

**CONSERVAÇÃO E MANEJO DE UM PODZÓLICO  
VERMELHO-AMARELO COM UMBUZEIRO EM FASE  
JUVENIL DE REFLORESTAMENTO SOB DÉFICIT  
HÍDRICO NO SEMI-ÁRIDO**

**MÁRCIA MARIA DE MATOS**

**Orientador: Prof. José Ronaldo Coelho Silva**

FORTALEZA - CE

1999

**CONSERVAÇÃO E MANEJO DE UM PODZÓLICO  
VERMELHO-AMARELO COM UMBUZEIRO EM FASE  
JUVENIL DE REFLORESTAMENTO SOB DÉFICIT  
HÍDRICO NO SEMI-ÁRIDO**

**MÁRCIA MARIA DE MATOS**

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**

**FORTALEZA - CE**

**1999**

M 382c  
1999

Matos, Márcia Maria de

Conservação e manejo de um podzólico vermelho-amarelo com umbuzeiro em fase juvenil de reflorestamento sob déficit hídrico no semi-árido/ Márcia Maria de Matos. – Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/ Departamento de Ciências do Solo, 1999.

54 f. : il.

1. Manejo do solo. 2. Umbuzeiro. 3. Déficit hídrico. 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.



---

Márcia Maria de Matos

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 16 / 11 / 1999



---

Prof. José Ronaldo Coelho Silva, Ph.D.


Orientador da Dissertação



---

Prof. Boanerges Freire de Aquino, Ph.D.

Conselheiro, UFC.



---

Maria Pinheiro F. Corrêa, Dra.

Conselheira, EMBRAPA

A Virgem Maria,  
aos meus filhos Miguel Arcanjo Serra e  
Marcus Rafaell Serra.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À *DEUS*, pela energia que move todo o universo.

A minha mãe o meu muito obrigada.

Ao meu companheiro Joaquim Ignácio Serra pela paciência e compreensão

Ao meu orientador Prof. José Ronaldo Coelho Silva pelo oportunidade, dedicação, apoio e orientação constante durante a realização deste trabalho.

A Antonio Nilson Holanda e sua esposa Silva pela prestimosa cooperação.

Ao grande “Jurista” Des. Edgar Carlos Amorim, pela permissão concedida para que eu ingressasse e concluísse o curso de mestrado.

Ao Presidente do Tribunal de Justiça do Estado do Ceará, Des. Águeda Passos pelo brilhante trabalho frente a sessão do Tribunal Pleno quando foi julgado o meu processo de afastamento.

Ao Dr. Pedro Henrique pela educação, presteza e colaboração.

A Universidade Federal do Ceará, através da Coordenação do Curso de Mestrado em Agronomia - área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, pelo apoio e oportunidade de aperfeiçoamento.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo.

À Diretoria do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, pela realização desta pesquisa.

Aos Professores Elder Guergel Souza Moreira, Vlândia Pinto Vidal de Oliveira, Boanerges Freire de Aquino, Pedro Zione de Souza e Lindberg Lima Gonçalves pela presença constante nas horas mais difíceis.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

A EMPBRAPA pela obtenção dos dados climáticos.

Aos funcionários da Fazenda Lavoura Seca da universidade Federal do Ceará, pelo apoio na realização do experimento em campo.

## SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS .....	viii
LISTA DE FIGURAS. ....	ix
RESUMO. ....	xi
SUMMARY .....	xiii
1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Características xerófilas do umbuzeiro e sua adaptabilidade ao semi-árido ....	4
2.2. Erosão e seu impacto sobre a produtividade do solo. ....	6
2.3. Cobertura morta: seus efeitos e importância em regiões semi-áridas. ....	9
2.4. Matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. ....	11
2.5. Aplicação foliar de nutrientes. ....	12
3 - MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1. Local e Época do experimento. ....	14
3.2. Clima. ....	14
3.3. Vegetação natural. ....	14
3.4. Solo e classes de erosão. ....	15
3.5. Delineamento experimental. ....	15
3.6. Determinações biométricas em plantas da fase juvenil. ....	16
3.7. Avaliação do desenvolvimento das plantas. ....	20
3.8. Análises estatísticas das médias e interações. ....	21
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
4.1. Caracterização do solo conservado e em estágio de degradação por erosão. ....	22
4.2. Percentagem de sobrevivência das plantas .....	24
4.3. Efeitos dos tratamentos em relação ao desenvolvimento das plantas nos solos sob diferentes estágios de erosão. ....	25
4.3.1. Diâmetro do caule. ....	26

4.3.2. Número de ramos. ....	30
4.3.3. Altura das plantas - .....	33
4.4. Caracterização agroclimática em relação ao desenvolvimento das plantas. ....	36
4.4.1. Precipitação. ....	36
4.4.2. Balanço hídrico. ....	37
4.5. Cobertura morta e sua relação com o regime hídrico do solo e desenvolvimento das plantas nos solos conservado e degradado. ....	39
5. CONCLUSÕES. ....	45
6. LITERATURA CITADA .....	46

## LISTA DE QUADROS

QUADRO	PÁGINA
<b>Quadro 1</b> - Características morfológicas, físicas e químicas do Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico na camada arável (0 - 20 cm) nos estágios conservado e degradado, antes do plantio das mudas de umbuzeiro. ....	23
<b>Quadro 2</b> - Análise de variância e média das percentagens de aumento de diâmetro nos diferentes tratamentos aplicados aos solos conservado e degradado. ....	29
<b>Quadro 3</b> - Análise de variância e média do aumento de diâmetro nos diferentes tratamentos aplicados aos solos conservado e degradado. ....	30
<b>Quadro 4</b> - Análise de variância e média do número de ramos nos diferentes tratamentos aplicados aos solos conservado e degradado. ....	32
<b>Quadro 5</b> - Análise das médias e da variância dos dados de percentagem de aumento de alturas das plantas. ....	35
<b>Quadro 6</b> - Análise das médias e da variância dos dados de percentagem de aumento de alturas das plantas. ....	35

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
<b>Figura 1a.</b> Delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições das unidades experimentais, correspondendo às plantas dispostas em grupos de dois pares para cada tratamento, distanciadas de 7 m entre si, no solo com erosão laminar ligeira. ....	17
<b>Figura 1b.</b> Delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições das unidades experimentais, correspondendo às plantas dispostas em grupos de dois pares para cada tratamento, distanciadas de 7 m entre si, no solo com erosão forte. ....	18
<b>Figura 2.</b> Aumento de diâmetro (A), diâmetro inicial (DI) e diâmetro final (DF) das plantas à altura do colo em 4 de junho de 1997 e em 27 de agosto de 1999 no solo degradado. ....	28
<b>Figura 3.</b> Aumento de diâmetro (A), diâmetro inicial (DI) e diâmetro final (DF) das plantas à altura do colo, em 4 de junho de 1997 e em 27 de agosto de 1999 no solo conservado. ....	28
<b>Figura 4.</b> Número de ramos das plantas em relação aos diferentes tratamentos nos solos degradado e conservado. ....	31
<b>Figura 5.</b> Aumento de altura (A), altura inicial (AI) em 4 de junho de 1997 e altura final (AF) das plantas em 27 de agosto de 1999 em relação aos diferentes tratamentos no solo conservado. ....	34
<b>Figura 6.</b> Aumento de altura (A), altura inicial (AI) em 4 de junho de 1997 e altura final (AF) das plantas em 27 de agosto de 1999 em relação aos diferentes tratamentos no solo degradado. ....	34
<b>Figura 7.</b> Seqüência anual das precipitações do período estudado em Quixadá - CE comparadas à média histórica. <sup>(1)</sup> Precipitação ocorrida de janeiro a agosto de 1999. ....	37
<b>Figura 8.</b> Balanço hídrico, precipitação (P), evapotranspiração potencial (EP), evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) da média histórica mensal e anual de Quixadá - CE (1980-1997). Capacidade de água disponível de 125 mm. ....	38

<b>Figura 9.</b> Balanço hídrico, precipitação (P), evapotranspiração potencial (EP), evapotranspiração real (ER) e deficiência hídrica (DEF) no ano de 1998 em Quixadá (CE). Capacidade de água disponível de 125 mm. ....	38
<b>Figura 10.</b> Evolução da umidade do solo conservado à profundidade de 25 cm nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M) durante o período de junho de 1998 a agosto de 1999. Média de 4 repetições. ....	41
<b>Figura 11.</b> Seqüência do crescimento percentual do diâmetro das plantas no solo conservado em relação aos intervalos de maio a novembro de 1998, novembro de 1998 a março de 1999, março a agosto de 1999 e no período novembro de 1998 a agosto de 1999 nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M). ....	41
<b>Figura 12.</b> Evolução da umidade do solo degradado à profundidade de 25 cm nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M) durante o período de junho de 1998 a agosto de 1999. Média de 4 repetições. ....	42
<b>Figura 13.</b> Seqüência do crescimento percentual do diâmetro das plantas no solo degradado em relação aos intervalos de maio a novembro de 1998, novembro de 1998 a março de 1999, março a agosto de 1999 e no período novembro de 1998 a agosto de 1999 nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M). ....	42
<b>Figura 14.</b> Aspecto do desenvolvimento das plantas nos diferentes tratamentos no solo sob erosão forte. ....	43
<b>Figura 15.</b> Aspecto do desenvolvimento das plantas nos diferentes tratamentos no solo sob erosão laminar ligeira. ....	44

## RESUMO

Embora a erosão em regiões semi-áridas conduza a perdas graduais da produtividade do solo e riscos crescentes de desertificação, os estudos dirigidos ao seu controle através da recuperação de solos erodidos e proteção e melhoramento de solos ainda em boas condições de produtividade e conservação via sistemas de reflorestamento são virtualmente inexistentes no Estado do Ceará. O presente estudo foi desenvolvido para avaliar o comportamento do umbuzeiro em um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico de Quixadá (CE), sob condições de severo estresse hídrico e duas classes de erosão. Avaliou-se também os efeitos de práticas de manejo e conservação do solo e da água na sobrevivência e crescimento das plantas de acordo com os seguintes tratamentos: testemunha (T), adubo orgânico (AO), adubo foliar (AF), adubo orgânico + adubo foliar (AOF), cobertura morta (M) e combinação dos adubos foliar e orgânico + cobertura morta (AOFM). Mudanças de umbuzeiro desenvolvidas em condições de campo sob severa deficiência hídrica, durante 29 meses, quando as chuvas em 1997, 1998 e nos primeiros oito meses de 1999 foram, respectivamente, 297,9 mm, 665,9 mm e 155,4 mm abaixo da média histórica de Quixadá - CE (931,4 mm) mostraram uma excepcional taxa de sobrevivência igual a 87,5 % no solo estudado tanto no estágio de erosão laminar ligeira quanto no estágio de erosão forte. Essa taxa de sobrevivência em confronto com o balanço hídrico o qual mostrou alta deficiência hídrica (1187 mm em 1997 e 1970,9 mm em 1998) confirmou o alto grau de adaptabilidade do umbuzeiro a extremas condições de seca. Ao final do período estudado, as melhores condições edáficas no estágio de erosão laminar ligeira, principalmente relacionadas com a profundidade efetiva e presença do horizonte A, maior teor de matéria orgânica, porosidade, disponibilidade de água e nutrientes, pH e ausência de Al tóxico, proporcionaram um aumento no número de ramos, maiores diâmetro e altura quando comparadas a esses parâmetros biométricos obtidos no solo degradado sob erosão forte no qual o afloramento do horizonte B estava fortemente correlacionado com propriedades físicas e químicas desfavoráveis. Em termos de aumento percentual de diâmetro e altura, entretanto, o solo degradado apresentou uma melhor eficiência de todos os tratamentos aplicados no sentido de melhorar as propriedades de ambos os solos, sugerindo, conseqüentemente, que as melhores condições do solo menos erodido, já eram suficientes para a satisfação de maior parte das necessidades das plantas em contraste com o solo degradado onde os tratamentos, notadamente as adições de matéria orgânica, produziram uma resposta mais rápida e expressiva resposta das plantas à correção das deficiências desse solo em nutrientes, pH e água disponível. Observou-se uma resposta significativa no crescimento das plantas à interação de solos quando considerados todos os parâmetros biométricos, porém a interação solos *versus* tratamentos não foi significativa enquanto a interação tratamentos foi significativa apenas para o número de ramos. Considerando todos os tratamentos em ambos os solos, a

testemunha (T), o adubo foliar (AF) e o adubo orgânico (AO) quando isolados mostraram os menores efeitos, enquanto a cobertura morta (M), isoladamente ou em combinação com os adubos foliar e orgânico (AOFM), seguidos pela combinação desses dois fertilizantes (AOF) conduziram aos maiores aumentos de diâmetro das plantas, altura e número de ramos. Considerando a adaptabilidade do umbuzeiro às severas condições de estresses hídrico e edáfico, principalmente no solo degradado, uma promissora estratégia poderia ser formulada para seu aproveitamento no reflorestamento, tanto no sentido de melhorar e proteger contra a erosão os Podzólicos ainda em bom estágio de conservação, quanto no aspecto de restaurar a produtividade desses solos em áreas do semi-árido degradadas pela erosão no Ceará.

