminuição do potencial de energia; questões de irrigação e drenagem; acréscimo dos custos dos caminhos e estradas; prejuízos em casas e cidades (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Em áreas de declividade de até 15%, num período de 1,5 ano, os cordões impediram o carreamento de mais de uma tonelada de terra por ano, em cada cem metros lineares de seu comprimento, evitando o comprometimento da qualidade da água e aumentando a vida útil de uma barragem (Silva & Paiva, 1985).

Segundo Linsley & Franzini (1978), o assoreamento dos reservatórios não pode ser evitado, mas pode ser retardado por meio de técnicas de conservação do solo na bacia de drenagem, reduzindo a erosão através da construção de terraços, de cultivo e aração em curvas de nível e métodos similares.

De acordo com Villela & Ponce (1986), para que um reservatório fique totalmente assoreado pode ser necessário muito tempo; entretanto, na prática, a vida útil de um reservatório termina quando o volume assoreado for suficiente para impedir que o reservatório seja utilizado de acordo com os propósitos com que foi construído.

Silva & Freire (1986), estudando a estimativa de assoreamento de uma bacia hidrográfica de 46,3ha, localizada em Piracicaba (SP), concluiu que a produção de 407,5t de sedimentos por ano não ameaçava o reservatório, mesmo a longo prazo. Entretanto, a quantidade de sedimentos afetaria muito a qualidade da água e provocaria a depleção da capacidade de armazenamento do reservatório em um volume suficiente para o abastecimento anual de 10 pessoas ou de 90 ovelhas.

Silveira (1978), cita que Liechti & Haeberli verificaram que problemas havidos com sedimentação de silte no reservatório da barragem em Arco de Palagnedra, com 72m de altura, a taxa de depósito de silte foi de aproximadamente 80.000m³ por ano.

Segundo Döbereiner (1983), a zona de turbidez máxima é geralmente a maior fonte de sedimentos finos em estuários, e a sua localização define a área com maior potencial de assoreamento. Os autores afirmam ainda que, a agregação das partículas em suspensão é um dos fatores mais importantes no processo de deposição de sedimentos finos em estuários.

Barreto (1962), constatou que a disposição das diferentes coberturas que revertem a bacia hidrográfica da barragem “Monjolinho”, as perdas de solo e, também, o escoamento de água nessa bacia devem ser baixos; tal constatação levou o autor a concluir que durante os primeiros sete anos, o assoreamento se processou lentamente, não provocando redução ponderável na capacidade de armazenamento da bacia de inundação.

Brightetti & Nakae (1983), estudando as causas do assoreamento do Rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo, constataram que a transformação do recobrimento da bacia com tendência cada vez maior de impermeabilização de toda a superfície e por outro lado na fase de implantação e ocupação dos loteamentos, os grandes movimentos de terra retiram o recobrimento vegetal, deixam o solo inerte desprotegido, possibilitando grandes erosões com o carreamento do solo para as várzeas. Para solucionar o problema os autores concluíram que paralelamente ao dimensionamento do sistema mais vantajoso (técnica e economicamente) para remoção, transporte e disposição do material do leito era imprescindível a atuação junto aos movimentos de terra na periferia com o intuito de minimizar a saída de material dos mesmos, exigindo a adoção de práticas conservacionistas.

Aqrabi & Evans (1994), estudando a sedimentação nos lagos e pântanos do delta Tigre-Eufrates, ao sul da Mesopotâmia, observaram que os sedimentos são dominante-siltosos, com o silte compreendendo mais do que 60% dos sedimentos, e que o restante dos sedimentos consistem de quantidades variáveis de argila e areia.

Dendy (1968), estudando a sedimentação em reservatórios nos Estados Unidos da América do Norte, constatou que, enquanto as velocidades de sedimentação estão geralmente, nas exigências dos projetos na maioria dos reservatórios nacionais, muitos reservatórios pequenos, particularmente aqueles em canais, onde a terra é intensamente usada, estão perdendo suas capacidades de armazenagem muito mais rápido do que o original-

mente previsto. Afirma também que, se as velocidades de sedimentação continuarem, em torno de 20%, os pequenos reservatórios terão seu volume útil possivelmente assoreado. Em muitos casos, continua o autor, a utilidade deles estará seriamente comprometida em 30 anos.

Segundo Oliveira (1984), nos EUA, um estudo sobre reservatórios de abastecimento d'água e recreação existentes, mostra que, como resultado de assoreamento, 21% terão uma vida útil de menos de 50 anos (desde 1946), outros 25% durarão de 50 a 100 anos e somente 54% terão bastante acumulação para atender às necessidades de demanda por 100 anos.

3 – Material e Métodos

3. 1 – LOCAL DO PROJETO DE PESQUISA

O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Lavoura Seca pertencente à Universidade Federal do Ceará, situada no Município de Quixadá-CE, a 187 km de Fortaleza, no período de 18 de março a 5 de julho de 1994.

O Município de Quixadá é um dos componentes da Microrregião Homogênea 68 dos Sertões de Quixeramobim, e está situado entre as coordenadas geográficas de 04°58'00" de latitude sul e 39°01'09" de longitude a oeste de Greenwich. A figura 1 mostra a localização desta microrregião no Ceará.

3. 2 – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

3.2.1 – TAMANHO E USO ATUAL

A área em estudo é constituída de 4,5 hectares e está situada numa encosta ao norte de uma barragem vertedora, cuja água é utilizada para suprimento de parte da demanda da Fazenda Lavoura Seca.

Esta área estava há 13 anos sob uso atual de pastagem natural, com sinais de superpastejo por bovinos e ovinos em alguns locais.

3.2.2 – CLIMA

O clima é do tipo BSw'h e 4aTh nas classificações de Köppen e Gaussen respectivamente, com normal pluviométrica de 705mm, isoterma anual de 27°C e período de estiagem no segundo semestre (Brasil, 1973).

3.2.3 – SOLO

O solo em estudo é um Solo Litólico eutrófico A fraco, textura média, fase pedregosa, caatinga hipoxerófila, relêvo suave ondulado, substrato gnaisse. O horizonte A apre-

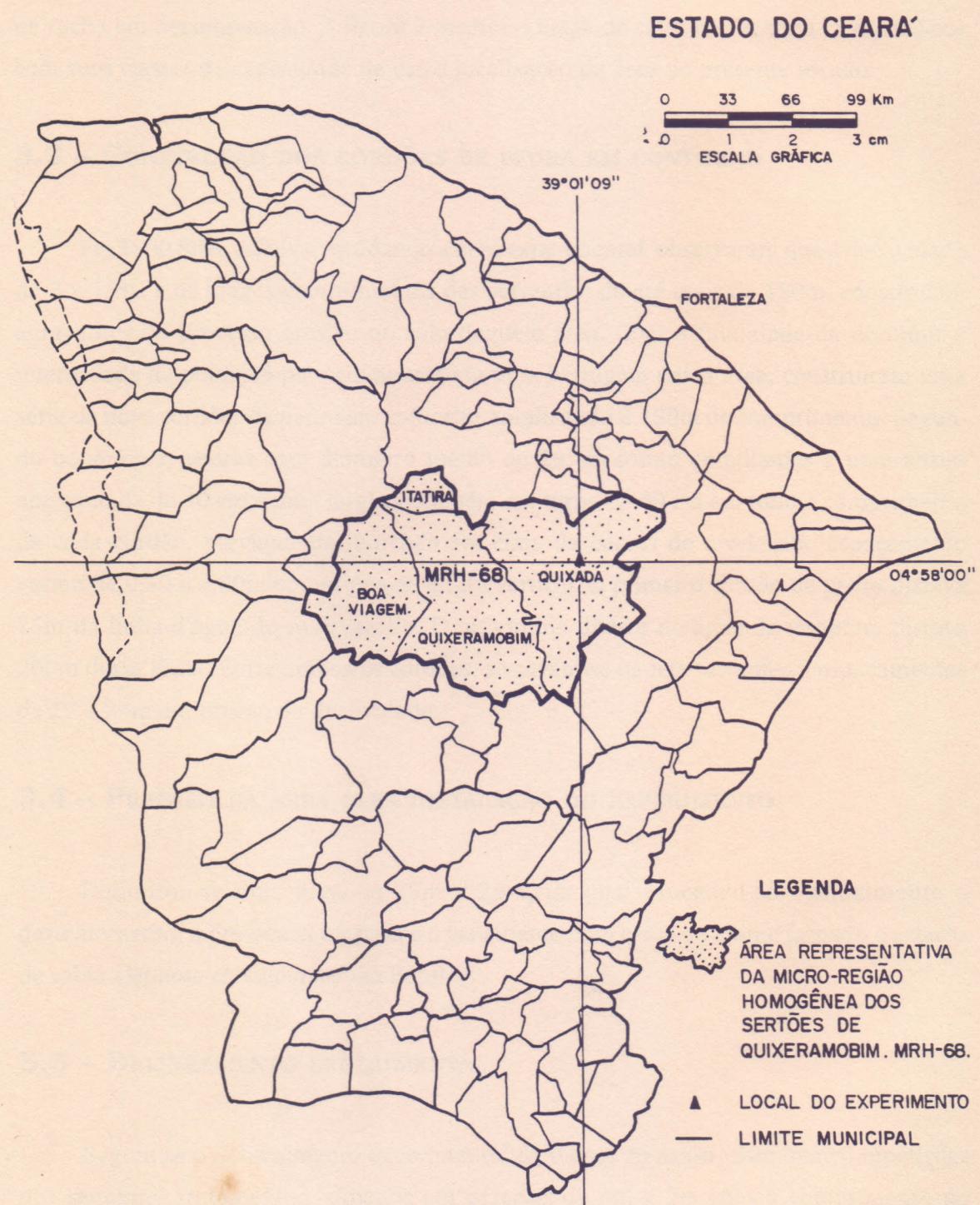


Figura 1. Mapa da Microrregião Homogênea 68, destacando o município de Quixadá-CE, com a localização da pesquisa.

senta profundidade de 10 a 25 cm, estando sobrejacente ao horizonte C com fragmentos de rocha em decomposição. A figura 2 mostra o mapa de solos da Fazenda Lavoura Seca com suas classes de capacidade de uso e localização da área do presente estudo.

3.3 – CONSTRUÇÃO DOS CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO

Em 1980 Silva & Paiva, estudando a área experimental, observaram que a declividade de 3 a 15%, e os longos comprimentos das vertentes, de até mais de 150m, constituíam agravantes do processo erosivo no solo daquela área. Com a finalidade de diminuir a intensidade da poluição por sedimentos em uma barragem nessa área, construíram uma série de nove cordões de pedra em contorno, totalizando 2.180m de comprimento. Segundo os autores, pedras com diâmetro médio de 15 cm foram empilhadas a uma altura aproximada de 40 cm e uma largura também em torno de 40 cm em todo o comprimento de cada cordão, previamente marcado em cima de curvas de nível, cujo espaçamento variou de 0,50 a 3,50m em termos de altura vertical. O primeiro cordão de pedra distava 15m da linha d'água do reservatório. O último, no divisor de água da vertente, distava 200m dessa linha. Entre ambos os cordões, situavam-se os sete restantes a espaçamentos de 17 a 24m em função da declividade.

3.4 – PREPARO DA ÁREA PARA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Delimitou-se uma área de 25m x 25m, na qual procedeu-se manualmente o desmatamento, a destoca, a limpeza e o isolamento com cerca de arame farpado e estacas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaeefolia* Benth.).

3.5 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Seguiu-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições dos seguintes tratamentos, situados em parcelas de 4m x 2m com o comprimento no sentido do declive: 1 – Remoção em área com feijão-de-corda (RF); 2 – Remoção em área com milho (RM); 3 – Deposição em área com feijão-de-corda (DF); 4 – Deposição em área com milho (DM). A figura 3 mostra o esquema do experimento.

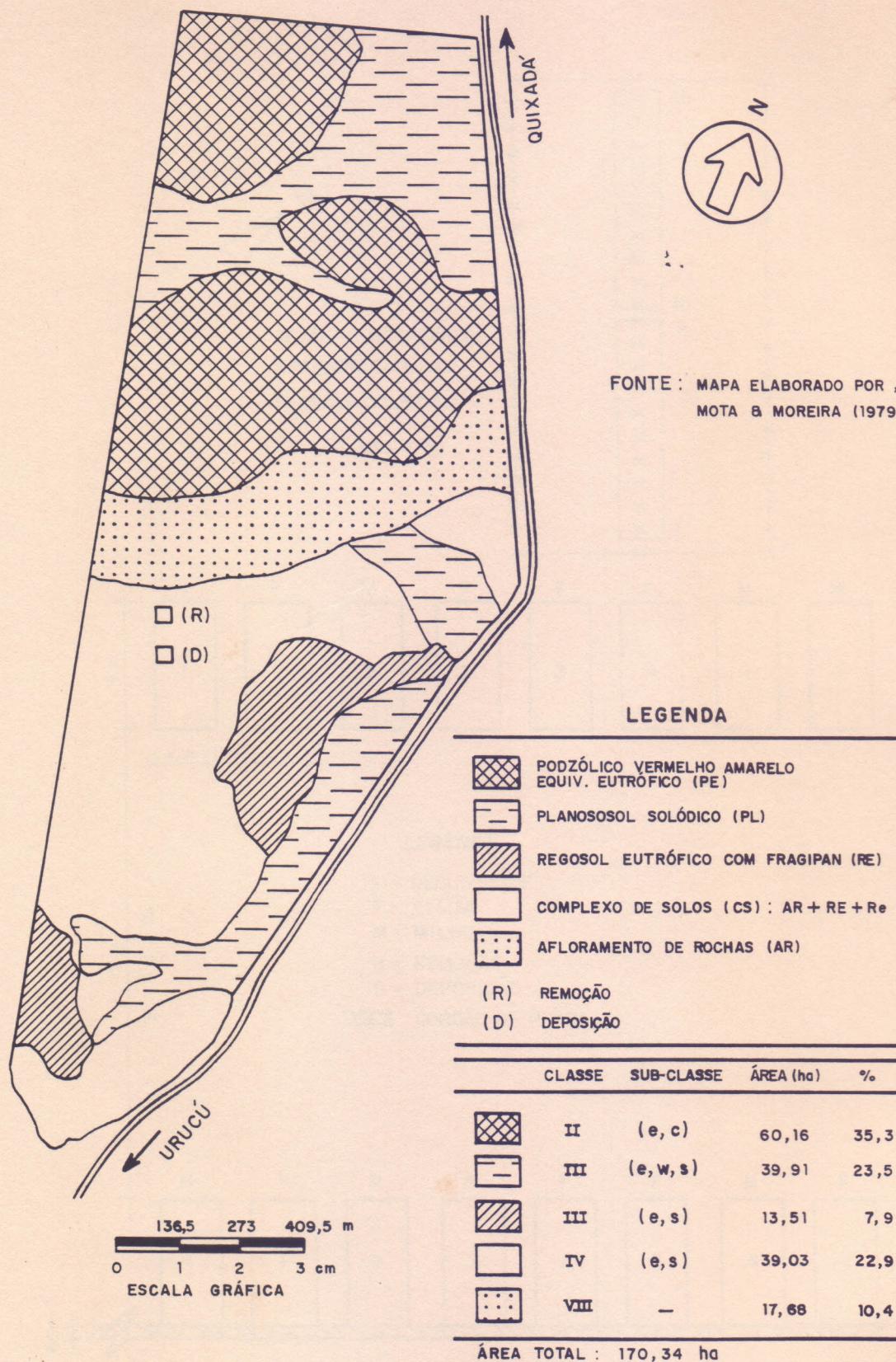


Figura 2. Mapa de solos da Fazenda Lavoura Seca com suas classes de capacidade de uso.

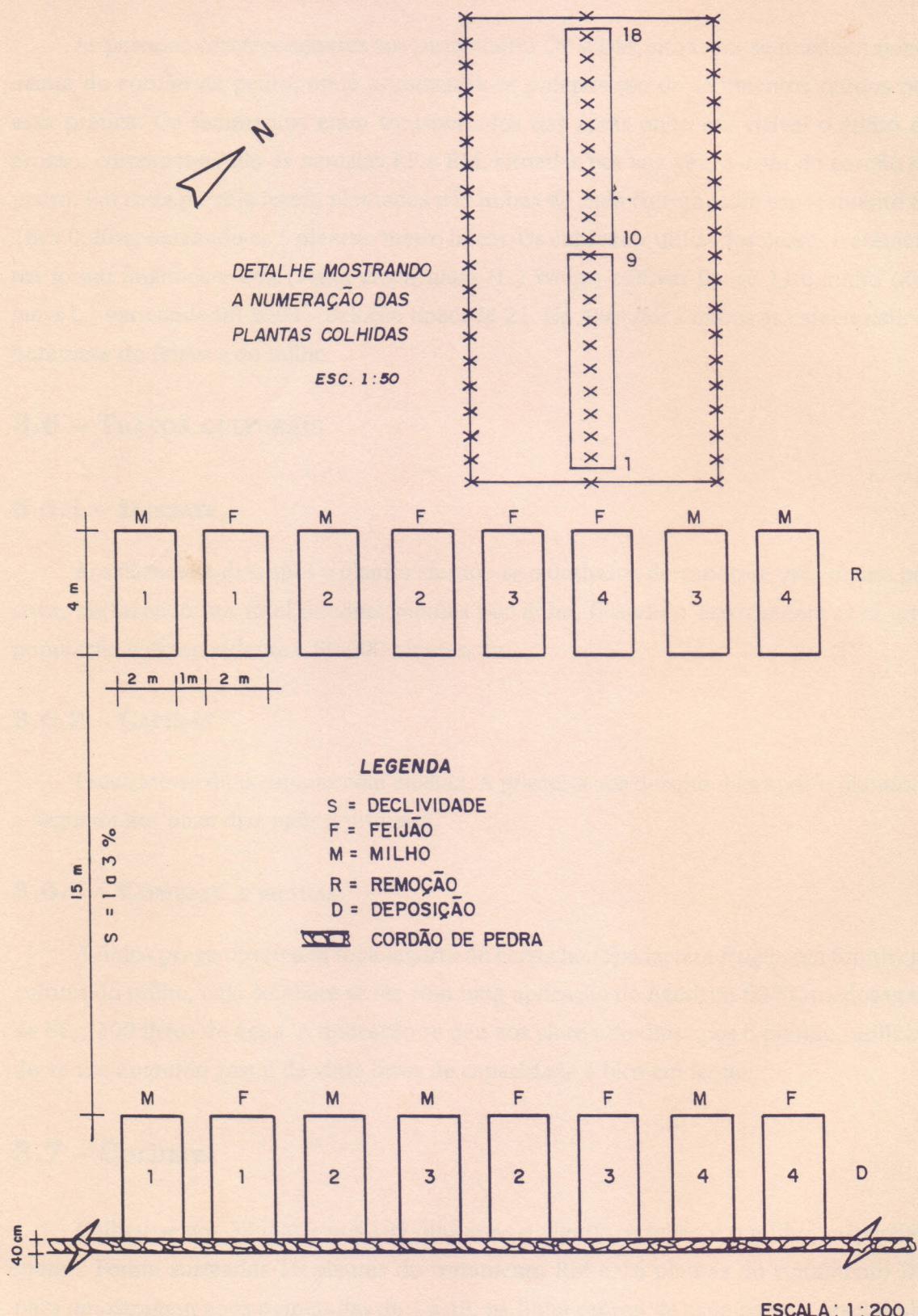


Figura 3. Esquema do experimento.

As parcelas correspondentes aos tratamentos DF e DM, situavam-se imediatamente acima do cordão de pedra, onde evidenciava-se a deposição de sedimentos retidos por essa prática. Os sedimentos eram transportados das áreas onde era visível o efeito da erosão, correspondendo às parcelas RF e RM, situadas por sua vez, a 19m do cordão de pedra. Em cada parcela foram plantadas três linhas de cada cultura, com espaçamento de 1m x 0,20m, deixando-se 5 plantas/metro linear. Os cultivares utilizados nesses tratamentos foram feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivar Espace 11 e milho (*Zea mays* L.) variedade BR 5004 – Seleção Espace M-21. No Apêndice 1 temos as características botânicas do feijão e do milho.

3.6 – TRATOS CULTURAIS

3.6.1 – DESBASTE

Aos dezessete dias após o plantio efetuou-se o desbaste, deixando-se uma planta por cova, perfazendo um total de vinte plantas por linha, ficando o experimento com uma população correspondente a 50.000 plantas/ha.

3.6.2 – CAPINAS

Procedeu-se duas capinas com enxada. A primeira aos dezoito dias após o plantio, e a segunda aos onze dias após a primeira.

3.6.3 – COMBATE A PRAGAS

A única praga observada foi a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith) na cultura do milho, cujo combate se fez com uma aplicação de Azodrim 60 SC na dosagem de 80g/100 litros de água. A aplicação se deu aos vinte oito dias após o plantio, utilizando-se um aparelho costal de vinte litros de capacidade e bico em leque.

3.7 – COLHEITA

Colheu-se aos 83 dias e aos 109 dias após o plantio, o feijão e o milho, respectivamente. Foram sorteadas 16 plantas do tratamento RM e 16 plantas do tratamento DM para amostragem após numeradas de 1 a 18, na linha central de cada parcela, excluindo-se as bordaduras. Idêntico procedimento foi efetuado para as plantas das parcelas onde

utilizou-se a cultura do feijão, porém a amostragem totalizou 15 plantas no tratamento RF e 15 no tratamento DF em face da ocorrência de perda de duas plantas durante o processo de amostragem.

Os feijoeiros colhidos foram acondicionados em sacos de papel e as plantas de milho em folhas de jornal. O acondicionamento objetivou evitar as perdas do material colhido e umidade, pelo vento e pela ação dos raios solares, durante o transporte até o laboratório. Na figura 3 temos representado em detalhe a numeração das plantas colhidas.

3.8 – MEDIDAS BIOMÉTRICAS

Determinou-se pesos úmidos e secos dos grãos e parte aérea das plantas utilizando-se uma balança digital antes e após a secagem desses materiais em estufa a 60°C durante 48 horas.

No feijão determinou-se ainda o número de vagens/planta, número de grãos/vagem, comprimento das vagens e número total de grãos. No milho determinou-se número de espigas/planta, comprimento de espigas e número de grãos/espiga.

A altura foi medida com fita métrica a partir do colo das plantas até seus ápices. Os parâmetros obtidos nas culturas do feijão e do milho se encontram nos quadros 4 e 5 do apêndice 2.

Em todos os tratamentos determinou-se o rendimento (kg/ha) das culturas uniformizando-se o peso seco dos grãos para umidade de 13%, seguindo-se procedimento descrito por Silva & Silva (1991), através da seguinte fórmula: $PC = P (100 - U)/87$, onde

PC = peso corrigido para um teor de umidade de 13%;

P = peso avaliado após a colheita;

U = teor de umidade dos grãos, determinado após avaliação de P.

3.9 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Objetivando avaliar as características físicas e químicas do solo e seu relacionamento com a produtividade realizou-se antes e após o plantio uma amostragem composta de

três volumes de terra de 500 cm³ na profundidade de 0-15 cm com três repetições, coletadas em três locais diferentes tanto da área de remoção (R), quanto da área de deposição de sedimentos (D).

Após o experimento, abriu-se três trincheiras. A primeira localizou-se na área R, a segunda na área D e a terceira, modal (M), localizou-se fora da área experimental. Descreveu-se cada perfil, seguindo-se o Manual de Método de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS (1976). O Apêndice 3 mostra a descrição dos perfis.

Com relação às análises físicas e químicas, coletou-se o solo de todos os horizontes de cada perfil. Obteve-se os resultados, seguindo-se o Manual de Métodos de Análise de Solo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) da EMBRAPA (1979), utilizando-se os seguintes métodos:

- Composição granulométrica: determinada pelo método da pipeta, usando-se o hidróxido de sódio 1N como dispersante.
- Classificação textural: obtida pelo triângulo textural, segundo U.S.D.A.
- Grau de floculação (GF): determinada pela fórmula

$$GF = \frac{\text{Argila total} - \text{Argila natural}}{\text{Argila total}} \times 100$$

- Porosidade calculada (PC): obtida pela fórmula

$$PC = \frac{\text{Densidade de partícula} - \text{Densidade global}}{\text{Densidade de partícula}} \times 100$$

- Densidade global: determinada pelo método da proveta.
- Densidade de partícula: obtida pelo método do balão volumétrico.
- Umidade a 1/3 atm e 15 atm: determinadas gravimetricamente em amostras deformadas, empregando-se o extrator de Richards de placas porosas.
- Água útil: obtida pela diferença entre umidade a 1/3 atm e 15 atm.
- pH em água: determinado potenciometricamente na relação solo : água de 1:1.
- Condutividade elétrica (CE): obtida no extrato aquoso, usando-se a relação água : solo de 1 : 1.

Para os cátions trocáveis (cálcio, magnésio, potássio e sódio), utilizou-se o acetato de amônio 1N pH 7,0, determinando-se:

- Cálcio e magnésio por titulação com EDTA;
- Potássio e sódio por fotometria de chama;
- Hidrogênio e alumínio trocáveis por extração com acetato de cálcio 1N pH 7,0, titulando-se a acidez resultante com hidróxido de sódio 0,1 N, usando-se a fenolftaleína como indicador.
- Soma de bases (S): obtida pela fórmula $S = \text{cálcio} + \text{magnésio} + \text{potássio} + \text{sódio}$.
- Capacidade de troca de cátions (CTC): determinada pela fórmula $\text{CTC} = S + (\text{hidrogênio} + \text{alumínio})$.
- Saturação de Bases (V): obtida pela fórmula $V = \frac{S}{\text{CTC}} \times 100$
- Saturação por alumínio (m): determinada pela fórmula $m = \frac{\text{alumínio}}{\text{CTC}} \times 100$
- Percentagem de Sódio Trocável (PST): obtida pelo fórmula

$$\text{PST} = \frac{\text{Sódio}}{\text{CTC}} \times 100$$
- Carbono: determinado por oxidação da matéria orgânica do solo com solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico.
- Nitrogênio: obtido pelo método de Kjeldahl.
- Matéria orgânica: determinada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724, fator utilizado em virtude de se admitir que na composição média do húmus o carbono participa com 58%.
- Fósforo disponível: o fósforo disponível foi extraído com $(\text{HCl } 0,05 \text{ N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025 \text{ N})$ e obtido por calorimetria.

Os resultados das análises se encontram nos quadros 6, 7, 8 e 9 do *apêndice 4*.

3.10 – ESTIMATIVA DA MASSA DE SEDIMENTOS RETIDOS PELO CORDÃO DE PEDRA EM CONTORNO

A massa de sedimentos, em t/ha, retida pelo cordão de pedra, foi estimada através do cálculo do volume de terra da secção transversal da camada de acumulação de sedimentos, estendida ao longo de 100 metros de comprimento do cordão de pedra após treze anos de sua construção. Essa secção transversal tinha a forma de um triângulo retângulo cuja altura era a espessura da camada em contato direto com o cordão de pedra. A base desse triângulo era formada pela superfície aplanaada do patamar e sua hipotenusa pela linha formada pela superfície original do terreno em declive de 3% determinado antes da construção dos cordões. A área desse triângulo (m^2) multiplicada por 100 m forneceu o volume de terra acumulada, o qual multiplicado pela média da densidade global dessa camada determinada em três repetições, indicou a massa de terra retida. O número de quatro cordões por hectare, em função dessa declividade, permitiu somar as quatro camadas de terra para ter-se a massa de sedimentos retida nessa superfície, e dividindo-se essa massa por treze anos, obteve-se a média anual de deposição e retenção de sedimento.