## SUMMARY

Although erosion in semi-arid regions conduces to gradual losses of soil productivity and increasing risks of desertification, studies directed to their control through recuperation of eroded soils and protection and improvement of soils still in better conditions of productivity and conservation, via forestry systems are virtually nonexistent in Ceará State, Brazil. The present study was developed to evaluate the behavior of umbuzeiro trees on a Red-Yellow Podzolic of Quixadá (CE), under conditions of severe water stress and two degrees of erosion, as well as the effects of soil and water management and conservation practices on their survival and growth according to the following treatments: control (C), organic fertilizer (OF), foliar fertilizer (FF), organic + foliar fertilizers (OFF), mulch (M) and combination of fertilizers + mulch (OFFM). Umbuzeiro seedlings grown in field conditions under arduous water stress through 25 months, when rainfalls in 1997, 1998 and the first 8 months of 1999 were, respectively, 397,9 mm, 665,9 mm and 155,4 mm below the normal of Quixadá – CE (931,4 mm), showed an exceptional survival rate of 87,5 % on the studied soil either in stages of slight or severe erosion. This survival rate as confronted to the water balance which showed high humidity deficiency (1187 mm in 1997 and 1970,9 mm in 1998) confirmed the high degree of umbuzeiro adaptability to extreme conditions of drought. By the end of the studied period, better edaphological conditions in stages of slight degree of erosion, mainly related to effective depth and presence of an A horizon, higher organic matter content, porosity, water and nutrients availability, pH and absence of Al toxicity, proportioned an increase in number of stems, greater diameter and height as compared to these biometric parameters attained on the degraded soil in stage of severe erosion where the B horizon emergence was strongly correlated to worse physical and chemical properties. In terms of percentual increases in diameter and height, however, the degraded soil showed a better performance in efficiency of all the applied treatments directed to improve properties in both soils properties, consequently suggesting that the better edaphological conditions of the less eroded soil were already sufficient to most of the trees requirements in contrast to the degraded soil where the ammendments, notably organic matter additions, produced a faster and more expressive response of the plants to the correction of this soil deficiencies in nutrients, pH and water. There was a significant response of plants growth to soils interaction when considered all the biometric parameters but the soil versus treatments interactions were not significative while the treatments interaction was significant only when considered the number of stems. All treatments considered on both soils, the control (C), the foliar (FF) and organic (OF), fertilizers when placed alone, showed the smaller effects, while the mulch (M) isolatedly or in combination with the organic and foliar fertilizers (OFFM) followed by the combination of organic and foliar fertilizers (OFF) conduced to the higher increases in the trees diameter, height an number of stems. Considering the umbuzeiro adaptability to severe water and edaphological stresses, notably on the degraded soil, a promising strategy could be formulated to its use in forestry directed to enhance and protect

*Podzolics still in good stages of soil conservation as well as to restore these soils productivity in erosion degraded semi-arid areas of Ceara State- Brazil.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Ceará tem uma área de 148.016 km<sup>2</sup>. Cerca de 92 % dessa região apresenta tipos climáticos árido e semi-árido com predominância de vegetação de caatinga onde encontram-se vastas áreas de solos em avançado estágio de degradação como consequência de altos índices de erosividade das chuvas e moderada à alta erodibilidade dos solos. Em consequência, verifica-se acentuado declínio da produtividade dos solos afetados pela erosão hídrica afetando sobremaneira a sustentabilidade da agricultura familiar desenvolvida em pequenas propriedades que predominam nessa região.

Segundo informações da SEAGRI a previsão de área irrigada no Ceará (644,5 km<sup>2</sup>) nos próximos 3 anos não atinge 0,5 % da área do Estado. Quando completo todo o plano de irrigação, estimado para cobrir 6 % da área do Ceará, ainda assim 13.913.504 ha estariam desassistidos e dependentes de agricultura de sequeiro. É um dever portanto de nossa classe agrônoma, desenvolver estratégias de sustentabilidade agrícola para a população que hoje sobrevive no limiar da miséria nessa enorme área dependente apenas das erráticas precipitações naturais.

Nessas áreas não irrigadas do Ceará, os processos de degradação vêm sendo particularmente agravados pelo manejo predatório da vegetação e ausência generalizada de práticas de controle da erosão e manejo conservacionista do solo e da água. Urge portanto, a realização de pesquisas que tentem viabilizar a recuperação dos solos degradados, aproveitar racionalmente aqueles ainda em bom estado de conservação, e prevenir o alastramento do processo de desertificação já em curso acelerado em alguns dos frágeis ecossistemas dessa região (SILVA, 1999).

Considerando o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* A. Camara) uma árvore frutífera nativa da região semi-árida do Nordeste adaptada às condições de altas temperaturas, à escassez de umidade e aos solos locais, pesquisas dirigidas à análise do comportamento desse vegetal em condições de solos conservados e degradados, poderão conduzir a resultados que promovam uma significativa melhoria no manejo integrado do trinômio solo/água/planta. Acrescente-se que o umbuzeiro fornece frutas de alto valor nutritivo na

fase crítica de escassez de alimentos dos sertanejos, coincidindo com o início do ano quando os agricultores já esgotaram praticamente todos os escassos recursos de culturas de subsistência produzidos no inverno anterior.

Além disso, o presente estudo visa avaliar a eficiência dessa árvore como cobertura protetora do solo contra o embate das chuvas de alta erosividade e seu papel na auto-sustentação da produtividade do solo, proteção ambiental e alternativa econômica como fonte adicional de renda para a agricultura familiar e de médio porte em áreas desprovidas dos benefícios da irrigação.

Diante dessas considerações justifica-se a continuação da presente pesquisa, pioneira no Estado do Ceará, iniciada em 1996, pelo Prof. José Ronaldo Coelho Silva (SILVA, 1997) e alunos de Mestrado, José do Egito Sales Andrade, Raimunda Nonata Nunes Fernandes, Márcia Maria de Matos do Departamento de Ciências do Solo da UFC e Pesquisadora da EMBRAPA-CNPAT Maria Pinheiro Fernandes Corrêa. Propõe-se a estudar o comportamento do umbu em solo degradado pela erosão e em solo ainda em bom estado de conservação contemplando seus manejos com cobertura morta e fertilizantes orgânicos e químicos via foliar. Os resultados da pesquisa poderão oferecer técnicas para a formação e condução de pomares com essa espécie de árvore adaptada ao regime de altas temperaturas e forte escassez de água características da região semi-árida do Ceará.

O presente trabalho direcionou-se aos seguintes objetivos:

a) Avaliar o comportamento do umbuzeiro em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico em bom estágio de conservação (erosão laminar ligeira) e degradado (erosão forte) e como as diferentes condições edáficas relacionadas com essas classes de erosão interferem no desenvolvimento dessa árvore;

b) Determinar o efeito de técnicas de conservação e manejo desse solo com base na adubação orgânica, química via foliar e na cobertura morta, isoladamente ou em associação, visando melhorar as condições do solo conservado e restaurar a produtividade do solo degradado;

c) Avaliar a eficiência da cobertura morta na economia de água do solo e em seu melhor aproveitamento pelas plantas em condições de forte déficit hídrico ocorrido ao

longo de 29 meses de desenvolvimento das plantas em condições de campo, sem irrigação, e

d) Contribuir para a definição de uma estratégia de melhoria das propriedades de solos ainda em bom estágio de conservação e recuperação da produtividade de solos degradados no Ceará, através do reflorestamento com umbuzeiro, no sentido de promoção de uma agricultura sustentável, ambientalmente equilibrada e economicamente viável.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Características xerófilas do umbuzeiro e sua adaptabilidade ao semi-árido

O clima semi-árido do Nordeste brasileiro, onde enquadra-se o local do presente estudo, caracteriza-se pelas baixas e incertas precipitações inferiores a 1000 mm, concentradas principalmente em fevereiro e março, um longo período seco no segundo semestre do ano, temperaturas médias de 22 a 28 ° C e alta insolação média (2800 horas/ano). Entretanto, a maior adversidade climática pela qual passam as plantas dessa região é a elevada evapotranspiração potencial que oscila em torno de 1500 a 2000 mm/ano conduzindo a forte deficiência hídrica em períodos que variam de 6 até 11 meses (IBGE, 1977).

Para superar déficits de água de tamanha magnitude e por tanto tempo, o longo processo de evolução das plantas da região levou-as a desenvolver mecanismos fisiológicos de adaptação fundamentados na necessidade de maximizar a economia de água e minimizar a transpiração. O umbuzeiro representa uma das plantas xerófilas onde esses mecanismos estão bem caracterizados. Nesse sentido, ANDRADE (1967) adverte "que a lavoura seca nordestina há que ser baseada no xerofilismo, buscando plantas que tolerem a escassez d'água, que fogem aos efeitos da deficiência hídrica ou que resistam às secas. A ecologia do Nordeste é formadora de plantas. O clima ensolarado, os solos de limitada capacidade hídrica, a irregularidade das chuvas constituíram condições mais adequadas aos vegetais perenes do que às plantas anuais herbáceas."

PIRES (1990) realizou uma extensiva revisão sobre a taxonomia do umbuzeiro na qual grande parte dos mecanismos de adaptação dessa planta à seca, abordados pelos autores abaixo citados também foi incluída.

TIGRE (1970) comentando sobre a "majestade criadora da Natureza" destaca o umbuzeiro como uma das plantas da zona seca nas quais as reservas de água e nutrientes nas raízes e nos caules "entre outras espécies que a Providência dotou contra a excessiva

evaporação e a manutenção da vida latente nos períodos de verão prolongados ou secas declarada.

BRAGA (1960) afirma que o umbu constitui recurso considerável à sobrevivência do homem do campo e que em épocas de secas acentuadas, chega a alimentar sua família quase que exclusivamente de seus frutos. Citou Euclides da Cunha que descreve essa espécie como a "Árvore sagrada do sertão. Sócia fiel das rápidas horas felizes e longos dias amargos dos vaqueiros. Representa o mais frisante exemplo de adaptação da flora sertaneja ... reagindo, por fim, desafiando as secas duradouras, sustentando-se nas quadras miseráveis mercê da energia vital que economiza nas estações benéficas, das reservas em grande cópia nas raízes."

O armazenamento de água e substâncias nutritivas nos xilopódios que caracteriza o xerofilismo desta espécie foi estudado por SILVA & SILVA (1976) que observaram que logo após a emissão radicular, a raiz vai se avolumando, logo abaixo do colo, formando uma espécie de túbera (xilopódio), que varia de forma e tamanho.