3.11 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

Efetuou-se a análise de variância dos parâmetros obtidos e de rendimento das culturas de feijão e milho nos tratamentos em estudo, aplicando-se o teste de Tukey a 5% para comparar as médias (Gomes, 1987). Utilizou-se o programa MINITAB para uso em microcomputador nessa análise estatística.

4 – Resultados e Discussão

4.1 – EFEITO DOS CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SÓLIDO NAS ÁREAS R E D

4.1.1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Ao se comparar as características físicas do solo nas áreas de remoção e deposição antes do cultivo, observou-se que apenas a areia grossa diminuiu seu percentual na área de deposição (quadro 1). Quando se comparou essas características após o cultivo, as frações areia apresentaram-se com valores inferiores aos determinados antes do preparo e cultivo do solo, na área de deposição. Nessa situação, o teor de argila foi mais que o dobro, influenciando beneficamente tanto a capacidade de troca de cátions quanto a disponibilidade de água. A melhoria nas propriedades de retenção e armazenamento de água do solo, influenciada pelo aumento do teor de argila, pode ser avaliada pela água útil que aumentou em 77,4% na camada de deposição em relação à de remoção (Shaxson et al., 1989). Esse acréscimo foi consequência direta do aumento da ordem de 147,9% e 239,0%, respectivamente, na água retida a 1/3 atm e 15 atm. A menor porosidade no tratamento R também influenciou o conteúdo de água no solo, com reflexos negativos na produtividade (Baena & Dutra, 1979; Melo Filho, 1991 e Malhi et al., 1994).

4.1.2 – CARBONO, NITROGÊNIO E MATÉRIA ORGÂNICA

A comparação dos valores de carbono, nitrogênio e matéria orgânica nas áreas de remoção e deposição, indica que o nitrogênio praticamente se manteve constante, antes do cultivo do solo (figura 4). De forma semelhante, porém, ao que ocorreu com as características físicas, o efeito benéfico da prática conservacionista em estudo materializou-se através do aumento dessas características do solo na área de deposição, onde os teores de nitrogênio e matéria orgânica foram respectivamente 2,2 e 2,8 vezes maiores que na área de remoção, após o cultivo. Esse notável aumento da matéria orgânica, constituiu um dos efeitos mais significativos do ponto de vista de melhoria da produtividade do solo proporcionado pelo cordão de pedra, pois atingiu um patamar que supera em cerca de 180% os teores desse constituinte do solo em regiões semiáridas do Ceará (Brasil, 1973). Esse

acréscimo assume maior importância ao verificar-se que, ao contrário de climas mais frios, onde ocorre um maior acúmulo de matéria orgânica, em clima quente e seco, como o do presente estudo, as taxas de oxidação e as perdas desse constituinte do solo, são bastante aceleradas. Em consequência, a diminuição da densidade global, aumento da porosidade, aumento da retenção e disponibilidade de água e aumento da capacidade de troca de cátions determinados na área de deposição (quadro 1) está coerente com o aumento desse material orgânico nela detectado (Malhi et al., 1994). A relação C/N igual a 21,5 indica que, cerca da metade do nitrogênio contido na matéria orgânica estaria disponível para as plantas, pois na faixa de 15 a 30 a taxa de mineralização é aproximadamente igual à de imobilização. Em nenhuma das amostragens, a relação C/N foi maior que 30, quando a imobilização excede a mineralização do nitrogênio. Esses resultados confirmam observações semelhantes também determinadas por Silva & Paiva (1985).

4.1.3 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Antes da implantação das culturas, na área exposta à remoção, o cálcio e potássio apresentaram-se, respectivamente, com teores 57,1% e 31,9% inferiores em relação aos teores desses elementos na área de deposição (figura 5). O magnésio e o sódio praticamente não apresentaram variação, porém o fósforo mostrou o mais acentuado decréscimo (85,7%) na camada de remoção onde apresentou apenas 0,04 meq/100 g quando comparada à de deposição na qual seu teor elevou-se a 0,2 meq/100 g (Tanaka & Aase, 1989).

O contraste entre o empobrecimento da área onde ocorreu remoção e, ao mesmo tempo, o enriquecimento e aumento da fertilidade da área onde houve a deposição pode ser ainda melhor avaliado após a extração de nutrientes pelo cultivo (figura 6). Nesse estágio, o cultivo favoreceu uma maior desagregação e transporte de solo, o qual continuou sendo retido pelo cordão de pedra em contorno, enriquecendo significativamente a área onde os sedimentos foram depositados. Dessa forma, o solo na área de deposição, não apenas satisfez a maior demanda das plantas, cuja produtividade aumentou em função de maior disponibilidade de água e melhores propriedades físicas. Como benefícios adicionais, nessa área o solo apresentou, em relação à área de remoção, incrementos de 417,9%, 200% e 73% para a soma de bases, capacidade de troca e saturação de bases respectivamente (quadro 1). Individualmente, conforme mostra a figura 6, o cálcio, magnésio, potássio e sódio foram, respectivamente, 5,8, 5,0, 1,4 e 2,9 vezes maiores nessa camada de deposição, embora permanecendo idênticos os teores de fósforo nas duas diferentes áreas após o cultivo (Vieira et al., 1978 e Resck et al., 1980).

Quadro 1. Características físicas e químicas da camada superficial do solo (0–15 cm), em áreas de remoção e deposição de sedimentos, antes e após o cultivo

| | Remoção | | Deposição | |
|--|------------------|----------------|------------------|----------------|
| | Antes do cultivo | Após o cultivo | Antes do cultivo | Após o cultivo |
| Areia grossa (%) | 43 | 38 | 35 | 28 |
| Areia fina (%) | 36 | 42 | 37 | 30 |
| Silte (%) | 12 | 11 | 17 | 17,5 |
| Argila (%) | 9 | 9 | 11 | 24,5 |
| Densidade global (g/cm³) | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| Densidade de partícula (g/cm³) | 2,6 | 2,7 | 2,6 | 2,6 |
| Porosidade calculada (%) | 47,5 | 43,5 | 47,5 | 48,6 |
| Umidade a 1/3 atm (%) | 9,5 | 9,4 | 12,4 | 23,3 |
| Umidade a 15 atm (%) | 4,2 | 4,1 | 6,9 | 13,9 |
| Água útil (%) | 5,3 | 5,3 | 5,5 | 9,4 |
| pH em água | 4,8 | 4,7 | 5,8 | 5,5 |
| S (meq/100 g) | 4,5 | 2,8 | 7,8 | 14,5 |
| T (meq/100 g) | 6,5 | 5,6 | 9,3 | 16,8 |
| V (%) | 69 | 50 | 84 | 86,5 |
| Profundidade do horizonte A (cm) | — | 19 | — | 26 |

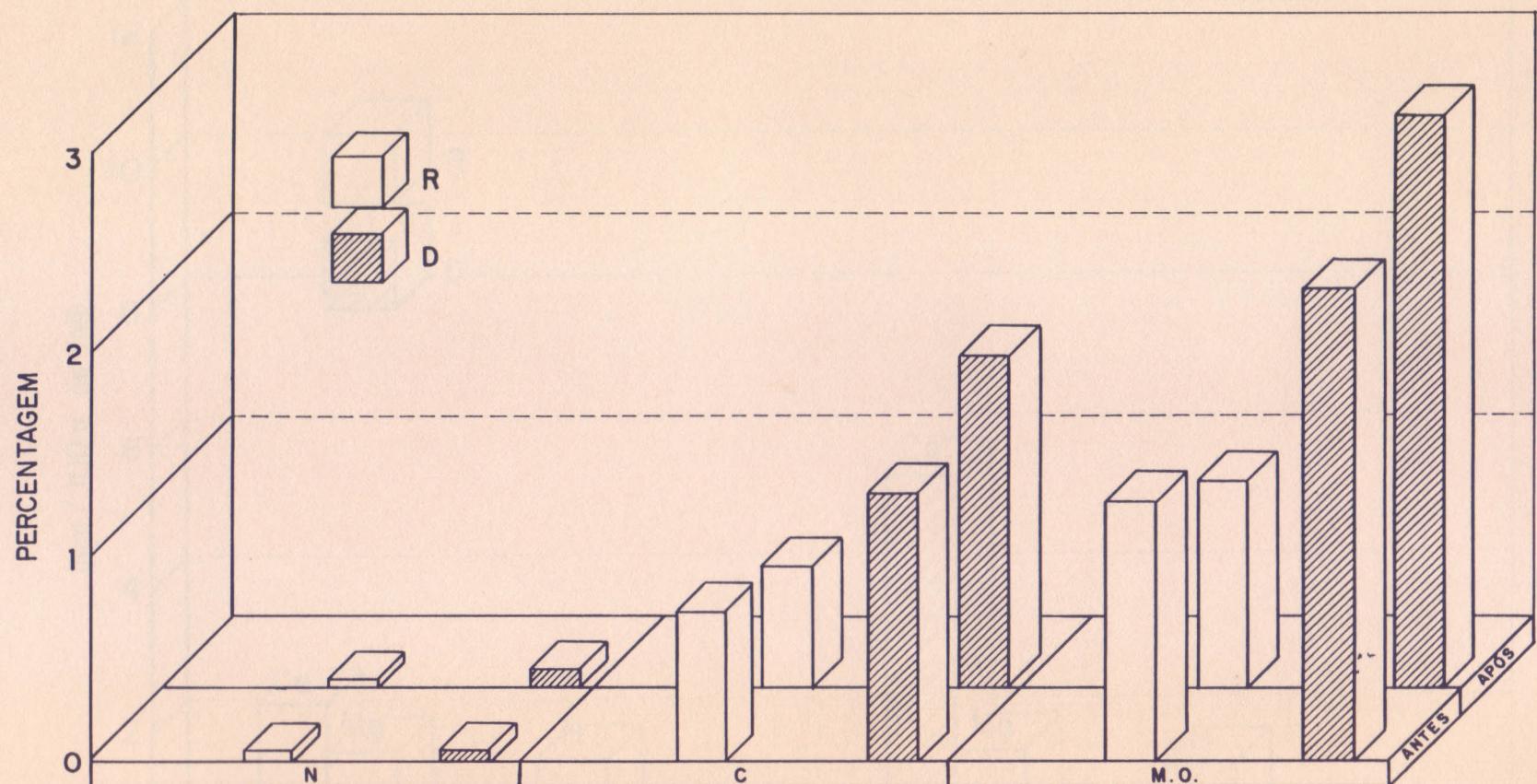


Figura 4. Percentagens de nitrogênio, carbono e matéria orgânica da camada 0 - 15 cm, nas áreas de remoção (R) e deposição (D), antes e após o cultivo do solo, observando-se o notável enriquecimento da área de deposição, pelo acúmulo do húmus e desses elementos transportados da área de remoção.

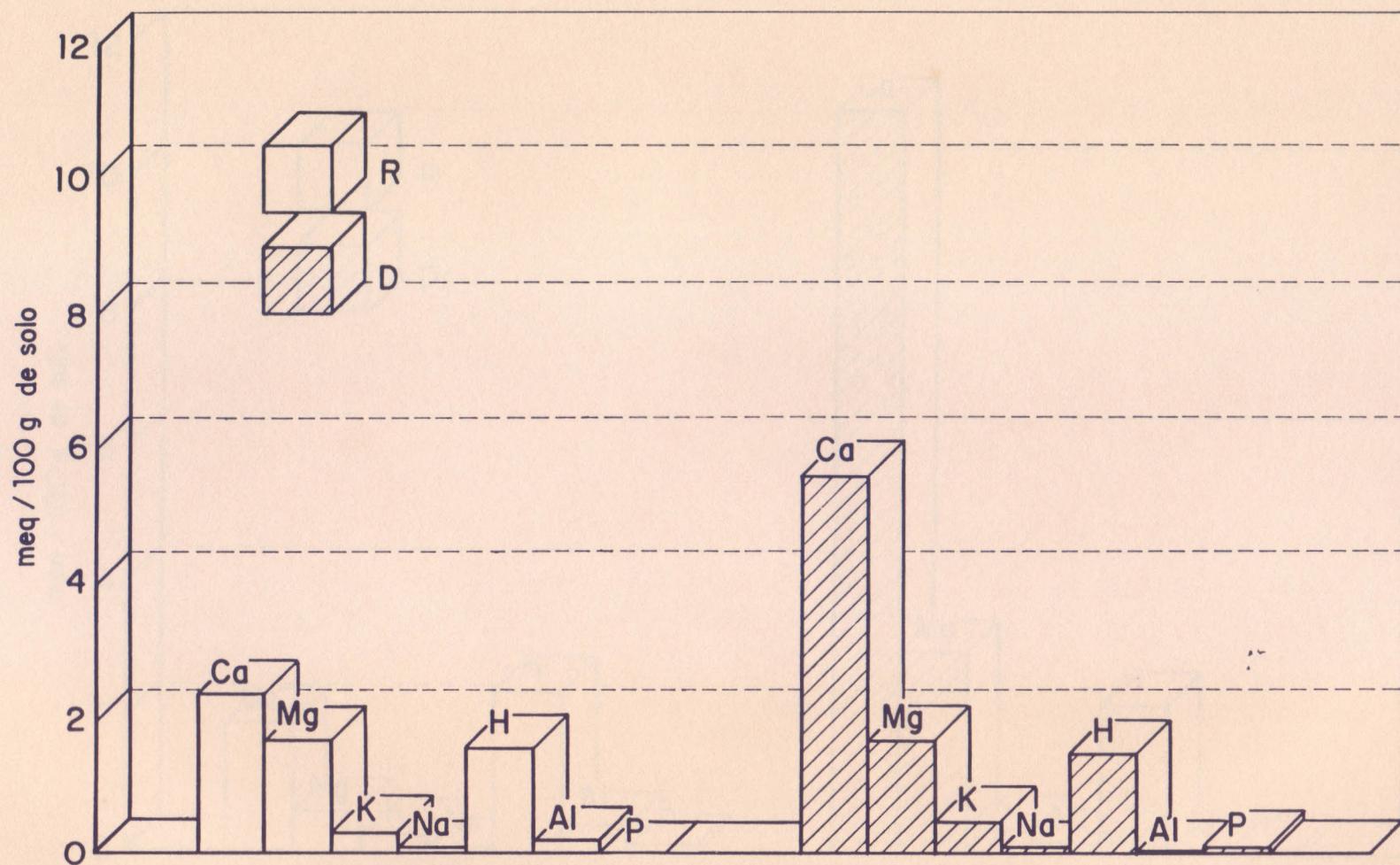


Figura 5. Teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio, alumínio e fósforo nas áreas R e D antes do experimento.

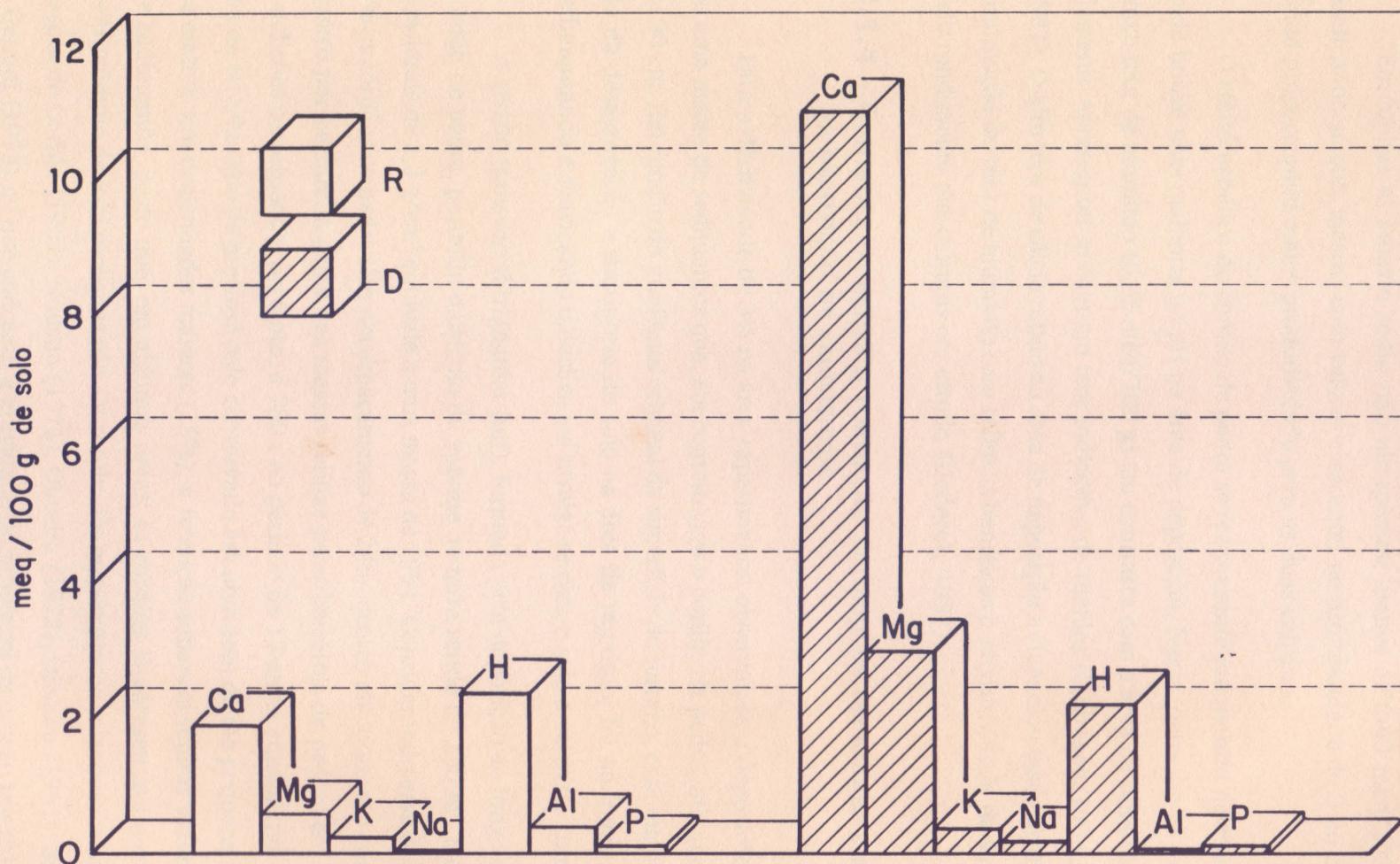


Figura 6. Teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio, alumínio e fósforo nas áreas R e D após o experimento.

Em ambas as áreas o sódio não ultrapassou limites de 0-40 meq/100 g de solo, verificando-se que, mesmo com valores crescentes na profundidade de 0-26 cm, a área D ainda proporcionou maior produtividade para as duas culturas.

O efeito benéfico do cordão de pedra se fez presente até mesmo na reação do solo, onde houve uma melhoria no pH na área de deposição. Nessa, detectou-se inclusive, um baixo teor de alumínio (0,05 meq/100 g) em contraste com a área de remoção onde esse elemento apresentou-se com um teor indicativo de toxidez (0,40 meq/100 g) (Filgueira, 1981). O alto teor de cálcio retido na área de deposição influenciou esse aumento no pH e diminuição do teor de alumínio com reflexos benéficos à produtividade do solo, avaliada pelo rendimento das culturas em estudo (Dedecek, 1987).

4.1.4 – CONTROLE DA EROSÃO, FORMAÇÃO NATURAL DE PATAMARES E ESTIMATIVA DA DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS

Para a declividade de 3% na área experimental observou-se a deposição e retenção de uma massa de sedimentos que, em contato com o cordão de pedra, atingia uma altura de 30 cm. Em função do gradiente original da superfície do terreno, esse material originário da desagregação e transporte do solo na área de remoção, foi ao longo de 13 anos sedimentando e suavizando o declive até nivelar-se com o solo a cerca de 10m (figura 7).

A secção transversal triangular (m^2), formada pela deposição ao longo de 100m do cordão de pedra, permitiu o cálculo do volume de terra retido de 150 m^3 , o qual, a uma densidade de 1,3 g/cm³ equivale a uma massa de 195 t. Considerando essa declividade de 3% os cordões de pedra têm um espaçamento de 24m, ocorrendo, portanto em número de quatro por hectare. A soma das massas retidas pelas barreiras de pedras em 1 ha nessas condições corresponde, portanto, a 780 t no período de 13 anos, equivalendo a uma média de 60 t/ha/ano de precioso solo conservado em uma área de tão pequena profundidade efetiva. Em declividades maiores (15%), a retenção superava muitas vezes essa massa de sedimentos, posto que, em algumas áreas, os cordões já apresentavam-se soterrados pelo acúmulo de solo transportado. Os resultados aqui expostos corroboram com as observações de Corrêa (1959), Hudson (1971), Oliveira (1972), Oliveira (1981), Brasil (1993) e Geraldi (1993) no que concerne à gravidade do problema da erosão nos trópicos, sujeitos à forte agressividade das chuvas, topografia acidentada e mau uso e manejo do solo.

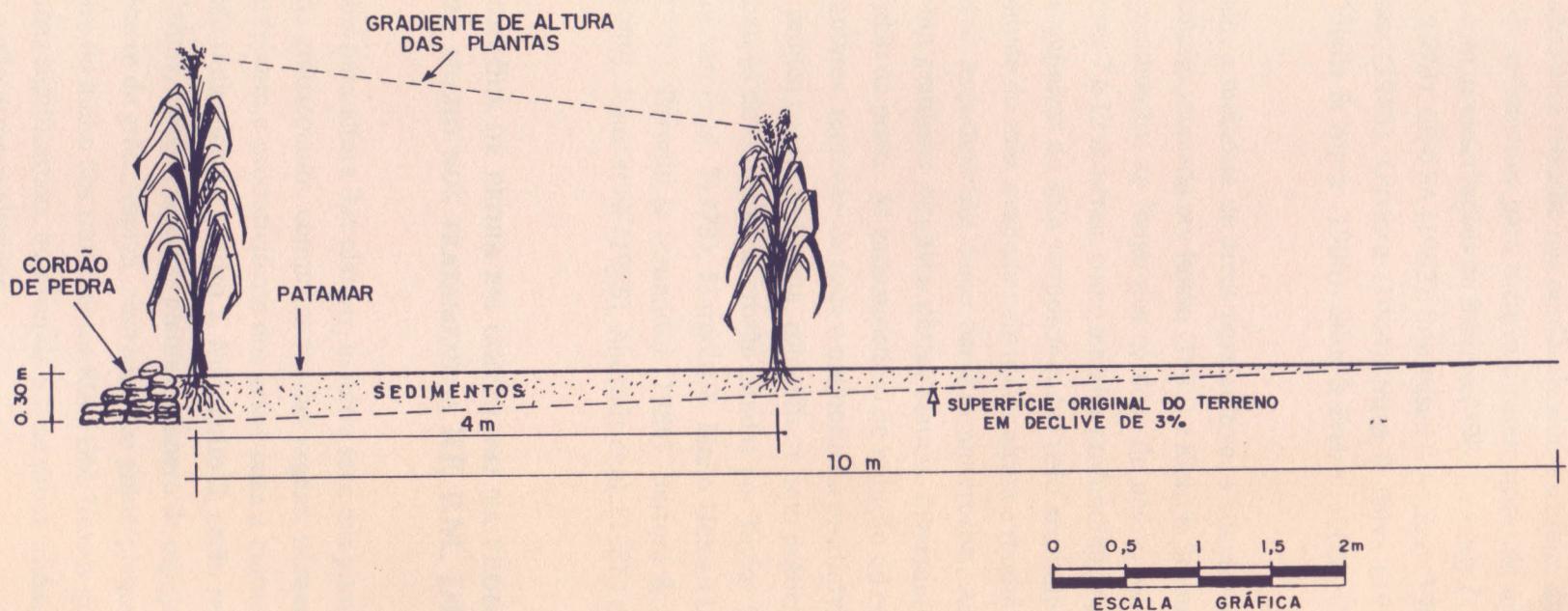


Figura 7. Esquema de deposição do solo desagregado, transportado e retido sob forma de sedimentos pelo cordão de pedra em contorno, com a suavização do declive formando um patamar natural. À medida que as plantas se afastam da barreira anterosiva, sua altura diminui.

Tão importante quanto essa redução nas perdas de solo é o efeito da diminuição da relação de transferência de sedimentos para o curso e reservatório de água da área em estudo, em concordância com as observações de Barreto (1962), Dendy (1968), Linsley & Franzini (1978), Silveira (1978), CPATSA (1982), Srinivasan & Aquino (1983), Brighetti & Nakae (1983), Döbereiner (1983), Oliveira (1984), Silva & Paiva (1985), Bertoni & Lombardi Neto (1985), Vilella & Ponce (1986), Silva & Freire (1986), Corrêa (1994) e Aqrabi & Evans (1994).

O controle da erosão, a melhoria de áreas para cultivo, a suavização do declive e formação natural de patamares indicada por Rosso (1985) e Klant & Stammel (1983), em função da deposição de sedimentos ao longo dos cordões de pedra, foi confirmada no presente trabalho. As figuras 7 e 12 mostram como a maior profundidade efetiva e melhores propriedades físicas e químicas do solo proporcionadas pelo acúmulo de sedimentos induziu a maior produtividade do solo, avaliada pela maior altura e rendimento do milho, à medida que as plantas se aproximavam dessa barreira antierosiva. Ao se afastarem, verificava-se claramente um gradiente de altura dessas plantas, inversamente proporcional à sua distância do cordão de pedra. As características de redução do comprimento do declive, formação de patamares, retenção de água e melhoria da produtividade dos solos proporcionados por essa prática conservacionista, coincidiram com práticas fundamentadas em princípios semelhantes de controle da erosão citadas por Taylor (1967), Lima & Sávio Netto (1969), Schuman et al. (1973), Margolis & Mello Netto (1976), Margolis (1978), Alberts et al. (1978), Baruqui & Fernandes (1985), Bertoni & Lombardi Neto (1985), Margolis et al. (1985), Jones et al. (1985), Andrade et al. (1986) e Nunes Filho et al. (1990).

4.2 – EFEITO DOS CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO NA PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO E DO MILHO NOS TRATAMENTOS RF, RM, DF E DM

Os resultados médios para altura das plantas, matéria seca das plantas, número de vagens/planta, número de grãos/planta, comprimento das vagens, número de grãos/vagem, peso seco dos grãos/planta e produtividade dos grãos para a cultura do feijão nos tratamentos RF e DF, estão indicados no quadro 2. No quadro 3, estão representados os valores para altura das plantas, matéria seca das plantas, número de espigas/planta, comprimento das espigas, número de grãos/espiga, peso seco dos grãos/planta e produtividade dos grãos para a cultura do milho nos tratamentos RM e DM. Nesses quadros constam ainda as diferenças mínimas significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para cada um dos parâmetros analisados.