ANDRADE (1998) referiu-se a SILVA *et al.* (1988) que estudando a ocorrência de xilopódios através dos processos sexuais e assexuais em substrato areno-argiloso, verificaram que após 60 dias de plantio todas as plantas oriundas de sementes haviam iniciado a formação de xilopódios no sistema radicular, o mesmo não acontecendo nas mudas provenientes de estacas, só ocorrendo nestas após 240 dias de plantio. Segundo os autores, após 540 dias do plantio, mudas provenientes de estacas formaram xilopódios, cujas dimensões máximas foram 26 cm de comprimento, 7,5 cm de diâmetro e pesando 648 gramas. Entretanto ANDRADE (1998), produziu mudas de umbuzeiro oriundas de sementes e verificou aos 140 dias após a semeadura que os xilopódios atingiram um peso fresco, variando de 179,6 a 266,2 g comprimento de 80 cm e maior diâmetro de cerca de 5 cm, com umidade de 91,7%. MENDES, (1990), também referido por esse autor, relata em umbuzeiros adultos a ocorrência de xilopódio com cerca de 20 cm de diâmetro, 4 kg de peso fresco e medindo aproximadamente 50 cm de comprimento confirmando que o mecanismo fisiológico ligado ao controle da transpiração dessa árvore nas horas de maior temperatura diária contribui para o armazenamento da água nessas túberas.

Outro mecanismo importante de adaptação do umbuzeiro à adversidade climática do semi-árido é o fechamento dos estômatos o qual comparado com o de outras plantas da caatinga de Paulo Afonso - BA estudado por FERRI (1953) como o mais eficiente de todas as espécies estudadas. Verificou também que o umbuzeiro restringe o consumo de água "antes mesmo que ela possa faltar, ou seja, antes das últimas chuvas da estação" e que essa árvore apresenta o máximo de transpiração às nove horas da manhã, após o que inicia o fechamento dos estômatos, fazendo com que a transpiração decresça continuamente.

Finalmente, não deve ser esquecido que a diminuição da área de transpiração da planta pelo desfolhamento natural na época seca constitui uma de suas melhores defesas conforme abordado por DUQUE (1973): " A acomodação à secura, que se estereotipou nas plantas espontâneas pela queda das folhas para reduzir a transpiração, pelos caules suberosos para esconder os vasos do calor, pelas reservas acumuladas nas raízes para nutrir a planta, é uma poupança de energias que faz o vegetal, é um ajustamento fitológico às imposições do meio, calcados durante séculos".

São escassas as informações sobre o comportamento do umbuzeiro em condições de campo e em prazos longos, fatores que relevam a importância do presente trabalho já no terceiro ano de obtenção e divulgação de dados. DRUMOND *et al.* (1997) relataram a sobrevivência do umbuzeiro em condições de campo aos 8 meses, em covas contendo 3 substratos: a) resíduo de mineração de cobre : 87 %; b) bagaço de cana + esterco 3:1 (10 L) + 15 litros de argila + areia + esterco (3:1:1): 100 % e c) 15 litros de substrato argila + areia + esterco (3:1:1): 81 %. Entretanto o experimento foi irrigado, enquanto que o presente trabalho desenvolveu-se totalmente em condições de "*dry farming*".

## **2.2. Erosão e seu impacto sobre a produtividade do solo**

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) as terras agrícolas tornam-se gradualmente menos produtivas por quatro razões principais: degradação da estrutura do solo, redução da matéria orgânica, perdas de solo, água e de nutrientes. A crescente degradação dos solos por erosão vem inclusive atingindo os recursos da fauna, flora e

água no semi-árido. Segundo ARAÚJO FILHO & CARVALHO (1996) o modelo extrativista predatório vigente já provocou perdas irrecuperáveis na diversidade desses recursos, declínio da fertilidade do solo e da qualidade da água pela sedimentação. Mais que em termos qualitativos, essa observação foi confirmada em determinações quantitativas por SILVA (1999), ao correlacionar e validar o Índice de Produtividade de Riquier *et al.* (1975) com o rendimento de culturas em solos do semi-árido entre os quais os Podzólicos. Sua susceptibilidade à erosão, em Quixadá - CE, foi determinada por SILVA (1994) em 62 avaliações em condições de chuva natural (n=56) e simulada (n=6) em sistemas coletores de perdas de solo e água encontrando valor médio anual (K) igual a 0,01 numa transição portanto de baixa (0,007) a média erodibilidade (0,033) no Sistema Internacional de Unidades.

A erosão é um processo que atua de maneira seletiva, arrastando as partículas mais finas e mais reativas do solo (argila e matéria orgânica) e deixa as partículas mais grossas, pesadas e menos reativas. Em conseqüência, os nutrientes que geralmente se concentram na fina camada arável do solo são também removidos, ocasionando decréscimo na produtividade do solo, visto sob o prisma de um meio natural para nutrição e desenvolvimento das plantas (USDA,1981; RIJSBERMAN & WOLMAN, 1984; LAL, 1985; SILVA *et al.*, 1985; SILVA, 1990, SPAROVEK *et al.*, 1991, SPAROVEK *et al.*, 1993).

EL-SWAYFI & DANGLER (1982) alertaram que a erosão do solo é talvez a mais séria forma de degradação da terra através de toda a superfície do globo e que mesmo nos Estados Unidos após intensivas pesquisas por mais de 40 anos o problema ainda persistia.

No aspecto morfológico, SILVA (1999) estudando em Quixadá (CE) um Podzólico Vermelho-Amarelo, em bom estágio de conservação observou que a cor úmida do horizonte Ap do solo, bruno amarelado escuro (10 YR 4/4), estava associada ao maior teor de matéria orgânica (1,8 %), ao menor teor de argila (14,3 %) e a menor densidade do solo (1,46 Mg m<sup>-3</sup>). Nesse mesmo solo, porém degradado por forte erosão e compactado por mecanização irracional em seu preparo, com o afloramento do B textural, a cor úmida mudava para vermelho amarelado (5 YR) associando-se à redução

no teor de matéria orgânica (0,6 %), maior teor de argila (27,4 %) e aumento da densidade do solo ( $1,72 \text{ Mg m}^{-3}$ ).

SILVA & ANDRADE (1999) detectaram que mudas de umbuzeiro formadas em substrato de Podzólico degradado por erosão apresentaram redução de 95%, 93%, 90%, 81% e 59%, na biomassa de raízes, do xilopódio, comprimento das raízes, comprimento e diâmetro do xilopódio, respectivamente, em comparação com esses parâmetros no mesmo solo em melhor estágio de conservação.

SILVA *et al.* (1998a,b) em solo Bruno Não Cálcico verificaram também forte degradação provocada por erosão em características físicas e químicas do solo e melhor resposta de técnicas de adubação verde e inoculação com rizóbios no solo conservado que no degradado.

SILVA (1996) e SILVA & LEITÃO (1997) examinando o efeito da remoção gradual de camadas superficiais de Podzólicos Vermelho-Amarelos eutróficos verificaram redução em profundidade nos teores de N, P, K, Ca, Mg, matéria orgânica, água disponível, pH e aumento da densidade aparente. Como consequência, o Al tendeu a crescer no complexo de troca. Verificaram, ainda, que o aumento da argila aumentava o teor de umidade com a profundidade. A alta superfície específica dessas partículas e sua alta capacidade de retenção de água são propriedades inerentes à sua natureza coloidal, porém, nos trabalhos citados, em face das perdas de fertilidade, isso não compensou em formas de rendimento de milho e feijão e desenvolvimento de mudas de sabiá. Constataram, portanto a perda de produtividade do solo, provocada pela diminuição em profundidade dos macronutrientes, matéria orgânica e aumento da densidade aparente.

Resultados idênticos também foram verificados por (DEDECEK,1992) com relação a aumentos da densidade do solo como consequência da redução na porosidade associada à mecanização mal conduzida e por Langdale & Shrader, (1982) citados por DEDECEK, (1987) com relação ao efeito da erosão na diminuição da disponibilidade de N para as plantas visto que cerca de 50% do P presente nos solos e parte do N disponível para mineralização está na forma orgânica.

### 2.3. Cobertura morta: seus efeitos e importância em regiões semi-áridas

Para produção de culturas de sequeiro em regiões semi-áridas, é necessário incrementar a água utilizável pelas plantas, através da maior retenção da água de chuva no solo, redução das perdas por evapotranspiração, e utilização de culturas que sejam tolerantes a seca e cujo ciclo de crescimento se ajuste à distribuição das chuvas. Não resta dúvida que a cobertura morta além do máximo controle da erosão que proporciona, satisfaz integralmente esses requisitos de conservação do solo e produção agrícola sustentável em bases de sequeiro, posto que é um método econômico de aumento da produção, adiciona e recicla matéria orgânica, reduz a evaporação da água do solo, aumenta a infiltração e conduz ao melhor aproveitamento dessa água infiltrada (OLSON & HORTON, 1975; MOCK & ERBACH, 1977; SINGER & BLACKARD, 1977; LAL *et al.*, 1980; UNGER & WIESE, 1979).

Considerando que a água geralmente é o fator limitante para a produção agrícola nas regiões semi-áridas, as práticas que reduzem as perdas por evaporação e minimizam ou eliminam as enxurradas, resultam em mais precipitações tornarem-se disponíveis para as culturas. Sorgo granífero desenvolvido em solo coberto com 12 t/ha de mulch proveniente de palha de trigo estocou 147 mm de água precipitada correspondendo a 46% do total de chuvas e produziu 3,990 t/ha em contraste com 72 mm (23% das chuvas) e 1,780 t/ha em solo sem cobertura (STEWART *et al.*, 1985).

CHAUDHARY & PRIHAR (1974) detectaram que a cobertura morta condicionava maior conteúdo de água no solo na profundidade de 0-7,5 cm, indicando uma redução nas perdas por evaporação. Já na camada de 7,5-15 cm o teor de umidade do solo sob cobertura diminuía em função de seu consumo pelo sistema radicular do milho nessa profundidade.

MELO FILHO & SILVA (1993) determinaram que comparado ao solo descoberto, a manutenção da cobertura morta sobre o solo não somente controla as perdas de solo mas é também um fator de controle das perdas de água promovendo maior infiltração, reduzindo a evaporação e aproveitando a água absorvida de forma econômica para a produção de plantas mais produtivas e vigorosas que no aquelas desenvolvidas em solo sem cobertura.

DANTAS & SILVA (1999) também observaram em podzólico, que a cobertura morta com bagaço de cana triturado (34 t/ha) reduziu as perdas de solo em 37 t/ha e as perdas de água em 21 mm no solo coberto em relação ao solo descoberto em manejo convencional. Na Dissertação de Mestrado do primeiro autor (DANTAS, 1995) o maior teor de umidade do solo coberto ocorreu a 5 cm de profundidade indicando maior controle da evaporação em relação ao solo descoberto. Entretanto, nas profundidades de 25 e 50 cm a cobertura apresentou menor teor de umidade revelando que o aumento da água infiltrada determinado nas parcelas com cobertura foi utilizado com eficiência pelas raízes pois as plantas nesse tratamento apresentaram maior biomassa e rendimento que no solo descoberto.

BRAGAGNOLO & MIELNICKZUK (1990) observaram que os restos atuam na conservação da água pela redução das taxas de evapotranspiração, além de manterem taxas mais elevadas de infiltração.

A cobertura morta está intimamente associada ao plantio direto na palha e nenhum sistema de conservação e manejo do solo e da água atingiu uma área tão vasta e em prazo tão curto como esse sistema no Brasil. Iniciado em 1972 com menos de 100 ha o plantio direto já ocupa hoje cerca de 10 milhões de hectares mostrando sua viabilidade técnica e econômica face a essa expressiva aceitação pelos agricultores brasileiros (APDC, 1998). Nesse sistema, o cultivo mínimo é um importante componente porém sua maior vantagem é a proporcionada pela cobertura morta da palha no sentido de reduzir as perdas de solo a níveis abaixo da tolerância e promover altas taxas de economia de água no solo via redução da evaporação, além da conservação da matéria orgânica. A natureza da presente revisão não permite a citação de centenas de trabalhos sobre esse tema, porém especificamente nos podzólicos, classe de solo estudada neste trabalho, DEMARIA (1999) cita dados de Benatti Jr. *et al.* (1977), Eltz *et al.* (1977), Eltz *et al.* (1984ab), Nunes Filho *et al.* (1987), Levien *et al.* (1990), Melo Filho & Silva (1993) os quais verificaram que no plantio direto na palha as perdas de solo situavam-se numa faixa de 1 a 33 % das que ocorriam no plantio convencional com solo descoberto. Quanto às perdas de água as perdas no plantio direto variavam de 61 a 99% das que ocorriam em solo descoberto. É indiscutível, portanto, a economia de solo e água promovida pela cobertura morta.