Quadro 2. Resultados médios dos parâmetros obtidos com o feijão-de-corda nos tratamentos RF e DF

| Tratamento | Planta | | | | Vagem | | Grão | |
|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|--|--------------------------------------|
| | Altura cm | Máteria seca g | Nº de vagens | Nº de grãos | Comprimento cm | Nº de grãos | Peso seco /planta g | Produtividade kg/ha |
| RF | 42a | 3a | 2,9a | 30,9a | 17,5a | 10,4a | 4,4a | 222,1a |
| DF | 62,4b | 7,2b | 5,1b | 62,8b | 18,5b | 12,5b | 8,2b | 411,9b |
| DMS | 13,6 | 1,5 | 1,3 | 2,4 | 1 | 1,3 | 2,4 | 121,5 |

Os valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DMS = Diferença mínima significativa.

Quadro 3. Resultados médios dos parâmetros obtidos com o milho nos tratamentos RM e DM

| Tratamentos | Planta | | | Espiga | | Grão | |
|-------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------|---------------------------|------------------------|
| | Altura cm | Matéria seca g | Nº de espigas | Comprimento cm | Nº de grãos | Peso seco /planta g | Produtividade kg/ha |
| RM | 141,2a | 30,7a | 0,9a | 8,7a | 102,8a | 23,5a | 1.173,8a |
| DM | 158,6b | 36,3a | 1a | 10,5b | 131,3a | 27,4a | 1.368a |
| DMS | 12,9 | 10,7 | 0,8 | 1,7 | 46,9 | 7,9 | 393,5 |

Os valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

DMS = Diferença mínima significativa.

R660825

SAU

4.2.1 – FEIJÃO

Pelo quadro 2 observa-se que o desenvolvimento do feijão foi beneficiado pela deposição de sedimentos, induzida pelo efeito conservacionista do solo e da água proporcionado pelo cordão de pedra em contorno, posto que todos os valores dos parâmetros estudados no tratamento DF foram estatisticamente superiores ao tratamento RF.

Vale ressaltar os acréscimos de 75,9% no número de vagens/planta, 103,2% no número de grãos/planta e 86,4% no peso de grãos/planta determinados no tratamento DF, quando comparados ao tratamento RF, onde o efeito da remoção de matéria orgânica, nutrientes e menor retenção de água afetou negativamente a produtividade do solo (figura 8). Observações semelhantes foram constatadas por Silva (1995b). Esses acréscimos contribuíram significativamente para o incremento de 85,5% no rendimento do feijão no tratamento DF (411,9 kg/ha), o qual superou em 189,8 kg/ha o rendimento no tratamento RF (222,1 kg/ha). Esse último mostrou-se inclusive inferior à baixa média de 10 anos (1984-1993) dos rendimentos do feijão para o Ceará (239,5 kg/ha) e Nordeste brasileiro (322,3 kg/ha) segundo dados do IBGE (1984 a 1993). O quadro 10 do *apêndice 5* mostra o rendimento médio do feijão nessas regiões. Caracterizou-se dessa forma, o efeito prejudicial da erosão no rendimento das culturas. No entanto, foi importante o dimensionamento dos efeitos que práticas conservacionistas, mesmo as mais simples, como a do presente estudo, proporcionaram na melhoria das propriedades do solo e na sustentação de níveis mais elevados de produtividade de regiões semiáridas como demonstrado anteriormente.

Comparando-se as figuras 9 e 10, observa-se que as plantas do tratamento DF apresentaram-se mais vigorosas e produtivas do que as plantas do tratamento RF. Nota-se claramente, que as plantas desse último tratamento ficaram atrofiadas. O solo (figura 9) apresentou manchas mais claras, em virtude da perda de argila, nutrientes e matéria orgânica, pela ação da erosão hídrica, predominando a areia no horizonte A (quadro 1).

4.2.2 – MILHO

O efeito do cordão de pedra em contorno no rendimento do milho foi evidenciado pelos maiores valores de todos os parâmetros estudados nas áreas de deposição (DM), de forma semelhante à que ocorreu na cultura do feijão. Entretanto apenas os parâmetros altura das plantas e comprimento das espigas apresentaram diferenças significativas (quadro 3).

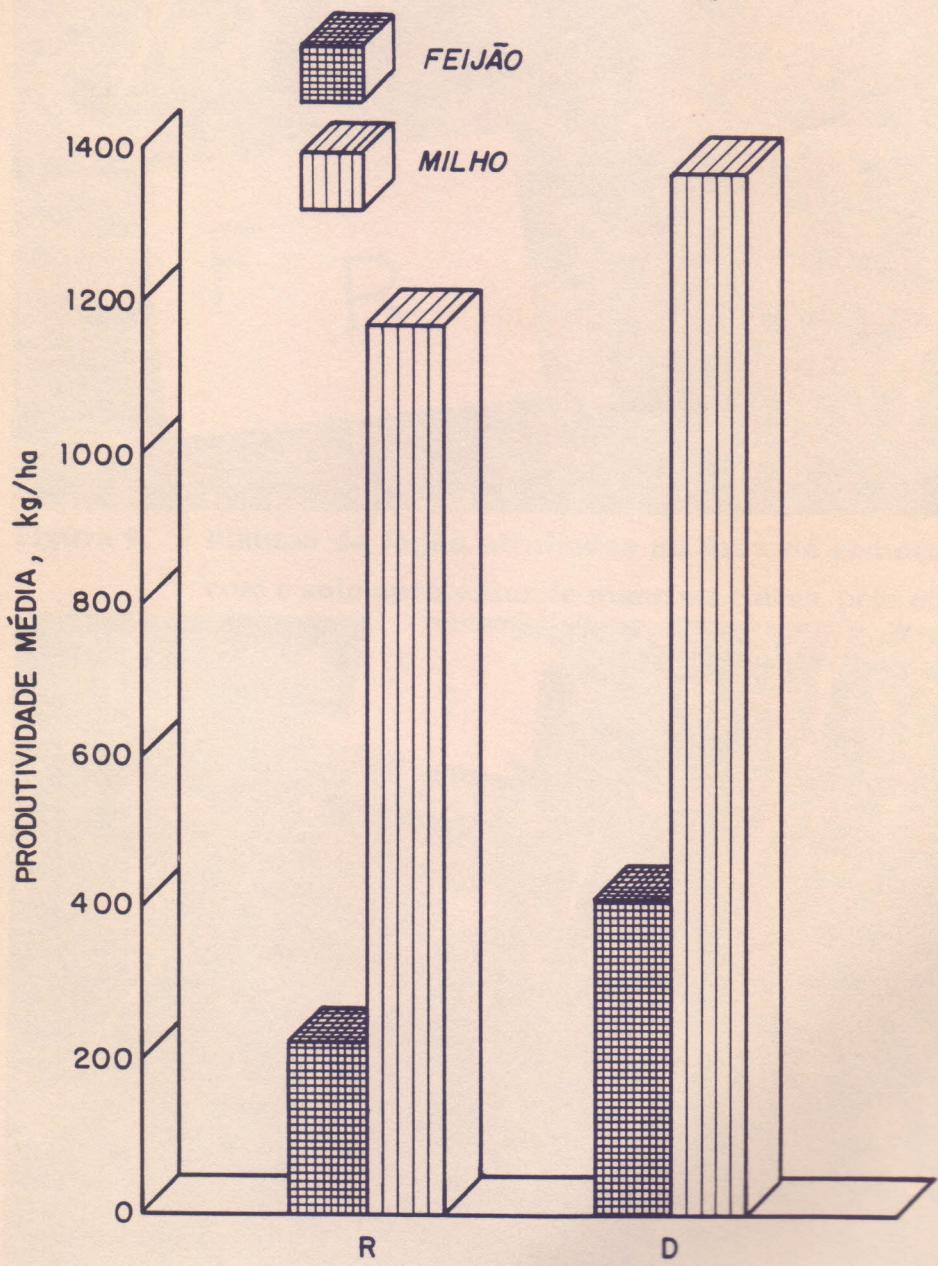


Figura 8. Produtividade média do feijão e do milho nos tratamentos RF, RM, DF e DM.



Figura 9. Plantas de feijão atrofiadas na área de remoção, com o solo apresentando manchas claras, pelo efei-



Figura 10. Plantas de feijão vigorosas e produtivas, com o solo apresentando cor escura, pelo acúmulo de matéria orgânica, na área de deposição.

Embora não apresentando diferenças estatísticas significativas em relação ao tratamento RM, tanto os valores do número de grãos/planta quanto o rendimento do milho, foram respectivamente 27,7% e 16,5% mais altos nas parcelas onde houve deposição sob influência da prática conservacionista. A ausência de significância estatística no rendimento do milho não invalida a superioridade do tratamento DM (figura 8), pois em termos práticos o acréscimo equivalente a 194,2 kg/ha, proporcionado pelas melhores condições físicas e químicas do solo, representa mais de 3 sacas de grãos em cada hectare protegido pela prática conservacionista. Além disso, o rendimento de 1.368 kg/ha nesse tratamento supera de 2,5 a 3,5 vezes as baixas médias de 10 anos indicada pelo IBGE (1984 a 1993) para Quixadá (393,8 kg/ha), Estado do Ceará (448,1 kg/ha) e região Nordeste (534,7 kg/ha) como é visto no quadro 11 do apêndice 5. A figura 11 ilustra as diferenças de altura das plantas, altura de inserção das espigas e seus comprimentos em dois exemplares dos tratamentos em estudo, permitindo a verificação da superioridade do tratamento referenciado à deposição e retenção de sedimentos e água, em relação àquele, onde estes constituintes do solo sofriam remoção, empobrecendo gradativamente o solo (Sparovek et al., 1991; Silva et al., 1985 e Mokma & Sietz, 1992).

Ao lado da conservação do solo e da água, o incremento de produtividade do solo proporcionado pelo cordão de pedra em contorno (figura 12), traz benefícios econômicos ao agricultor e à sociedade, tanto pelo aumento de sua renda (Silva, 1994), quanto pela diminuição dos custos indiretos, representados pela poluição por sedimentos e diminuição da capacidade de armazenamento dos reservatórios e cursos de água.

Não menos importante é o acréscimo de 280 kg/ha de matéria seca da parte aérea, o que corresponde, com um teor de umidade de 75%, a uma biomassa de 840 kg/ha proporcionado pelas plantas no tratamento DM, em relação àquelas do tratamento RM. Embora não determinado, é lícito esperar um aumento proporcional de biomassa também no sistema radicular das plantas.

Esse acréscimo de biomassa revela-se extremamente útil no tocante à maior cobertura do solo, dissipação de mais energia cinética das gotas de chuva em queda livre, proteção dos agregados, diminuição das taxas de erosão, diminuição da evaporação e conservação da fertilidade do solo, pela reciclagem de nutrientes dos tecidos vegetais (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990). Além disso, o maior suprimento dessa biomassa da parte aérea e das raízes, desde que repetido anualmente, elevará o patamar do teor de matéria orgânica nas áreas protegidas pelos cordões de pedra, a níveis nunca encontrados em regiões semiáridas do Nordeste, com todas as vantagens que o húmus proporciona ao solo, inclusive em sua microbiologia, tão desprezada em nossas condições. Ao contrário, nas áreas de remoção, tem-se um cenário típico do círculo vicioso de menor cobertura do solo, mais erosão, menor produtividade, menor cobertura do solo, que se agrava ano a ano até chegar-se ao limiar da desertificação, conforme abordado por Silva (1995a).

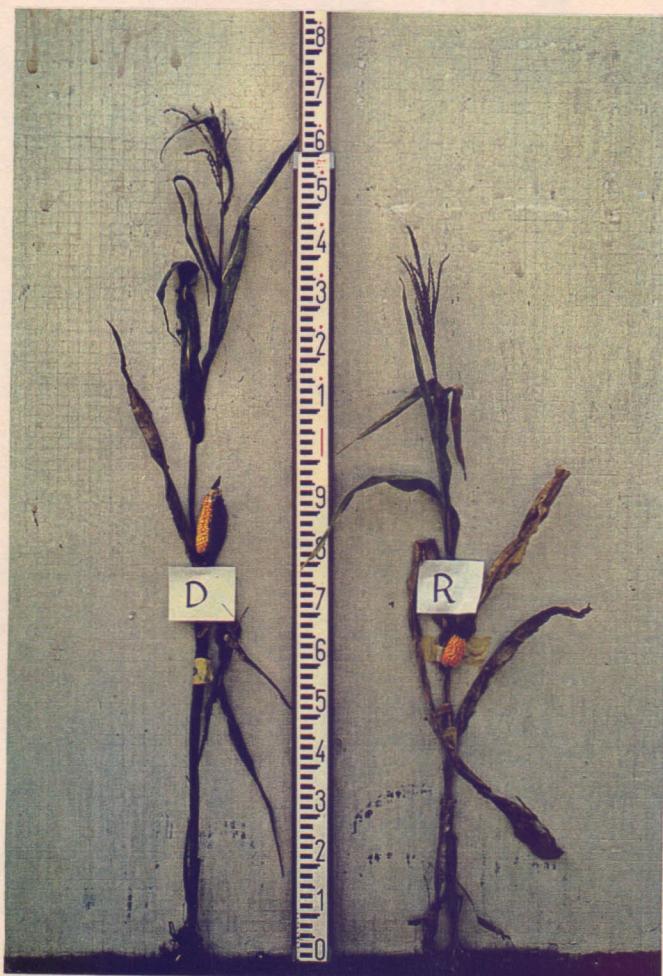


Figura 11. Plantas de milho mostrando as diferenças de altura das plantas, altura de inserção das espigas e comprimento das espigas, nos tratamentos RM e DM.



Figura 12. Plantas de milho formando um gradiente de altura, em função da proximidade do cordão de pedra, onde a deposição proporcionou maior profundidade efetiva e melhores condições físicas e químicas do solo.

5 – Conclusões

Os resultados obtidos a partir das condições experimentais, permitiram as seguintes conclusões:

- a) A camada de sedimentos retidos pelo cordão de pedra em contorno na área de deposição, apresentou melhoria em todas as suas propriedades físicas e químicas, em relação à área de remoção;
- b) Dentre as características físicas estudadas na área de deposição, destacaram-se o aumento da profundidade efetiva, teor de argila, porosidade e água disponível. Entre as características químicas, o aumento do pH, Ca, Mg, matéria orgânica e diminuição do Al;
- c) A eficiência dos cordões de pedra em contorno no controle da erosão, foi claramente evidenciada através da retenção de sedimentos, em torno de 780t/ha, num período de 13 anos, equivalente a uma média de 60t/ha/ano;
- d) Em função da melhoria na profundidade efetiva do solo, nas áreas sob proteção dos cordões de pedra em contorno, determinaram-se incrementos de 189,8kg/ha no rendimento do feijão, significativo ao nível de 5%, e de 194,2kg/ha no milho, caracterizando a eficiência dessa prática conservacionista do solo e da água.

6 – Literatura Citada

- ALBERTS, E.É.; SCHUMAN, G.E. & BURWELL, R.E. Seasonal runoff losses of nitrogen and phosphorus from Missouri Valley Loess Watersheds. *J. Environ. Qual.*, Madison, 7 (2): 203-212, 1978.
- AQRAWI, A.A.M. & EVANS, G. Sedimentation in the lakes and marshes (Ahwar) of the Tigris-Euphrates delta, southern Mesopotamia. *Sedimentology*, London, 41 (4): 755-776, 1994.
- ANDRADE, A.P. DE; SILVA, I.F. & CAMPOS FILHO, O.R. Utilização de práticas conservacionistas no controle da erosão na micro-região de Catolé do Rocha – PB. In: Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 6, Campo Grande, 1986. Resumos. Campinas, Fundação Cargil, 1986. p. 83.
- BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. Densidade aparente e porosidade do solo no desenvolvimento do milho. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1979. 11p. (Comunicado técnico 24).
- BARRETO, G.B. Estudo da bacia hidrográfica da barragem “Monjolinho”. *Bragantia*, Campinas, 2 (43): 765-766, 1962.
- BARUQUI, A.M. & FERNANDES, M.R. Práticas de conservação do solo. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, 11 (128): 55-69, 1985.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 14 (1): 91-98, 1990.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, Divisão de Pesquisa Pedológica, 1: 1973. 310p. (Série Pedologia, 16).
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. Secretaria de Recursos Naturais. Coordenadoria de Conservação do Solo e Água. Manejo e Conservação do Solo e da água. Informações Técnicas. Brasília, 1993. 66p.

- BRIGHETTI, G. & NAKAE, T. Influência da urbanização no transporte de sólido. *R. Bras. Engenharia*, Blumenau, 4: 49-55, 1983.
- CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMIÁRIDO (CPATSA). *Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semiárido do Brasil*. Petrolina, PE, 1982, 128p.
- CORRÊA, A.A.M. Métodos de combate à erosão do solo. Ministério da Agricultura. *Serviço de Informação Agrícola*, Rio de Janeiro, 1959. 152p.
- CORRÊA, A.A.M. O Brasil no rumo do inhabitável. *Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 19 (2): 1994.
- DEDECEK, R.A. Efeitos das perdas e deposição de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 11 (3): 323-328, 1987.
- DENDY, F.E. Sedimentation in the nation's reservoirs. *J. Soil Wat. Conserv.*, Ankeny, 23 (4): 135-137, 1968.
- DÖBEREINER, C. Importância do comportamento de suspensão no assoreamento de portos em estuários. *R. Bras. Engenharia*, Blumenau, (4): 61- 73, 1983.
- ECK, H.V. Effect of topsoil removal on nitrogen-supplying ability of pullman silty clay loam. *Soil Sci. Am. Proc.*, Madison, 32 (5): 686-691, 1968.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1979. 247p.
- FILGUEIRA, F.A.R. Manual de Olericultura: Cultura e comercialização de hortaliças. Ed. Agronômica Ceres, 1, 2^a edição, São Paulo, 1981. 338p.
- GERALDI, F.; CORRÊA, W.J.; PAULA HENRIQUE, J.L.; ALOISI, R.R. & SPAROVEK, G. O uso de canais escoadouros como prática de controle da erosão. *XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Goiânia, 3, 1993. 330p.
- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental 12^a ed., Nobel, Piracicaba, 1987, 467p.
- HUDSON, N.H. Soil Conservation. Ithaca, Cornell University Press, 1971. 320p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 e 1993.

- JONES, O.R.; ECK, H.V.; SMITH, S.J.; COLEMAN, G.A. & HAUSER, V.L. Runoff, soil, and nutrient losses from rangeland and dry-farmed cropland in the southern high plains. *J. Soil Wat. Conserv.*, Ankeny, 40 (1): 161-164, 1985.
- KLANT, E. & STAMMEL, J.G. Manejo adequado dos solos das encostas basálticas. I Simpósio de Manejo do Solo e Plantio Direto no Sul do Brasil. III Simpósio de Conservação de Solos do Planalto. p. 124-145, Passo Fundo, 1983.
- LIMA, N.R. & SÁVIO NETTO, J. Faixas de retenção. Secretaria de Agricultura/CATI. São Paulo, 1969. 10p. (Boletim Técnico SCR, 50).
- LINSLEY, R.K. & FRANZINI, J.B. Engenharia de recursos hídricos. Tradução e adaptação: Luiz Américo Pastorino. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, Ed. da Universidade de São Paulo, 1978. 798p.
- MALHI, S.S.; IZAURRALDE, R.C.; NYBORG, M. & SOLBERG, E.D. Influence of topsoil removal on soil fertility and barley growth. *J. Soil Wat. Conserv.*, Ankeny, 49 (1): 96-101, 1994.
- MARGOLIS, E. Efeito de práticas conservacionistas sobre as perdas por erosão num Podzólico Vermelho-Amarelo de Glória de Goitá. *Pesq. Agropec. Pernambuco*, Recife, 2 (1): 1-12, 1978.
- MARGOLIS, E. & MELLO NETTO, A.V. DE. Observações gerais sobre as perdas por erosão na Zona do Agreste de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15, Campinas, 1975. *Anais*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 563-569.
- MARGOLIS, E.; SILVA, A.B. DA & REIS, O.V. Controle da erosão com diferentes práticas conservacionistas num Solo Litólico de Caruaru (PE). *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 9 (2): 161-164, 1985.
- 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/CCA. Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 1991. 74p. (Dissertação de Mestrado).
- MOKMA, D.L. & SIETZ, M.A. Effects of soil erosion on corn yields on marlode soils in south-central Michigan. *J. Soil Wat. Conserv.*, Ankeny, 47 (4): 325-327, 1992.

MOTA, F.O.B. & MOREIRA, E.G.S. Manejo e conservação de solos. Relatório semestral, Fortaleza, 1979. 29p.

MUNN, D.A.; MCELEAN, E.O.; RAMIREZ, A. & LOGAN, T.J. Effect of soil, cover, slope, and rainfall factors on soil and phosphorus movement under simulated rainfall conditions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 37 (3): 428-431, 1973.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R.; MAFRA, R.C. et al. Práticas conservacionistas e as perdas por erosão na cultura do milho isolado e consorciado no sertão do Pajeú (PE). *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 4 (1): 69-72, 1990.

OLIVEIRA, C.N. Curso sobre estudo do transporte sólido nos cursos d'água e assoreamento de reservatório de uso múltiplo. Ilha Solteira, SP, 2, 1984.

OLIVEIRA, J.B. Efeitos do manejo do solo na erosão de Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da microrregião homogênea 68 do Ceará. Fortaleza: UFC/CCA. Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 1981. 97p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, J.B. Processos pedogenéticos. In: Moniz, A.C. (coord.): Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, p. 325-334, Ed. da Universidade de São Paulo, 1972.

OLSON, T.C. Restoring the productivity of a glacial till soil after topsoil removal. *J. Soil Wat. Conserv.*, Ankeny, 32 (3): 130-132, 1977.

OUSSBLE, M.; ALLMARAS, R.R.; WYCH, R.D. & CROOKSTON, R.K. Subsurface compaction effects on tillering and nitrogen accumulation in wheat. *Agron. Journ.*, Madison, 85 (3): 619-625, 1993.

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*, Campinas, 4 (3): 188-192, 1980.

ROBBINS, BY S.G. & VOSS, R.D. Phosphorus and potassium stratification in conservation tillage systems. *J. Soil Wat. Conserv.*, Ankeny, 46 (4): 298-300, 1991.

ROSSO, A. A conservação do solo através de patamar. In: Congresso Brasileiro de Conservação do Solo. 4, Campinas, 1982. *Programa e Resumos*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1982. p. 10.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Manual de Método de Trabalho de Campo. Campinas, 1976. 36p.

SCHUMAN, G.E.; SPOMER, R.G. & PEST, R.F. Phosphorus losses from agricultural watersheds on Missouri valley loss. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 37 (3): 424-427, 1973.

SHAXSON, T.F.; HUDSON, N.W.; SANDERS, D.W.; ROOSE, E. & MOLDENHAVER, W.C. Land nusbandry: a framework for soil and water conservation. Soil and Water Conservation Society/World Association of Soil and Water Conservation, Ankeny, 1989. 64 p.

SILVA, J.R.C.; COELHO, M.A.; MOREIRA, E.G.S. & OLIVEIRA NETO, P.R. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. *R. Ci. Agron.*, Fortaleza, 16 (1): 55-63, 1985.

SILVA, J.R.C. Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação (1^a aproximação). Fortaleza, UFC, 1994. 60p. (Tese para concurso de professor titular).

SILVA, J.R.C. Módulos de conservação e manejo do solo e da água. Fortaleza, Deptº de Ciência do Solo/UFC, 1995a. 32p. (mimeografado)

SILVA, J.R.C. Erosão, produtividade e conservação do solo no Ceará. Relatório de pesquisas para o CNPq. Fortaleza, Deptº de Ciência do Solo/UFC, 1995b. 81p.

SILVA, J.R.C. & FREIRE, O. Previsão de perdas de solo e estimativa de assoreamento em relação às características de uma bacia hidrográfica. *R. Ci. Agron.*, Fortaleza, 17 (1): 13-27, 1986.

SILVA, J.R.C.; MINDELLO NETO, U.R. & PONTES DE DEUS, F. Produtividade, erosão e conservação do solo e da água: aspectos econômicos em cultivo do milho. In: Encontro Universitário de Iniciação à Pesquisa: XIII Encontro de Pós-Graduação, 2. UFC. Fortaleza, 1994, p. 28.

SILVA, J.R.C. & PAIVA, J.B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de Solo Litólico. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 9 (1): 77-80, 1985.

SILVA, P.S.L. & SILVA, K.M.B. Produtividade de grãos verdes e secos de milho e de caupi. *Hort. Bras.*, Brasília, 9 (2): 87-89, 1991.

- SILVEIRA, J.F.A. Algumas considerações sobre a supervisão e a inspeção de barragens e reservatórios. XII Seminário Nacional de Grandes Barragens, São Paulo, 2: 211-226, 1978.
- SINGER, M.J. & BLACKARD, J. Evaluation of wild oat straw as a soil erosion retardant using simulated rainfall. *Agron. Journ.*, Madison, 69 (5): 811-814, 1977.
- SPAROVEK, G.; JONG VAN LIER, Q.; ALOISI, R.R. & VIDAL-TORRADO, P. Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 17 (3): 465-470, 1993.
- SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.R.; TORETA, D.M.; ROCHELE, T.C.P. & SHAYER, E.P.M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 15 (3): 363-368, 1991.
- SRINIVASAN, V.S. & AQUINO, M.C. Um estudo comparativo das fórmulas de transporte de sedimentos. *R. Bras. Engenharia*, Blumenau, 4: 3-10, 1983.
- TANAKA, D.L. & AASE, J.K. Influence of topsoil removal and fertilizer application on spring wheat yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 53 (1): 228-232, 1989.
- TÁVORA, M.R.P. Erodibilidade e perdas por erosão de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Areias Quartzosas Distróficas na região da Ibiapaba, Ceará. Fortaleza: UFC/CCA. Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 1984. 66p. (Dissertação de Mestrado).
- TAYLOR, A.W. Phosphorus and water pollution. *J. Soil Wat. Conserv.*, Ankeny, 22 (6): 228-231, 1967.
- VIEIRA, M.J.; COGO, N.P. & CASSOL, E.A. Perdas por erosão, em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura da soja (*Glycine max.* (L) Merr.) em condições de chuva simulada. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 2 (3): 209-214, 1978.
- VILLELA, M.S. & PONCE, R.J.C. Assoreamento de reservatórios. VII Congresso Latino-Americanano sobre Métodos Computacionais para Engenharia. São Carlos, 2: 739-764, 1986. *Anais*.

Apêndices

APÊNDICE 1. CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO FEIJÃO E DO MILHO.

1 – FEIJÃO-DE-CORDA (*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP.) CULTIVAR EPACE 11

Hábito de crescimento: indeterminado.

Porte da planta: moita/semi-ramador.

Forma do folíolo: semilanceolado.

Cor da flor: violeta.

Cor da vagem: amarela.

Inserção da vagem: acima da folhagem.

Comprimento da vagem: 23 cm.

Número de grãos/vagem: 17.

Peso de 100 sementes: 19 gramas.

Cor da semente: marrom-claro.

Floração (1^a flor): 42 dias.

Ciclo: 70-80 dias.

Rendimento médio obtido em área irrigada: 1.953 kg/ha.

2 – MILHO (*ZEA MAYS* L.) VAR. BR 5004 – SELEÇÃO EPACE M-21

Variedades de polinização aberta (não-híbrida).