#### 2.4. Matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo

KIEHL (1985) abordou com detalhes os principais efeitos positivos da matéria orgânica nas propriedades do solo reportando que esse constituinte reduz a densidade do solo, melhora a estrutura, melhora a aeração e drenagem, aumenta a retenção e armazenamento de água, é fonte de macro e micronutrientes para plantas e microrganismos, reduz o teor de Al tóxico, eleva o pH e possui elevado poder tampão evitando variações na acidez e na alcalinidade provocada pelos adubos químicos. Nas propriedades físico-químicas citou a adsorção de nutrientes, a alta capacidade de troca de cátions, alta superfície específica e nas propriedades biológicas citou a matéria orgânica como fonte de energia para a macro e microbiologia do solo estimulando a absorção de nutrientes.

GRIFFITH & REETZ Jr. (1994) indicou que o potencial de rendimento das culturas aumenta mais de 20% para cada aumento de 1% no carbono orgânico do solo. Maior quantidade de restos e seu melhor manejo melhora o ambiente do solo no sentido de seqüestrar o C promovendo o aumento da matéria orgânica e, conseqüentemente, a capacidade de retenção de nutrientes vegetais na zona das raízes é aprimorada.

HUDSON (1994) demonstrou claramente a correlação positiva e altamente significativa entre a matéria orgânica e a capacidade de água disponível em solos de diferentes classes texturais sugerindo que esse constituinte do solo deve ser considerado um fator chave na produtividade, especialmente em agricultura de sequeiro.

SILVA & SILVA (1998) verificaram a eficiência do esterco de galinha em relação ao esterco bovino e particularmente em relação à testemunha evidenciada pelos aumentos de 28 % no comprimento das espigas, de 105 % no número de grãos por espiga, de 184 % no rendimento do milho e de 172 % na biomassa. Na dose de 14,3 t/ha, esse adubo orgânico, revelou-se como uma excelente fonte alternativa de nutrientes para o milho irrigado em solo Aluvial, além de sua economicidade em face do menor volume aplicado quando comparado aos demais tratamentos em estudo. O esterco bovino também superou a testemunha em todos os parâmetros analisados.

CUNHA & RIBEIRO (1998) detectaram que ação antrópica relacionada com desmatamentos, queimadas, redução de aportes orgânicos e pulverização do solo pela mecanização excessiva conduzia a um maior teor de ácidos fúlvicos na matéria orgânica influenciando negativamente a estrutura do solo enquanto que em áreas onde a fração orgânica constituía-se de compostos bem polimerizados, era bastante estável e exercia papel de agente estabilizador da estrutura.

Situação semelhante foi detectada por COSTA & SILVA (1997) na chapada da Ibiapaba onde determinaram que em consequência das elevadas taxas de erosão local, motivadas principalmente pela ausência de cobertura dos solos pelos restolhos, os teores de matéria orgânica apresentaram, no intervalo de 11 anos, declínio de 63 % em Tianguá, 58 % em Ubajara, 50 % em Viçosa, 31 % em Ibiapina e 7 % em Guaraciaba. Considerando a média de todas as análises o teste t de Student, significativo ao nível de 0,001 %, revelou um alarmante decréscimo de 56 % nos teores de matéria orgânica dos solos locais o qual diminuiu de 1,93 % em 1980 para 0,85 % onze anos após. Ressalte-se que no semi-árido as temperaturas mais elevadas e o baixo índice pluviométrico condicionam não somente teores mais baixos de matéria orgânica, mas também uma mineralização que pode ser até cerca de cinco vezes mais rápida que a de climas mais amenos (SANCHEZ E LOGAN, 1992).

De acordo com HERNANI *et al.* (1999) o plantio direto na palha foi o sistema mais eficaz no controle da erosão, perdendo as menores quantidades totais de nutrientes e matéria orgânica em relação aos sistemas convencionais de preparo com uso de grades pesadas e escarificadores.

## **2.5. Aplicação foliar de nutrientes**

A aplicação foliar de nutrientes constitui-se em uma prática de relevante importância na agricultura, embora o interesse dos cientistas pelo conhecimento das características morfológicas e fisiológicas das folhas já tenha se manifestado há mais de um século (CAMARGO, 1960).

A absorção de nutrientes pelas folhas foi observada pela primeira vez por Gris, em 1844, depois por Mayer, em 1874 e por Bohn, em 1877 mas a aplicação foliar de

nutrientes na agricultura só foi experimentada, com sucesso, em 1916 e 1924, por Johnson, no Havai, que aplicou sulfato ferroso, em aspersões foliares, para corrigir clorose por deficiência de ferro em abacaxi (BOYNTON, 1954).

De acordo com informações pessoais do Prof. José Ronaldo Coelho Silva do DCS-UFC, essa técnica deveria ser melhor pesquisada como alternativa de adubação no período de escassez de umidade do solo em regiões semi-áridas, posto que praticamente não existe bibliografia a esse respeito nessa região. Em Dissertação orientada por esse professor, FERNANDES (1998) observou aumento de diâmetro do caule de umbuzeiros em podzólico degradado por erosão. Esse aumento correspondeu a 33% quando comparado à testemunha onde o adubo foliar não foi aplicado. Isoladamente, entretanto, o adubo foliar foi menos eficiente que a adubação orgânica, o mulch e combinação dessas três técnicas que melhoraram a absorção e retenção de água no solo e mais eficiente aproveitamento da água disponível pelas plantas em um ano de deficiência hídrica extremamente alta.

BOARETTO & MURAOKA (1995) relacionaram os principais problemas e perspectivas da adubação foliar em pesquisas em nível nacional.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local e Época do Experimento

O estudo desenvolveu-se na Fazenda Experimental Lavoura Seca da Universidade Federal do Ceará, em Quixadá - CE, no período de junho de 1997 a agosto de 1999. A área experimental localiza-se a 8 km da sede do Município de Quixadá, a uma altitude de 190 m e coordenadas geográficas de 4° 59' LS e 39° 1' WG.

#### 3.2. Clima

O clima é do tipo Bw da classificação de Köppen. As temperaturas máxima, mínima e média anual na série histórica de 1980 a 1998 atingiram 32,5, 21,6 e 27 ° C, respectivamente. A precipitação média anual é 931,4 mm. No período de fevereiro a maio no qual a precipitação média atinge 733,7 mm, correspondendo a 78,7 % do total, as chuvas atingem altas intensidades e potencial erosivo (AGUIAR *et al.*, 1998). No primeiro ano de determinação da erosividade das chuvas de Quixadá, SILVA *et al.* (1981) determinou o valor de 7086,7 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, concentrando-se 95,1% desse EI30 apenas nos meses de fevereiro, março e abril, o que caracteriza o elevado potencial de erosividade das chuvas locais.

#### 3.3. Vegetação natural

A vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila arbustiva com densidade de aproximadamente 10.000 plantas/ha no estrato arbustivo/arbóreo. Dentre essas plantas destacam-se espécies comestíveis, melíferas e taníferas e forrageiras tais como *Croton sp* (Marmeleiro), *Caesalpinia pyramidalis* (Catingueira), *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Sabiá), *Auxema onocalyx* Taub. (Pau Branco), *Mimosa nigra* Hub. (Jurema), *Croton campestris* St. Hil. (Velame), *Aspidosperma pyriforme* Mart. (Pereiro) e *Cobretum*

*leprosum* Mart. (Mufumbo). O estrato herbáceo é composto de *Aristida setifolia* H.B.K (Capim panasco), *Hyptis spp* (Bamburral), *Stylosanthes sp.* (Erva de Ovelha), *Telanthera sp.* (Cabeça Branca), *Panicum sp.* (Milhã) e *Borreia verticillata* G.F.W. Mayer (Vassourinha de Botão) (UFC, 1979).

### 3.4. Solo e classes de erosão

O solo da área em estudo é o Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico relevo plano fase caatinga hiperxerófila onde foram selecionados dois perfis representativos de duas classes de erosão. O primeiro localizava-se em área sob forte degradação pelo manejo inadequado do solo com mecanização intensiva em preparo convencional, agravado pela ausência de práticas conservacionistas, pastejo dos restolhos e altas taxas de erosão hídrica. Neste, detectou-se a remoção completa do horizonte A e afloramento do horizonte B o que caracterizou uma classe de erosão forte. O segundo perfil foi localizado em área em bom estado de conservação em face da área ser cultivada manualmente, passar por períodos de pousio e manejo menos predatório dos restolhos. Neste, o horizonte A ainda apresentava 12 cm de espessura e a erosão enquadrava-se na classe de laminar ligeira.

### 3.5. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 x 6 (2 solos e 6 tratamentos) com quatro repetições totalizando 48 mudas de umbuzeiro as quais constituíram as unidades experimentais. Utilizou-se bordadura simples com mudas dessa mesma espécie, 30 mudas em cada solo, circundando as áreas do experimento.

Mudas de umbuzeiro com 140 dias foram desenvolvidas em sacos plásticos de 15 dm<sup>3</sup> em substratos do mesmo solo em estágios de erosão laminar e forte, coletados na área experimental. Essas mudas foram transplantadas em covas de 50 cm de profundidade x 40 cm de largura em 9 de abril de 1996 e cultivadas sob condições naturais, sem irrigação. Dois pares das mudas, constituindo, dessa forma, 4 repetições,

dispostas em intervalos de 7 m, foram distribuídas em blocos casualizados. Nessas covas tanto o solo conservado quanto o degradado foram manejados sob diferentes técnicas de melhoramento das propriedades físicas e químicas de acordo com os seguintes tratamentos:

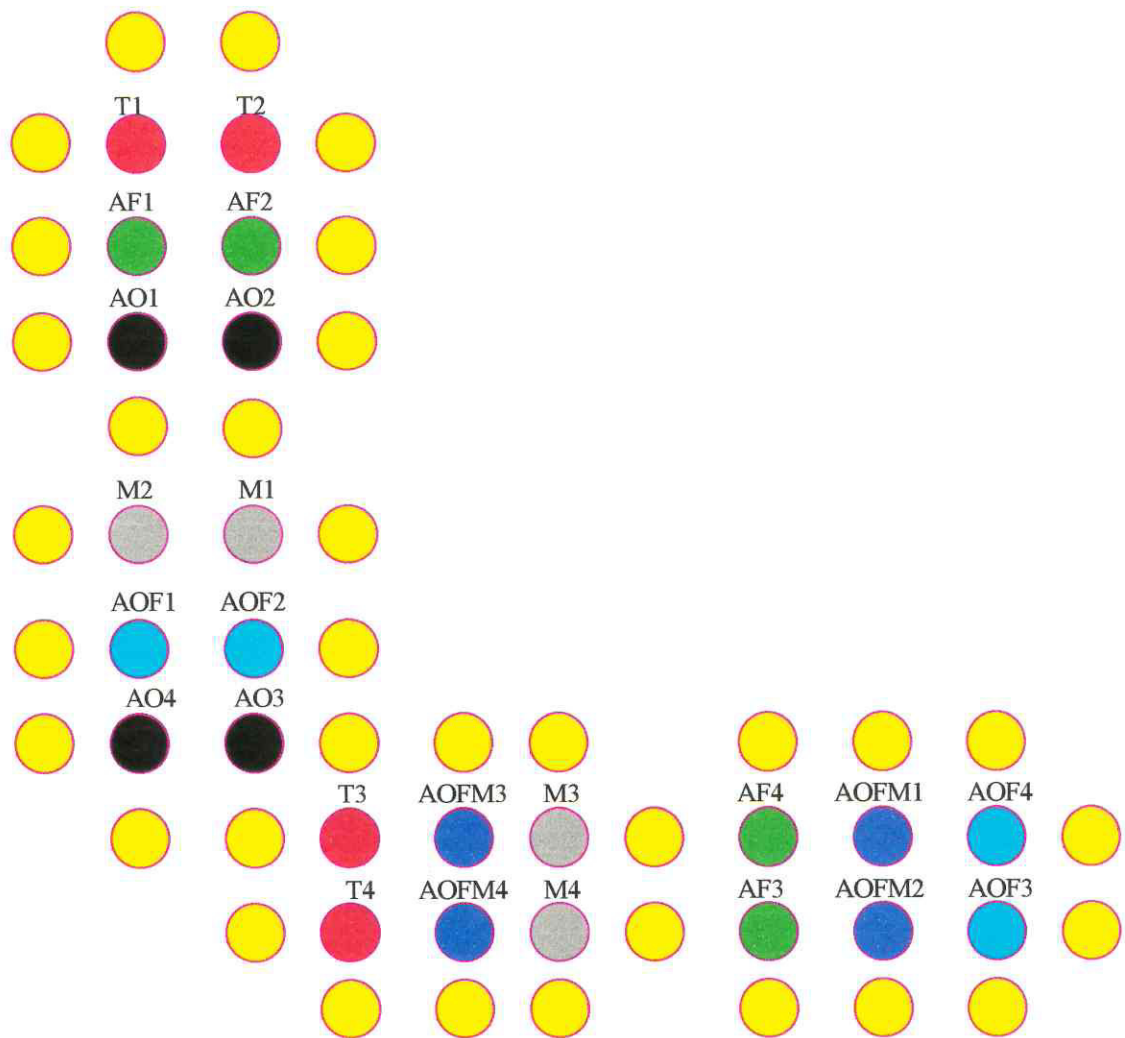
1. **T** (Testemunha) : local onde 12 cm do horizonte A remanescente fora removido pela erosão com afloramento do horizonte B no solo degradado e com presença do horizonte A sob erosão laminar ligeira no solo conservado ;
2. **AO** (Adubação orgânica): ambos os solos receberam 6 kg/cova de esterco de bovinos em 1997 e 12 kg de esterco de caprinos em 1998 e 1999, no início das chuvas;
3. **M** (Cobertura morta) ambos os solos receberam a cobertura morta de 8 kg/cova de ramos de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) e resíduos adicionais proveniente de ervas daninhas eliminadas por ocasião das limpas;
4. **AF** (Adubação foliar): as plantas foram pulverizadas com adubo foliar com macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Bo, Cu ,Fe, Mn, Mo e Zn) na dose de 1ml.L<sup>-1</sup> de água em intervalos de 1 mês. Cada árvore recebia cerca de 400 ml da solução;
5. **AOF** (Adubação orgânica + foliar): idêntico ao **AO** com adição de adubo foliar nas mesmas condições do tratamento **AF**; e
6. **AOFM** (Adubação orgânica + foliar + cobertura morta) : idêntico ao **AOF** com adição de mulch nas mesmas condições do tratamento **M**.

As figuras 1a e 1b mostram o delineamento experimental adotado no solo com erosão laminar ligeira e erosão forte, respectivamente.

Os tratos culturais consistiram de capinas manuais e uso de iscas à base de dodecacloro para controle da saúva, cupinicida Picapau e inseticida Dipterex (marcas comerciais) para controle dos insetos.

### **3.6. Determinações biométricas em plantas na fase juvenil**

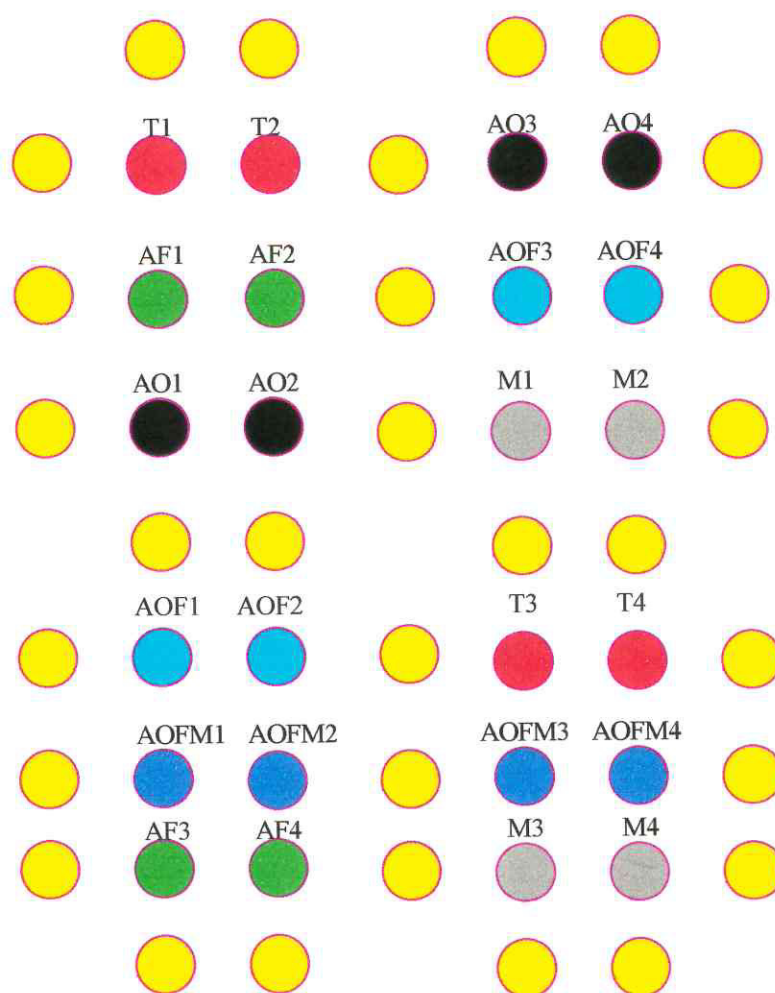
As determinações biométricas foram iniciadas em 4 de junho de 1977 e estenderam-se até 27 de agosto de 1999. Em intervalos variando em torno de 30 dias



### Legenda

- Bordadura
- Testemunha (T)
- Adubo orgânico (AO)
- Adubo foliar (AF)
- Adubo orgânico + adubo foliar (AOF)
- Adubo orgânico + adubo foliar + mulch (AOFM)
- Mulch

Figura 1a. Delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições das unidades experimentais, correspondendo às plantas dispostas em grupos de dois pares para cada tratamento, distanciadas de 7 m entre si, no solo com erosão laminar ligeira.



### Legenda








-  Bordadura
-  Testemunha (T)
-  Adubo orgânico (AO)
-  Adubo foliar (AF)
-  Adubo orgânico + adubo foliar (AOF)
-  Adubo orgânico + adubo foliar + mulch (AOFM)
-  Mulch

Figura 1b. Delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições das unidades experimentais, correspondendo às plantas dispostas em grupos de dois pares para cada tratamento, distanciadas de 7 m entre si, no solo com erosão forte.

foram efetuadas em todas as quatro repetições, correspondendo às plantas de cada tratamento, nos dois solos, determinações biométricas dos seguintes parâmetros:

- **Altura:** medida do colo das plantas até seus ápices dos ramos principais.
- **Diâmetro do caule:** medido no colo das plantas.
- **Número de ramos:** determinado em 27/8/1999 contando-se os ramos a partir do eixo principal.

- **Umidade do solo:** Realizada com quatro repetições através do método gravimétrico (EMBRAPA, 1997) utilizando-se trado para coleta do solo à profundidade de 25 - 30 cm nos tratamentos T e M.

- **Caracterização agroclimática:** Foi calculado pelo Balanço Hídrico (método de Thornthwaite & Mather) para os anos de 1997 e 1998, e comparado com a média histórica de 18 anos para a precipitação e temperatura determinadas por AGUIAR *et al.* (1998) no qual esse mesmo método foi utilizado.

Para o ano específico de 1997, o balanço hídrico foi calculado para uma capacidade de água disponível (CAD) igual a 125 mm, com bases em observações de temperatura e precipitações fornecidas para esse ano por AGUIAR *et al.* (1998). Utilizou-se a metodologia de PEREIRA *et al.* (1997). Nessa metodologia, quando a soma anual da precipitação (P) menos a evapotranspiração potencial (EP) é menor que 0, ( $S(P-EP) < 0$ ), como no caso em estudo, utilizou-se a equação:

$$x = - \text{Ln} [m / (1 - \exp(n))] \text{ onde:}$$

x = solução para o negativo acumulado (L) no último mês da estação úmida com o respectivo armazenamento de água no solo (ARM), que por sua vez é utilizada na equação:

$$L = x \cdot \text{CAD};$$

$m = M \cdot \text{CAD}^{-1}$  e  $n = N \cdot \text{CAD}^{-1}$ , sendo N e M as somas dos valores mensais, respectivamente, negativos e positivos de P-EP.

Para o ano de 1998 o balanço hídrico foi calculado pela forma convencional considerando que não houve nenhuma reposição de água e portanto a evapotranspiração real é igual a precipitação.

### 3.7. Avaliação do desenvolvimento das plantas

As plantas aos 2 anos e 5 meses de seu desenvolvimento em campo foram avaliadas com relação aos aumentos percentuais de diâmetro e de altura em intervalos de 30 a 40 dias nas quatro repetições de cada tratamento. O resultado final para o período de 4 de junho de 1997 a 27 de agosto de 1999 foi determinado pelas seguintes expressões:

$$AD(\%) = (DF - DI) \cdot 100 \cdot DI^{-1} \quad \text{e} \quad AF(\%) = (AF - AI) \cdot 100 \cdot AI^{-1}$$

$$AD(\text{cm}) = (DF - DI) \cdot 100 \cdot DI^{-1} \quad \text{e} \quad AA(\text{m}) = (AF - AI) \cdot 100 \cdot AI^{-1}$$

Onde:

AA e AD(cm) representam, respectivamente, os aumentos em altura e diâmetro das plantas;

AD(%) e AF representam, respectivamente, os aumentos percentuais em diâmetro e altura das plantas;

DI e AI representam, respectivamente, o diâmetro inicial e altura inicial medidos em 4 de junho de 1997; e DF e AF representam, respectivamente, o diâmetro final e altura final medidos em 27 de agosto de 1999.

- Percentagem de sobrevivência das plantas: foi determinada através da contagem das mudas sobreviventes em relação ao total de 48 plantas desenvolvidas na área experimental (24 plantas no solo conservado e 24 plantas no solo degradado).

### 3.8. Análises estatísticas das médias e interações

Os valores do diâmetro, de altura das plantas e número de ramos foram utilizados em uma análise de variância sendo as médias e as interações solos, tratamentos e solos *versus* tratamentos comparadas pelo teste de F a 5 % de probabilidade. O teste de Tukey para comparação de médias onde o Teste F indicou diferenças significativas, não foi realizado em face da mortalidade de 6 plantas. Dessa forma, os tratamentos afetados (AO, AOF e M) apresentaram número de repetições diferentes, ou seja 3 em lugar de 4 repetições em todos os demais tratamentos nos dois solos. De acordo com PIMENTEL GOMES (1984), o teste de Tukey quando usado em experimentos com números diferentes de repetições apresenta uma baixa precisão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização do solo conservado e em estágio de degradação por erosão.

Um histórico das condições antecedentes ao início do presente estudo indicou que na área do solo conservado, algumas práticas simples de conservação do solo (pousio e permanência dos restolhos quando cultivado sem mecanização em pequenos talhões) protegeram o solo contra a erosão. Isso foi evidenciado pela presença do horizonte A remanescente nessa área. Ao contrário, na área degradada, altas intensidades da erosão, pastejo dos restolhos, e preparo do solo mecanizado para culturas anuais, sem nenhuma prática conservacionista, por mais de duas décadas conduziram à remoção do horizonte A com afloramento do horizonte B textural.

O Quadro 1 evidencia as más características edáficas presentes na área fortemente erodida em comparação com a melhor qualidade do solo encontrada na camada com 12 cm do horizonte A remanescente.