Ciclo médio:

- da emergência ao florescimento masculino, 47 a 52 dias;
- da emergência à colheita: 105 a 115 dias.

Altura média da planta: 2,30 m.

Altura média das espigas: 1,30 m.

Espalhamento das espigas: bom.

Acamamento: resistente.

Tipo de grão: dentado.

Cor do grão: amarela.

Rendimento médio experimental em condições de sequeiro: 3.266 kg/ha.

**Apêndice 2. Quadros 4 e 5: Parâmetros obtidos nas culturas
do feijão e do milho nas áreas R e D.**

Quadro 4. Parâmetros obtidos com feijão nas áreas R e D.

| Altura (cm) | Planta | | | Vagem | | Grão |
|----------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|------------------|
| | Matéria seca (g) | Nº de vagens | Nº de grãos | Comprimento (cm) | Nº de grãos | Peso seco (g) |
| Remoção | | | | | | |
| 110 | 9,58 | 9 | 134 | 19,9 | 14,9 | 19,28 |
| 108 | 9,04 | 6 | 64 | 16,3 | 10,7 | 10,18 |
| 56,4 | 7,90 | 8 | 77 | 16,5 | 9,6 | 11,98 |
| 60 | 6,65 | 5 | 59 | 15,9 | 11,8 | 8,32 |
| 48,5 | 4,25 | 3 | 30 | 17 | 10 | 5,54 |
| 45,5 | 4,99 | 3 | 35 | 17 | 11,7 | 5,56 |
| 94 | 7,80 | 3 | 45 | 23 | 15 | 9,21 |
| 40,5 | 5,11 | 4 | 41 | 16 | 10 | 6,34 |
| 34,5 | 1,30 | 2 | 30 | 20,7 | 15 | 4,22 |
| 32,5 | 0,90 | 2 | 21 | 17,4 | 10,5 | 3,15 |
| 33,5 | 4,11 | 3 | 39 | 19,2 | 13 | 4,64 |
| 36 | 1,49 | 3 | 32 | 18,2 | 10,7 | 4,10 |
| 34 | 1,27 | 2 | 20 | 17 | 10 | 3,09 |
| 39,5 | 3,35 | 3 | 29 | 17,7 | 9,7 | 5,45 |
| 37,5 | 2,76 | 2 | 18 | 16,8 | 9 | 2,70 |
| 42 | 2,55 | 2 | 25 | 18,8 | 13 | 4,11 |
| 39,8 | 1,49 | 2 | 24 | 20,5 | 12 | 4,04 |
| 30 | 0,93 | 2 | 26 | 19 | 13 | 3,12 |
| 33,5 | 1,59 | 3 | 27 | 17,6 | 9 | 3,98 |
| 34,5 | 2,33 | 2 | 17 | 15 | 8,5 | 2,40 |
| 28 | 1,46 | 1 | 15 | 22 | 15 | 1,45 |
| 24,5 | 0,63 | 2 | 12 | 15 | 6 | 1,67 |
| 35 | 1,20 | 2 | 18 | 17,3 | 9 | 2,86 |
| 24,3 | 0,97 | 1 | 11 | 17 | 11 | 0,38 |
| 28,1 | 2,01 | 2 | 15 | 16 | 7,5 | 2,55 |
| 34 | 1,21 | 2 | 18 | 16,5 | 9 | 2,27 |
| 21,2 | 0,53 | 2 | 8 | 15 | 4 | 1,32 |
| 27 | 0,77 | 2 | 11 | 12,5 | 5,5 | 1,68 |
| 25,7 | 1,21 | 1 | 8 | 17 | 8 | 0,29 |
| 21,5 | 0,56 | 2 | 18 | 17 | 9 | 2,13 |

Quadro 4. Parâmetros obtidos com feijão nas áreas R e D (cont.).

| Altura (cm) | Matéria seca (g) | Planta | | Vagem | | Grão |
|------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|------------------|
| | | Nº de vagens | Nº de grãos | Comprimento (cm) | Nº de grãos | Peso seco (g) |
| Deposição | | | | | | |
| 50,5 | 9,04 | 5 | 56 | 18,6 | 11 | 8,63 |
| 42 | 4,90 | 3 | 53 | 23 | 17,7 | 7,95 |
| 52,5 | 8,62 | 6 | 65 | 18,4 | 10,8 | 11,40 |
| 48 | 5,46 | 4 | 49 | 19,4 | 12,3 | 4,14 |
| 47,5 | 4,59 | 4 | 52 | 19 | 13 | 7,79 |
| 109,5 | 5,92 | 9 | 116 | 18,4 | 13 | 15,18 |
| 55,5 | 14,08 | 9 | 97 | 19 | 10,8 | 16,28 |
| 158,5 | 10,39 | 11 | 147 | 19,5 | 13,4 | 25,05 |
| 46 | 8,20 | 6 | 47 | 16,8 | 7,8 | 7,55 |
| 47,5 | 5,80 | 5 | 61 | 16,9 | 12 | 8,64 |
| 45,5 | 6,78 | 2 | 25 | 18,3 | 12,5 | 4,03 |
| 36,7 | 2,49 | 2 | 32 | 19,9 | 16 | 3,32 |
| 43 | 5,59 | 4 | 37 | 17,7 | 9,3 | 5,82 |
| 45 | 4,47 | 2 | 21 | 17 | 10,5 | 3,46 |
| 68 | 13,91 | 6 | 84 | 18,9 | 14 | 11,89 |
| 147,5 | 13,68 | 8 | 99 | 19,2 | 12,4 | 13,94 |
| 73 | 12,15 | 10 | 133 | 18,2 | 13,3 | 17,93 |
| 51 | 11,48 | 13 | 161 | 17,5 | 12,4 | 20,65 |
| 51 | 6,50 | 4 | 47 | 18,7 | 11,8 | 7,35 |
| 47 | 3,50 | 3 | 41 | 18,3 | 13,7 | 5,66 |
| 49,5 | 5,11 | 6 | 67 | 17,7 | 11,2 | 10,45 |
| 48,5 | 4,27 | 4 | 49 | 19,1 | 12,3 | 7,30 |
| 78,4 | 5,55 | 5 | 43 | 14,6 | 8,6 | 5,66 |
| 48,3 | 4,32 | 2 | 24 | 17 | 12 | 3,38 |
| 61 | 6,49 | 3 | 44 | 17,8 | 14,7 | 5,60 |
| 51 | 5,92 | 4 | 52 | 17,4 | 13 | 7,60 |
| 93,5 | 7,60 | 5 | 65 | 19,4 | 13 | 10,01 |
| 50 | 8,60 | 3 | 38 | 19,5 | 12,7 | 6,58 |
| 67 | 7,84 | 2 | 27 | 20,2 | 13,5 | 12,42 |
| 58,5 | 3,04 | 3 | 52 | 20,5 | 17,3 | 6,30 |

Quadro 5. Parâmetros obtidos com milho nas áreas R e D.

| Altura (cm) | Planta | | Espiga | | Grão |
|----------------|---------------------|---------------|---------------------|-------------|------------------|
| | Matéria seca (g) | Nº de espigas | Comprimento (cm) | Nº de grãos | Peso seco (g) |
| Remoção | | | | | |
| 197 | 66,2 | 1 | 13 | 326 | 94,4 |
| 154,5 | 55,8 | 1 | 4,5 | 1 | 0,3 |
| 184,5 | 57,4 | 1 | 12 | 232 | 67,5 |
| 168 | 36,2 | 1 | 11 | 231 | 48,7 |
| 179,5 | 110,1 | 1 | 13 | 154 | 49,2 |
| 168 | 43,8 | 1 | 12,5 | 258 | 61,2 |
| 145 | 33,8 | 1 | 7 | 112 | 23,3 |
| 166,5 | 34,6 | 1 | 9 | 164 | 30,9 |
| 165 | 38,6 | 1 | 16 | 270 | 65,1 |
| 150 | 39,8 | 1 | 12 | 10 | 2,4 |
| 126 | 32,2 | 1 | 7 | 125 | 28,3 |
| 162,5 | 27,6 | 1 | 9 | 129 | 32,2 |
| 165 | 34,9 | 1 | 13 | 38 | 11,4 |
| 163,5 | 30,7 | 1 | 10,5 | 185 | 38,6 |
| 146,5 | 44,5 | 1 | 9 | 74 | 17 |
| 173 | 65,5 | 1 | 10,5 | 94 | 16,8 |
| 115 | 18,8 | 1 | 7 | 112 | 27,2 |
| 127 | 13,3 | 1 | 6 | 82 | 20,5 |
| 139 | 21,5 | 1 | 7 | 37 | 8 |
| 134 | 21,8 | 1 | 5,5 | 30 | 8,4 |
| 135 | 20,4 | 1 | 10 | 38 | 10,4 |
| 110,5 | 11,3 | 0 | * | * | * |
| 120,5 | 13,4 | 1 | 7 | 92 | 21,8 |
| 80 | 7,7 | 0 | * | * | * |
| 134,5 | 11,6 | 1 | 5,5 | 53 | 11,6 |
| 134 | 13,4 | 1 | 8 | 66 | 17 |
| 127 | 15,4 | 1 | 5,5 | 7 | 1,9 |
| 101,5 | 6,4 | 1 | 5 | 35 | 6,1 |
| 84 | 7 | 0 | * | * | * |
| 126,5 | 12,4 | 1 | 5 | 1 | 0,2 |
| 136 | 24,7 | 1 | 6 | 9 | 2,5 |
| 100 | 10,1 | 1 | 5 | 17 | 3 |

Quadro 5. · Parâmetros obtidos com milho nas áreas R e D (cont.).

| Planta | | | Espiga | | Grão |
|------------------|---------------------|---------------|---------------------|-------------|------------------|
| Altura (cm) | Matéria seca (g) | Nº de espigas | Comprimento (cm) | Nº de grãos | Peso seco (g) |
| Deposição | | | | | |
| 175 | 61,6 | 1 | 15 | 188 | 53,9 |
| 186 | 38,5 | 1 | 12 | 311 | 61,5 |
| 193 | 100 | 2 | 11,5 | 1 | 0,3 |
| 190 | 64,5 | 1 | 15,5 | 168 | 65,2 |
| 181 | 51,7 | 1 | 13 | 132 | 43,9 |
| 174 | 67,8 | 1 | 14,5 | 89 | 24,4 |
| 175 | 47,7 | 1 | 12 | 320 | 68,7 |
| 187 | 80,6 | 1 | 16,5 | 75 | 13,5 |
| 177,5 | 36,3 | 1 | 13 | 206 | 60,3 |
| 134 | 15,2 | 1 | 7 | 137 | 28,7 |
| 147 | 27,3 | 0 | * | * | * |
| 106,5 | 12,8 | 1 | 8 | 75 | 11,7 |
| 166 | 39,1 | 0 | * | * | * |
| 164 | 39,3 | 1 | 12,5 | 210 | 55,7 |
| 164 | 37,1 | 1 | 11 | 241 | 53,5 |
| 138 | 29,3 | 1 | 11 | 0 | 0 |
| 168 | 24,7 | 1 | 9 | 151 | 39,4 |
| 150 | 30,9 | 1 | 7 | 109 | 26,1 |
| 162,5 | 21,5 | 1 | 10 | 137 | 39,4 |
| 137,5 | 15,9 | 0 | * | * | * |
| 138 | 22,5 | 1 | 10 | 145 | 32,7 |
| 123,5 | 14,7 | 1 | 7,5 | 83 | 19,8 |
| 123,5 | 31,9 | 1 | 8 | 25 | 5,9 |
| 132,5 | 13,9 | 1 | 7,5 | 67 | 11,9 |
| 180 | 43,4 | 1 | 14 | 245 | 66,3 |
| 143 | 20,5 | 1 | 6,5 | 68 | 11,2 |
| 186,5 | 29,4 | 1 | 10 | 220 | 61,9 |
| 139 | 14,3 | 1 | 5,5 | 126 | 19,9 |
| 164 | 37,2 | 1 | 14 | 114 | 39 |
| 163 | 28,7 | 1 | 7 | 151 | 35,7 |
| 158 | 30,1 | 1 | 9,5 | 13 | 3,5 |
| 147,5 | 34 | 2 | 5,5 | 0 | 0 |

APÊNDICE 3. DESCRIÇÃO DOS PERFIS R, D E M.

PERFIL R

- A_p – Profundidade: 0-19 cm; cor de fundo 10YR 4/3 (úmido); mosqueado 5YR 5/8, comum, pequeno e médio, distinto; estrutura fraca, granular, pequena; consistência solta quando seco e quando úmido, não-pegajosa, não-plástica; poros comuns, pequenos e médios; raízes fasciculadas finas e poucas.
- C – Profundidade: 19 cm+; cor de fundo 10YR 6/4 (úmido); mosqueado 10YR 6/8, abundante, médio e grande, proeminente; estrutura fraca, granular, média; consistência solta quando seco e quando úmido, ligeiramente pegajosa, plástica; poros poucos e pequenos.

Perfil mau drenado.

PERFIL D

- A_A – Profundidade: 0-9 cm; cor de fundo 10YR 3/2 (úmido); estrutura fraca, granular, média; consistência solta quando úmido, não-pegajosa, não-plástica; poros comuns, pequenos e médios, muitas raízes fasciculadas com pequeno diâmetro.
- A₁ – Profundidade: 9-26 cm; cor de fundo 10YR 3/3 (úmido); estrutura moderada, blocos subangulares, média; consistência firme quando úmido, ligeiramente pegajosa, não-plástica; poros comuns, pequenos e médios; muitas raízes fasciculadas com diâmetro médio.
- C₁ – Profundidade: 26-41 cm; cor de fundo 10YR 4/3 (úmido); mosqueado 2,5YR 3/8, comum, médio, proeminente; estrutura moderada, blocos subangulares, média; consistência firme quando úmido, ligeiramente pegajosa, plástica; poros poucos e médios; raízes fasciculadas poucas e finas, presença de cascalho.
- C₂ – Profundidade: 41-64 cm; cor de fundo 5YR 5/3 (úmido); mosqueado 5YR 5/8, comum, médio, proeminente; estrutura forte, blocos subangulares, grande, consistência muito firme quando úmido, pegajosa, muito plástica; poros pequenos; raízes fasciculadas poucas e finas; presença de cascalho.
- C₃ – Profundidade: 64 cm+; cor de fundo 10YR 6/2 (úmido); estrutura moderada, blocos angulares e subangulares, média e grande; consistência solta quando úmido, não-pegajosa, não-plástica; poros pequenos.

Perfil mau drenado.

PERFIL M

Classificação: Solo Litólico eutrófico, A fraco, textura média, fase pedregosa.

Localização: Lado direito da cerca da área cultivada, a aproximadamente 50 m da barragem vertedora.

Situação e declive: Área com sinais de degradação. Declive de 3 a 15%.

Formação geológica e litologia: Pré-cambriano indiviso.

Material originário: Granito e gnaissé.

Relevo local: Plano a suave ondulado.

Relevo regional: Plano a escarpado.

Altitude: 190 m.

Drenagem: Superficial.

Pedregosidade: 30%.

Erosão: Laminar forte.

Vegetação local: Caatinga hipoxerófila.

Vegetação regional: Caatinga hiperxerófila e culturas de subsistência.

Uso atual: Pastagem natural.

- A Cascalhento – Profundidade: 0-29 cm; cor de fundo 10YR 4/3 (úmido); estrutura fraca, blocos angulares, fraco, consistência solta quando seco e solta quando úmido, não-pegajosa, não-plástica; poros comuns, pequenos e médios; raízes fasciculadas finas e poucas.
- C – Profundidade: 29-57 cm+; cor de fundo 10YR 5/1 (úmido); estrutura moderada, blocos angulares, pequenos e médios; consistência macia quando seco e solta e muito friável quando úmido, não-pegajosa, não-plástica; poros visíveis ausentes; raízes axial raras e finas com diâmetro médio.

Perfil bem drenado com presença de pedregosidade.

Examinadores:

Silva, Francisco José da

Silva, José Ronaldo Coelho

Leitão, Heloísa Helena Franco

Apêndice 4. Quadros 6, 7, 8 e 9: Análises físicas e químicas do solo nas áreas de remoção, deposição e modal.

Quadro 6. Características físicas e químicas do solo nas áreas de remoção (R) e deposição (D), antes da realização do experimento

| Horizonte ou Camada | | Composição Granulométrica (%) | | | | | | Classificação Textural | | | |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------------|------------------------|--------|--|--|
| Símbolo | Profund. (cm) | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | Argila Natural % | | | | | |
| R | 0-20 | 43 | 36 | 12 | 9 | 4 | | | | | |
| D | 0-20 | 35 | 37 | 17 | 11 | 5 | | | | | |
| Grau de Floculação | Porosidade Calculada % | Densidade (g/cm ³) | Umidade (%) | | | pH | | C.E. a 25°C EXT. SAT. | (dS/m) | C ₂ CO ₃ Equivalente (%) | |
| | | Global de Partícula | 1/3 atm | 15 atm | Água Útil | Água | KCl | (dS/m) | | | |
| 55 | 47,51 | 1,37 | 2,61 | 9,50 | 4,20 | 5,30 | 4,80 | - | 0,28 | - | |
| 54 | 47,31 | 1,37 | 2,6 | 12,40 | 6,90 | 5,50 | 5,80 | - | 0,55 | - | |
| Complexo Sortivo (meg/100g de Solo) | | | | | | | | V | m | PST | |
| | | | | | | | | (%) | (%) | | |
| 2+ Ca | 2+ Mg | + K | + Na | + 3+ H+Al | 3+ Al | S | T | | | | |
| 2,40 | 1,70 | 0,32 | 0,10 | 1,80 | 0,20 | 4,52 | 6,52 | 69 | 4 | 1 | |
| 5,60 | 1,68 | 0,47 | 0,09 | 1,48 | 0,00 | 7,84 | 9,32 | 84 | - | 1 | |
| Carbono (%) | | Nitrogênio (%) | | C/N | | Matéria Orgânica (%) | Fósforo Disponível (ppm) | | | | |
| 0,75 | | 0,04 | | 19 | | 1,29 | 4 | | | | |
| 1,36 | | 0,05 | | 26 | | 2,36 | 20 | | | | |

Quadro 7. Características físicas e químicas do solo na área de remoção (R), após a realização do experimento

| Horizonte ou Camada | | Composição Granulométrica (%) | | | | | | Classificação Textural | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|--------|----------------------|-------|--------------------------|-----------------------|--|--|
| Símbolo | Profund. (cm) | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | Argila Natural % | | | | | |
| A | 0-19 | 38 | 42 | 11 | 9 | 4 | | | | | |
| C | 19+ | 28 | 21 | 15 | 36 | 19 | | | | | |
| Grau de Floculação | Porosidade Calculada % | Densidade Global | (g/cm ³) de Partícula | Umidade (%) | | | pH | | C.E. a 25°C EXT. SAT. | C ₂ CO ₃ Equivalente (%) | |
| | | 1,53 | 2,71 | 1/3 atm | 15 atm | Água Útil | Água | KCl | (dS/m) | | |
| 55 | 43,54 | 1,53 | 2,71 | 9,40 | 4,10 | 5,30 | 4,70 | - | 0,56 | - | |
| 47 | 48,90 | 1,38 | 2,70 | 25,30 | 14,70 | 10,60 | 5,30 | - | 0,29 | - | |
| Complexo Sortivo (meg/100g de Solo) | | | | | | | | V | m | PST | |
| | | | | | | | | (%) | (%) | | |
| 2+ Ca | 2+ Mg | + K | + Na | + 3+ H+Al | 3+ Al | S | T | | | | |
| 1,90 | 0,60 | 0,28 | 0,05 | 2,80 | 0,40 | 2,83 | 5,63 | 50 | 12 | 1 | |
| 5,90 | 4,50 | 0,26 | 0,19 | 2,10 | 0,20 | 10,85 | 12,95 | 84 | 2 | 1 | |
| Carbono (%) | | Nitrogênio (%) | | C/N | | Matéria Orgânica (%) | | Fósforo Disponível (ppm) | | | |
| 0,59 | | 0,03 | | 20 | | 1,02 | | 5 | | | |
| 0,24 | | 0,02 | | 12 | | 0,41 | | 2 | | | |

Quadro 8. Características físicas e químicas do solo na área de deposição (D), após a realização do experimento

| Horizonte ou Camada | | Composição Granulométrica (%) | | | | | | Classificação Textural | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------|--------|----------------------|-------|------------------------------------|------|--|--|
| Símbolo | Profund. (cm) | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | Argila Natural % | | | | | |
| A0 | 0–9 | 29 | 31 | 20 | 20 | 5 | | | | | |
| A1 | 9–26 | 27 | 29 | 15 | 29 | 17 | | | | | |
| C1 | 26–41 | 26 | 26 | 18 | 30 | 19 | | | | | |
| C2 | 41–64 | 25 | 19 | 18 | 38 | 25 | | | | | |
| C3 | 64+ | 52 | 30 | 12 | 6 | 3 | | | | | |
| Grau de Floculação | Porosidade Calculada % | Densidade Global | Densidade de Partícula | Umidade (%) | | | pH | C.E. a 25°C EXT. SAT. (dS/m) | | C ₂ CO ₃ Equivalente (%) | |
| 75 | 51,20 | 1,22 | 2,50 | 24,20 | 14,70 | 9,50 | Água | KCl | 0,92 | - | |
| 41 | 46,01 | 1,42 | 2,63 | 22,40 | 13,10 | 9,30 | 5,70 | - | 0,20 | - | |
| 37 | 48,70 | 1,34 | 2,61 | 25,40 | 14,40 | 11,00 | 6,20 | - | 0,18 | - | |
| 34 | 50,20 | 1,31 | 2,63 | 30,10 | 19,80 | 10,30 | 6,20 | - | 0,22 | - | |
| 50 | 47,00 | 1,40 | 2,64 | 10,90 | 6,30 | 4,60 | 6,40 | - | 0,16 | - | |
| Complexo Sortivo (meg/100g de Solo) | | | | | | | | V | m | PST | |
| 2+ | 2+ | + | + | + 3+ | 3+ | | | (%) | (%) | | |
| Ca | Mg | K | Na | H+Al | Al | S | T | | | | |
| 12,00 | 2,50 | 0,27 | 0,11 | 2,40 | 0,10 | 14,88 | 17,28 | 86 | 0,67 | 1 | |
| 10,00 | 3,50 | 0,47 | 0,18 | 2,10 | 0,00 | 14,15 | 16,25 | 87 | - | 1 | |
| 10,90 | 4,10 | 0,43 | 0,22 | 1,60 | 0,00 | 15,65 | 17,25 | 91 | - | 1 | |
| 14,10 | 7,40 | 0,31 | 0,31 | 1,20 | 0,00 | 22,12 | 23,32 | 95 | - | 1 | |
| 4,00 | 2,80 | 0,14 | 0,12 | 0,20 | 0,00 | 7,06 | 7,26 | 97 | - | 2 | |
| Carbono (%) | Nitrogênio (%) | | | C/N | | Máteria Orgânica (%) | | Fósforo Disponível (ppm) | | | |
| 2,87 | 0,09 | | | 32 | | 4,95 | | 9 | | | |
| 0,44 | 0,04 | | | 11 | | 0,76 | | 3 | | | |
| 0,41 | 0,03 | | | 14 | | 0,71 | | 2 | | | |
| 0,21 | 0,01 | | | 21 | | 0,36 | | 2 | | | |
| 0,09 | 0,01 | | | 9 | | 0,15 | | 2 | | | |

Quadro 9. Características físicas e químicas do solo na área modal (M)

| Horizonte ou Camada | | Composição Granulométrica (%) | | | | Argila Natural % | Classificação Textural | | | |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------|----------------------|--------------------------|------------------------------|--|-----|
| Símbolo | Profund. (cm) | Areia Grossa | Areia Fina | Silte | Argila | | | | | |
| A | | 0–29 | 40 | 37 | 12 | 11 | 6 | Franco arenoso | | |
| C | | 29–57 | 35 | 35 | 14 | 16 | 10 | Franco arenoso | | |
| Grau de Floculação | Porosidade Calculada % | Densidade (g/cm ³) | | Umidade (%) | | | pH | C.E. a 25°C EXT. SAT. (dS/m) | C ₂ CO ₃ Equivalente (%) | |
| | | Global | de Partícula | 1/3 atm | 15 atm | Água Útil | Água | KCl | | |
| 45 | 50,75 | 1,32 | 2,68 | 12,5 | 4,6 | 7,9 | 4,9 | - | 0,39 | - |
| 37 | 50,94 | 1,31 | 2,67 | 14,7 | 7,1 | 7,6 | 5,6 | - | 0,18 | - |
| Complexo Sortivo (meg/100g de solo) | | | | | | | | | | |
| 2+ Ca | 2+ Mg | + K | + Na | + 3+ H + Al | 3+ Al | S | T | V (%) | m (%) | PST |
| 2,8 | 1 | 0,23 | 0,08 | 2,5 | 0,5 | 4,11 | 6,61 | 62 | 11 | 1 |
| 3,2 | 2,2 | 0,17 | 0,14 | 1 | 0,1 | 5,71 | 6,71 | 85 | 2 | 2 |
| Carbono (%) | Nitrogênio (%) | | | C/N | | Matéria Orgânica (%) | Fósforo Disponível (ppm) | | | |
| 0,37 | 0,02 | | | 18 | | 0,64 | 7 | | | |
| 0,17 | 0,01 | | | 17 | | 0,29 | 17 | | | |

**Apêndice 5. Quadros 10 e 11: Rendimento médio do feijão
e do milho em Quixadá, Ceará, Nordeste e Brasil
nos anos de 1984 a 1993.**

Quadro 10. Rendimento médio do feijão em Quixadá, Ceará, Nordeste e Brasil nos anos de 1984 a 1993

| Cultura Ano/Local | Feijão | | | | | | | | | | Média |
|----------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | |
| Kg/ha | | | | | | | | | | | |
| Quixadá | 300 | 100 | 100 | 103 | 250 | 150 | 259 | 201 | 251 | 91 | 100,5 |
| Ceará | 360 | 207 | 228 | 145 | 331 | 220 | 200 | 323 | 182 | 199 | 239,5 |
| Nordeste | 394 | 315 | 357 | 185 | 332 | 283 | 290 | 391 | 326 | 350 | 322,3 |
| Brasil | 494 | 479 | 403 | 386 | 485 | 445 | 477 | 505 | 543 | 638 | 485,5 |

Fonte: IBGE (1984 a 1993)

Quadro 11. Rendimento médio do milho em Quixadá, Ceará, Nordeste e Brasil nos anos de 1984 a 1993

| Cultura Ano/Local | Milho | | | | | | | | | | Média |
|----------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | |
| Kg/ha | | | | | | | | | | | |
| Quixadá | 600 | 393 | 300 | 360 | 600 | 375 | 300 | 450 | 500 | 60 | 393,8 |
| Ceará | 608 | 374 | 537 | 261 | 701 | 460 | 348 | 623 | 333 | 236 | 448,1 |
| Nordeste | 611 | 593 | 627 | 249 | 644 | 565 | 303 | 657 | 443 | 655 | 534,7 |
| Brasil | 1761 | 1866 | 1647 | 1985 | 1879 | 2054 | 1873 | 1808 | 2282 | 2531 | 1968,6 |

Fonte: IBGE (1984 a 1993)