Com relação às propriedades físicas o afloramento do B textural condicionou um aumento de 17,8 % na densidade global do solo e uma expressiva diminuição de 65,2 % no teor de matéria orgânica na área degradada ( $6,2 \text{ g.kg}^{-1}$ ) em relação à área conservada ( $17,8 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Essas más condições edáficas caracterizadas por esses dois atributos conduziram à redução do teor de água disponível ( $0,035 \text{ g.kg}^{-1}$ ), o qual diminuiu 22,2 % quando comparado ao da área conservada ( $0,045 \text{ g.kg}^{-1}$ ), não obstante o aumento do teor de argila presente no horizonte B. A porosidade total no solo conservado (44,5%) também foi superior a do solo degradado (34,4%) apresentando um aumento de 10,1% no volume total de poros disponível à água e ao ar. Isso confirma as melhores condições do solo conservado com reflexos benéficos na disponibilidade de água e absorção de nutrientes.

A redução de matéria orgânica e conseqüente deterioração das propriedades físicas do solo, principalmente com relação à estrutura e diminuição da capacidade de retenção de água, além da diminuição da produtividade do solo, concordam com

resultados apresentados por DEDECK, 1992, SILVA (1994), EL-SWAIFY & DANGLER (1982) e USDA (1981), SILVA & ANDRADE (1999), ANDRADE (1998), SILVA *et al.* (1998a,b).

**Quadro 1. Características morfológicas, físicas e químicas do Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico na camada arável (0-20 cm) nos estágios conservado e degradado, antes do plantio das mudas de umbuzeiro.**

Características	Estágio conservado	Estágio degradado
Horizonte A	Presente (0-12 cm)	Ausente (Afloramento do Horizonte B)
Cor do horizonte	10 YR 4/4	5YR 5/8
Areia, g.kg-1	709,4	628,3
Silte, g.kg-1	147,3	98,0
Argila, g.kg-1	143,3	273,7
M.O., g.kg-1	17,8	6,2
Densidade global, kg.dm <sup>-3</sup>	1,46	1,72
Densidade real, kg dm <sup>-3</sup>	2,63	2,62
Porosidade total, %	44,5	34,4
Água disponível, kg.kg-1	0,045	0,035
N, g.kg-1	0,55	0,20
P, mg.dm-3	433,2	4,3
K, mmolc.kg-1	11,3	4,2
Ca, mmolc.kg-1	90,7	14,7
Mg, mmolc.kg-1	42,3	12,3
Na, mmolc.kg-1	7,6	2,1
H + Al, mmolc.kg-1	0,0	17,0
V, %	100,0	66,2
S, mmolc.kg-1	151,9	33,3
T, mmolc.kg-1	151,9	50,3
pH em água (1:2,5)	7,2	5,2

Outrossim, as propriedades químicas detectadas no solo conservado mostram evidente superioridade em relação às do solo sob forte erosão. Assim é que no solo conservado os teores de N, P, K, Ca e Mg, foram respectivamente 2,75, 100, 2,7, 6,2 e 3,4 vezes maiores que aqueles determinados no solo degradado. O elevado teor de P determinado no solo conservado foi consequência de adubação em experimento anterior com a cultura de milho e também devido a esse elemento ser fortemente fixo à argila apresentando dessa forma longo período residual. Agravando o processo de deterioração da qualidade do solo, ainda nessa área observou-se acentuado declínio nos valores de soma de bases trocáveis e CTC, além da diminuição do pH e aumento do teor de Al a um nível de alta toxicidade. Resultados obtidos por RIJSBERMAN & WOLMAN (1984), LAL, (1985), SILVA *et al.*, (1985), DEDECEK (1987), SPAROVEK *et al.*, (1991), SPAROVEK *et al.*, (1993), SILVA (1996) e SILVA & LEITÃO (1997) SILVA (1990), SILVA *et al.* (1998a,b) e SILVA & ANDRADE (1999) também mostraram decréscimos na produtividade do solo condicionados pela remoção de nutrientes por erosão.

O superpastejo e uso dos restolhos para consumo animal vigente na área degradada, ao invés de serem reciclados como fonte de matéria orgânica no solo já paupérrimo desse importante constituinte, agravou ainda mais a degradação no solo sob forte erosão. Outrossim, o contraste entre as boas condições edáficas encontradas no solo conservado em relação ao solo fortemente erodido confirmam os resultados de BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), ARAÚJO FILHO & CARVALHO (1996) COSTA & SILVA (1997) e SILVA (1999) em suas referências sobre as perdas de produtividade do solo e os danos ao meio ambiente provocados pela agricultura predatória em associação com a ausência quase que completa de controle da erosão.

#### **4.2. Percentagem de sobrevivência das plantas**

Após 2 anos e 5 meses de desenvolvimento em campo as plantas apresentaram uma elevada taxa de sobrevivência em ambas condições de conservação e degradação do Podzólico Vermelho-Amarelo em estudo. Tanto no solo conservado quanto no degradado a percentagem de sobrevivência atingiu 87,5 %. No solo conservado

ocorreram perdas de uma planta no tratamento AO e duas plantas em AOF. Já no solo degradado a perda foi de uma planta para cada um dos tratamentos AO, M e AOF. As perdas ocorreram provavelmente em função de estresse no transplântio nos tratamentos AO e AOF e danos ao xilopódio durante a extração de amostras do solo no tratamento M.

Essa alta taxa de sobrevivência em condições de campo reforça a excepcional resistência do umbuzeiro face à adversidade climática sofrida pelas plantas nos anos de 1997, 1998 e primeiro semestre de 1999. Nestes anos os valores de precipitação situaram-se abaixo da normal pluviométrica (931,4 mm) para a Fazenda Lavoura Seca, Quixadá - CE. Em 1997 (533,0 mm), 1998 (265,5 mm) e segundo semestre de 1999 (745,5 mm) as precipitações atingiram apenas 57 %, 29 % e 83 % da normal pluviométrica. Por outro lado, deve ser ressaltada a capacidade de adaptação do umbuzeiro às más condições edáficas do solo degradado (Quadro 1) o que também reforça a escolha dessa planta como uma promissora alternativa para recuperação, a médio prazo, das áreas degradadas de Podzólicos do semi-árido submetidas a elevadas taxas de erosão (DRUMMOND *et al.*, 1997).

As elevadas taxas de sobrevivência das plantas determinadas no presente trabalho, mesmo em condições de três anos de elevada deficiência hídrica, estão em sintonia com os trabalhos de ANDRADE (1967), ANDRADE (1998), BRAGA (1960), DUQUE (1973), FERNANDES (1998), FERRI (1953), MENDES (1990), PIRES (1990), SILVA & SILVA (1976), SILVA (1988), TIGRE (1970) no que se refere à adaptabilidade do umbuzeiro à adversidade climática em função de seus mecanismos fisiológicos de economia de água.

#### **4.3. Efeitos dos tratamentos em relação ao desenvolvimento das plantas nos solos sob diferentes estágios de erosão.**

O estágio de degradação verificado no solo erodido afetou expressivamente o desenvolvimento do umbuzeiro conforme exposto nos itens seguintes do presente trabalho.

#### 4.3.1. Diâmetro do caule

As Figuras 2 e 3 mostram os diâmetros iniciais, diâmetros finais e o aumento de diâmetro das plantas nos solos degradado e conservado. Observa-se na figura 2 que a testemunha (T) apresentou os menores valores de diâmetro final e percentuais de aumento de diâmetro no período estudado em concordância com as más condições edáficas do solo degradado. O teste F não detectou diferença significativa entre os tratamentos (Quadro 2). Entretanto, o efeito benéfico da cobertura morta nesse solo está evidenciada no tratamento M o qual mostrou o maior valor de aumento percentual de diâmetro (298 %) em relação a todos os outros tratamentos, não obstante ter apresentado a menor média de diâmetro inicial. Quando associada ao adubo foliar e orgânico, essa prática aumentou ainda mais seu potencial de melhoria do solo posto que em AOFM (253 %) verificaram-se os maiores incrementos, tanto em diâmetro final, quanto em aumento de percentual do parâmetro em análise.

Isoladamente, a adubação foliar (AF), superou apenas a testemunha em 51,6 %, apresentando-se como o tratamento de menor incremento em relação aos demais. Isso reforça a importância da matéria orgânica em AO, e mesmo em M onde também está em disponibilidade, no melhoramento de características físicas e químicas no ambiente das raízes do solo degradado ao detectar-se que esses tratamentos sozinhos foram superiores a AF. Em outras palavras, sempre que presente direta (AO, AOF, e AOFM), ou indiretamente (M), o emprego da matéria orgânica caracterizou-se como o tratamento que apresentou os efeitos mais positivos no incremento de aumento de diâmetro das plantas (SANCHEZ & LOGAN, 1992; GRIFFITH & REETZ (1994); HUDSON, 1994; HERNANI *et al.*, 1999).

O aumento no desenvolvimento do diâmetro das plantas, fortemente associado aos tratamentos onde a cobertura morta foi aplicada, concorda plenamente com os resultados obtidos por OLSON & HORTON, 1975, MOCK & ERBACH, 1977 e UNGER & WIESE, 1979 com relação aos efeitos benéficos dessa prática.

No solo conservado (Figura 3), mais uma vez o tratamento AF isoladamente não produziu efeito considerável sendo até mesmo ligeiramente inferior à testemunha. Os tratamentos AO e AOF também isoladamente não apresentaram o mesmo

comportamento encontrado no solo degradado, sendo mesmo o primeiro, o tratamento menos eficiente de todos. Isso ocorreu, provavelmente, pelo fato do solo conservado já apresentar uma disponibilidade de nutrientes e boas propriedades físicas suficientes às necessidades da planta, ao contrário do solo erodido onde essas propriedades já estavam em avançado estágio de degradação, respondendo portanto, significativamente à adição do adubo orgânico (ANDRADE, 1998).

Entretanto, o mulch, isolado (M) ou em associação (AOFM), a exemplo do ocorrido com o solo degradado, apresentou notáveis efeitos positivos no desenvolvimento das plantas atingindo os maiores valores de diâmetro final (3,9 e 4,3 cm) de aumento percentual (135 e 161 %). Considerando os elevadíssimos déficits hídricos sofridos pelas plantas em três anos consecutivos no período estudado não há dúvida de que o mulch, face a sua ação decisiva na conservação da água pela diminuição da evaporação e manutenção de uma boa estrutura superficial, facilitando a infiltração, contribuiu de forma decisiva para esses aumentos, conforme comentado no item 5 do presente estudo (BRAGAGNOLO & MIELNICKZUK, 1990).

Realmente, conforme mostra o Quadro 2, nas médias dos tratamentos, considerados os dois solos, o mulch isolado (M) ou em associação (AOFM) foi o que induziu o maior valor de incremento do diâmetro das plantas superando a testemunha em 1,6 e 1,5 vezes, respectivamente. Esses resultados também estão de acordo com os observados por SINGER & BLACKARD, 1977 e LAL *et al.*, 1980. Vale mencionar a diferença altamente significativa detectada pelo teste F na interação entre solos.

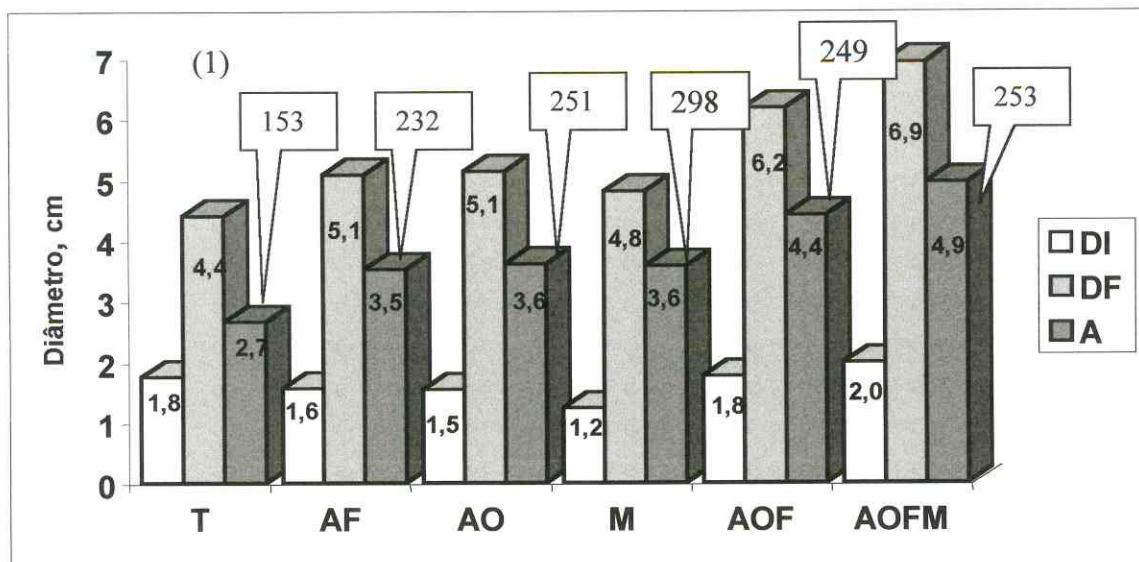


Figura 2. Aumento de diâmetro (A), diâmetro inicial (DI) e diâmetro final (DF) das plantas à altura do colo, em 4 de junho de 1997 e em 27 de agosto de 1999 no solo degradado. <sup>(1)</sup> Os indicadores acima das barras de A expressam os valores de aumento do diâmetro em percentagem

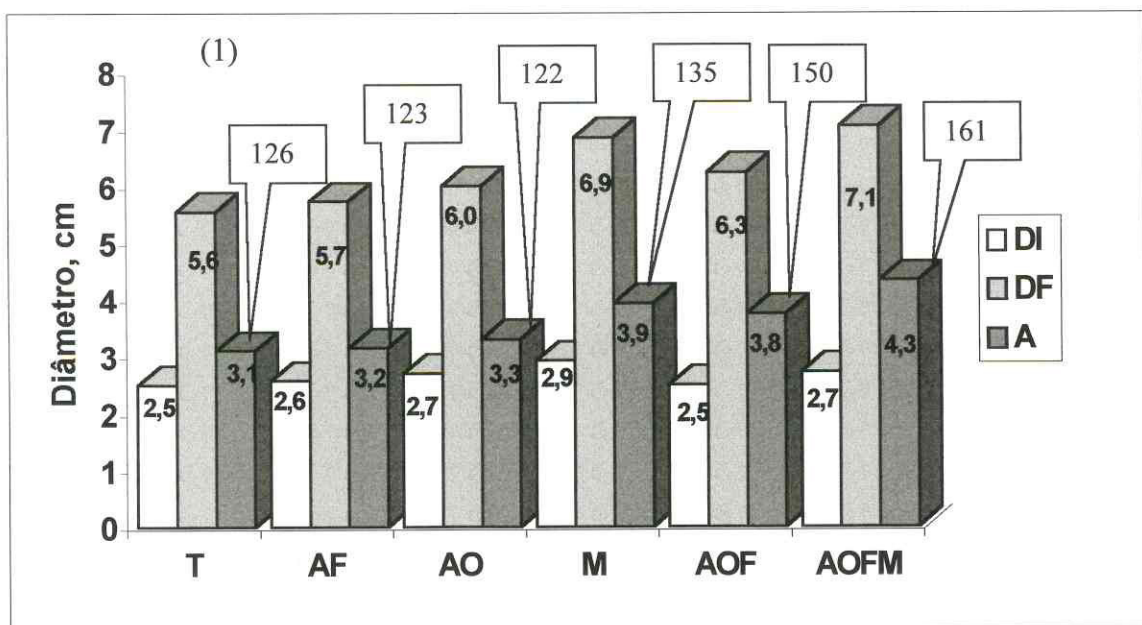


Figura 3. Aumento de diâmetro (A), diâmetro inicial (DI) e diâmetro final (DF) das plantas à altura do colo, em 4 de junho de 1997 e em 27 de agosto de 1999 no solo conservado. <sup>(1)</sup> Os indicadores acima das barras de A expressam os valores de aumento do diâmetro em percentagem.

**Quadro 2. Análise da variância e médias das percentagens de aumento de diâmetro nos diferentes tratamentos aplicados aos solos conservado e degradado.**

Tratamentos	Solos		Médias	
	Conservado	Degradado		
	Aumento de diâmetro, %			
T	125,6	153,4	139,5	
AF	123,5	231,8	177,7	
AO	121,6	251,3	186,5	
M	134,6	297,6	216,1	
AOF	150,0	249,2	199,6	
AOFM	160,6	252,8	206,7	
Médias	136,0	239,5	187,8	
CV %	28,8			
	Análise da variância			
Fonte da variação	GL	QM	Teste F	P
Solos	1	107327	36,71***	<0,001
Tratamentos	5	5682	1,94ns	0,116
Solos x tratamentos	5	3765	1,29ns	0,295
Resíduo	30	2924		
Total	41			

Observa-se ainda que no solo degradado a resposta de todos os tratamentos foi bem superior ao do conservado demonstrando claramente que no último as boas características edáficas por si já apresentavam-se em condições de satisfazer a maior parte das necessidades das plantas. Já o primeiro, face às deficiências físicas e químicas, apresentou notáveis respostas aos melhoramentos introduzidos por todos os tratamentos e suas combinações, revelando sua capacidade de regeneração e abrindo portanto perspectivas de sua recuperação via reflorestamento com o umbuzeiro (DRUMMOND *et al.*, 1997).

Independente da análise da variância apontar como significativa apenas a diferença de comportamento dos dois solos, é indiscutível que os tratamentos e a interação solos *versus* tratamentos (Quadro 2) demonstraram, na prática, efeitos em nada desprezíveis com relação ao que foi detectado apenas pelo teste estatístico aplicado.

Com relação ao aumento de diâmetro (Quadro 3) o solo degradado apresentou uma tendência idêntica a da percentagem de aumento com exceção da testemunha e da

cobertura morta. Isso confirmou mais uma vez a melhor resposta do solo degradado aos tratamentos aplicados.

**Quadro 3. Análise da variância e médias do aumento de diâmetro nos diferentes tratamentos aplicados aos solos conservado e degradado**

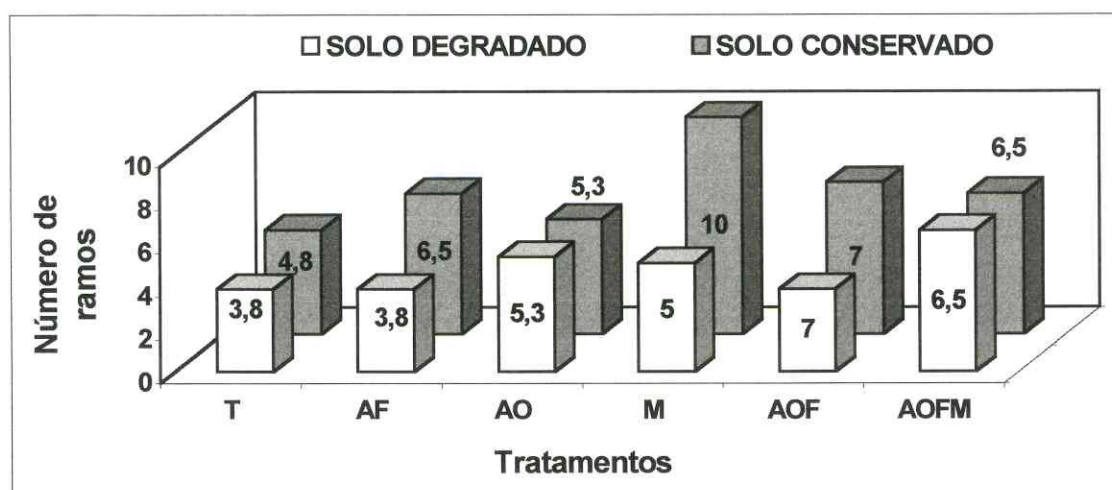
Tratamentos	Solos		Médias	
	Conservado	Degradado		
	Aumento de diâmetro, cm			
T	3,1	2,7	2,9	
AF	3,2	3,5	3,3	
AO	3,3	3,6	3,5	
M	3,9	3,6	3,7	
AOF	3,8	4,4	4,1	
AOFM	4,3	4,9	4,6	
Médias	3,6	3,8	3,7	
CV %	21,8			
	Análise da variância			
Fonte da variação	GL	QM	Teste F	P
Solos	1	0,3853	0,59ns	0,447
Tratamentos	5	22,9643	4,57**	0,003
Solos x tratamentos	5	0,3812	0,59ns	0,709
Resíduo	30	0,6481		
Total	41			

Os coeficientes de variação encontrados para os parâmetros percentual de aumento (28,8%) e aumento de diâmetro (21,8%) apresentaram-se bem abaixo do que seria esperado, considerando a heterogeneidade dos solos, dos tratamentos e das próprias plantas. Isso revela a boa precisão do experimento com relação ao parâmetro estudado.

#### 4.3.2. Número de ramos

A figura 4 mostra a quantidade de ramos das plantas em relação aos diferentes tratamentos nos solos degradado e conservado. Observa-se a superioridade do solo conservado em todos os tratamentos quando comparado ao solo degradado. No solo conservado, a cobertura morta (M) superou todos os tratamentos apresentando um

aumento de 108,3 % em relação à testemunha. É importante salientar que a cobertura morta também agiu como fonte de matéria orgânica e a isso se deve parte do efeito altamente positivo desse tratamento.



**Figura 4. Número de ramos das plantas em relação aos diferentes tratamentos nos solos degradado e conservado.**

Por sua vez, a adubação orgânica (AO) apresentou maior expressão em relação ao aumento do número de ramos quando associada ao adubo foliar (AOF) e ao tratamento completo (AOFM) enquanto que isoladamente superou apenas a testemunha.

Já no solo degradado a matéria orgânica (AO) por si só, ou em associação com o adubo foliar (AOF) e no tratamento completo (AOFM), apresentou os efeitos mais expressivos em relação ao aumento do número de ramos, superando tanto a testemunha quanto o adubo foliar isolado (AF) em 1,4, 1,8 e 1,7 vezes, respectivamente (CAMARGO, 1960; BOYNTON, 1954; FERNANDES, 1998; BOARETTO & MURAOKA, 1995). Essa notável recuperação de parte da produtividade perdida pela erosão no solo degradado confirmou o papel preponderante da matéria orgânica no sentido de restaurar as propriedades físicas e químicas do solo evidenciado pelo aumento de ramificações e em consequência, da biomassa das plantas nesse solo. Reafirmou-se no presente estudo, portanto, as conclusões de KIEHL (1985), CUNHA & RIBEIRO (1998) e SILVA & SILVA (1998) no que se refere a ação desse constituinte do solo em todas suas propriedades relacionadas ao desenvolvimento vegetal.

A análise da variância (Quadro 4) mostrou uma diferença significativa para os solos confirmando que as melhores condições edáficas do solo conservado conduziu a um aumento médio de 28,8% no número de ramos em relação ao solo degradado.

**Quadro 4. Análise da variância e médias do número de ramos nos diferentes tratamentos aplicados aos solos conservado e degradado.**

Tratamentos	Solos		Médias	
	Conservado	Degradado		
Número de ramos				
T	4,8	3,8	4,3	
AF	6,5	3,8	5,1	
AO	5,3	5,3	5,3	
M	10,0	5,0	7,5	
AOF	7,0	7,0	7,0	
AOFM	6,5	6,5	6,5	
Médias	6,7	5,2	6,0	
CV %	30,2			
Análise da variância				
Fonte da variação	GL	QM	Teste F	P
Solos	1	21,366	6,50*	0,016
Tratamentos	5	10,936	3,33*	0,017
Solos x tratamentos	5	7,036	2,14ns	0,088
Resíduo	30	3,286		
Total	41			

Observa-se que os tratamentos também diferiram significativamente, enquanto que a interação solos *versus* tratamentos não atingiu diferença significativa ao nível de 5 %, apresentando evidência estatística de diferenciação somente ao nível de 9 % de probabilidade.

De forma idêntica ao ocorrido com os coeficientes de variação referentes ao diâmetro, o coeficiente de variação do número de ramos mostrou uma boa precisão do experimento e da representatividade dos resultados obtidos referentes a esse parâmetro se considerada a heterogeneidade dos solos, dos tratamentos e das próprias plantas estudadas.

#### 4.3.2. Altura das plantas

Uma análise conjunta das figuras 5 e 6 mostra que o aumento percentual de altura em relação ao solo conservado e degradado seguiu a mesma tendência daquela encontrada para o aumento percentual de diâmetro com relação aos diferentes tratamentos, ou seja os maiores valores foram encontrados no solo degradado, excetuando-se apenas os tratamentos AO e AOF.

Com relação à percentagem de aumento de altura a análise da variância mostrada no Quadro 5 indicou que nenhuma das interações foram significativas. Deve ser considerado porém que em termos de altura final encontrada para as plantas no período em estudo, observa-se a superioridade do solo conservado posto que seus valores em todos os tratamentos superou os do solo degradado. Isso é uma consequência, não somente da maior altura inicial das mudas, melhor desenvolvidas no substrato de melhores condições edáficas do solo conservado, mas também da permanência dessas condições após o plantio.

Entretanto, a análise de variância para o aumento de altura (Quadro 6) não detectou valor significativo para o teste F com relação aos tratamentos e solos *versus* tratamentos, cujas médias não indicaram nenhuma seqüência lógica exceto para o tratamento M, superior à testemunha em ambos os solos, porém ainda assim sem apresentar significância estatística (STEWART et al., 1985, DANTAS & SILVA, 1999; de MARIA, 1999). Já com relação aos solos houve significância estatística, onde nas médias dos tratamentos o solo conservado superou o valor do degradado em 49 %.

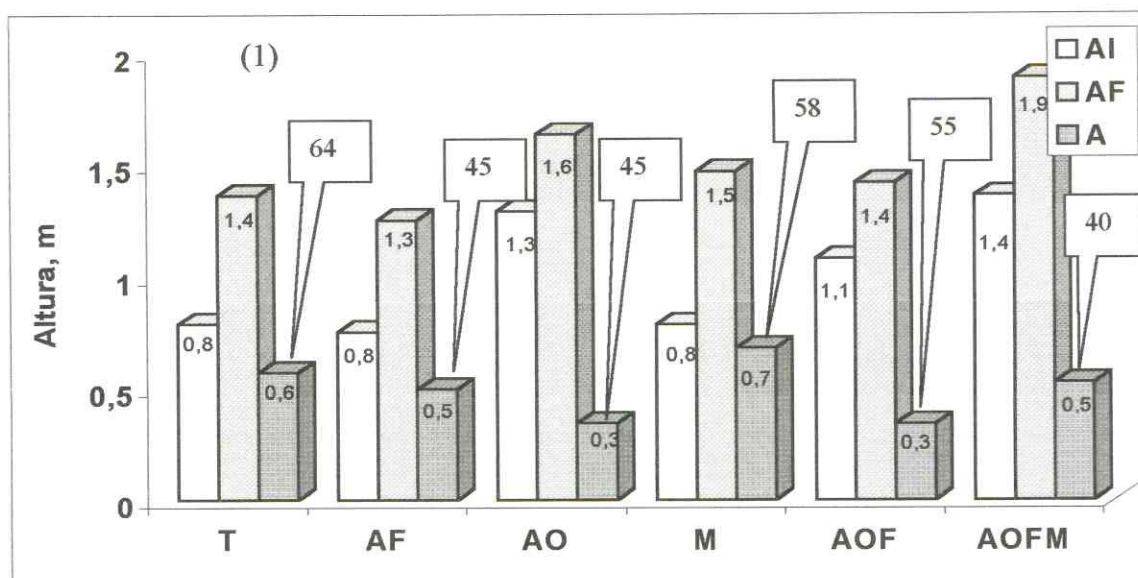


Figura 5. Aumento de altura (A), altura inicial (AI) em 4 de junho de 1997 e altura final (AF) das plantas em 27 de agosto de 1999 em relação aos diferentes tratamentos no solo conservado. <sup>(1)</sup> Os indicadores acima das barras de A expressam os valores de aumento da altura em percentagem.

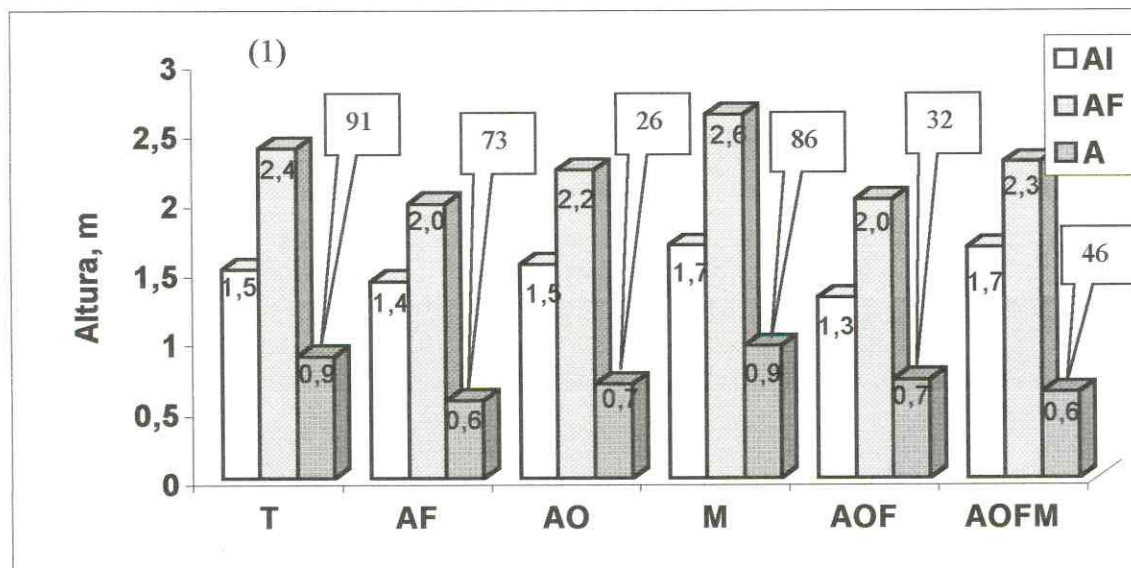


Figura 6. Aumento de altura (A), altura inicial (AI) em 4 de junho de 1997 e altura final (AF) das plantas em 27 de agosto de 1999 em relação aos diferentes tratamentos no solo degradado. <sup>(1)</sup> Os indicadores acima das barras de A expressam os valores de aumento da altura em percentagem.

**Quadro 5. Análise das médias e da variância dos dados de percentagem de aumento de altura das plantas.**

Tratamentos	Solos		Médias	
	Conservado	Degradado		
	Aumento de altura, %			
T	64,7	91,3	78,0	
AF	45,2	72,5	58,8	
AO	45,0	26,1	35,5	
M	58,0	86,2	72,1	
AOF	55,3	31,7	43,5	
AOFM	40,4	45,9	43,2	
Médias	51,4	59,0	55,2	
CV %	71,4			
	Análise de variância			
Fonte da variação	GL	QM	Teste F	P
Solos	1	570	0,37ns	0,549
Tratamentos	5	2059	1,33ns	0,280
Solos x tratamentos	5	874	0,56ns	0,728
Resíduo	30	1553		
Total	41			

**Quadro 6. Análise das médias e da variância do aumento de altura das plantas**

Tratamentos	Solos		Médias	
	Conservado	Degradado		
	Aumento de altura, m			
T	0,88	0,57	0,72	
AF	0,56	0,50	0,53	
AO	0,68	0,34	0,51	
M	0,95	0,68	0,81	
AOF	0,71	0,34	0,52	
AOFM	0,62	0,53	0,57	
Médias	0,73	0,49	0,61	
CV %	153,5			
	Análise da variância			
Fonte da variação	GL	QM	Teste F	P
Solos	1	0,55942	6,38*	0,017
Tratamentos	5	0,10877	1,24ns	0,315
Solos x tratamentos	5	0,02926	1,33ns	0,888
Resíduo	30	0,8766		
Total	41			

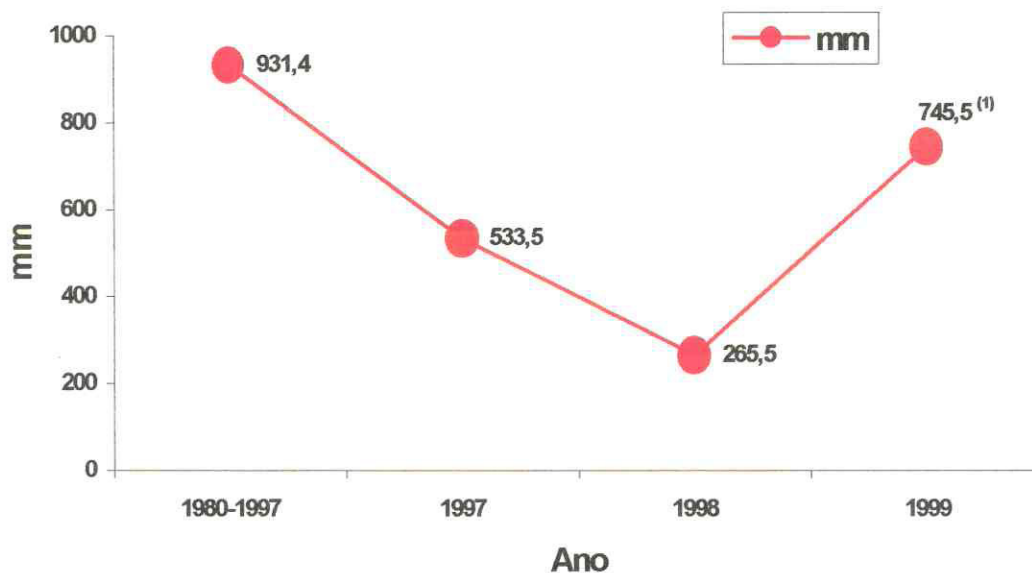
Outrossim, os coeficientes de variação para o aumento percentual de altura (71,4%) e aumento de altura (153,5 %) mostraram-se excessivamente altos o que corrobora a afirmação de PIMENTEL GOMES (1984) ao referir-se aos valores altos dessa variável estatística quando o material experimental é heterogêneo como acontece freqüentemente com as plantas frutíferas ou quando é pequena a amostragem. Entretanto, quando comparados aos mais baixos coeficientes de variação do número de ramos (30,2%), do aumento percentual de diâmetro (28,8%) e do aumento de diâmetro (21,8%) os elevados coeficientes de variação referentes à altura sugerem que esse parâmetro não é tão preciso e confiável para avaliação do experimento quanto os três primeiros.

#### **4.4. Caracterização agroclimática em relação ao desenvolvimento das plantas**

##### **4.4.1. Precipitação**

A figura 7 mostra uma comparação das precipitações do período em estudo (1997-1999) em relação à média histórica em Quixadá - CE. Verifica-se que em 1997 e 1998 as precipitações foram 397,9 e 665,9 mm inferiores à média, respectivamente. Além disso, para o período de janeiro a agosto de 1999 o total de precipitações (745,5 mm) também não atingiu o valor da média histórica (900,9 mm), apresentando portanto um déficit de 155,4 mm.

Esses dados revelam a forte deficiência de umidade sofrida pelas plantas no período de maior importância para seu desenvolvimento, ou seja, na época na qual as mudas transplantadas ainda não haviam desenvolvido um sistema radicular bem desenvolvido e capaz de suportar essa adversidade climática. Outrossim, a alta percentagem de sobrevivência das plantas em relação à deficiência de umidade no período em estudo, confirma a excepcional adaptabilidade do umbuzeiro no aspecto de constituir uma alternativa válida para a recuperação de áreas degradadas do semi-árido em sintonia com os trabalhos de FERRI (1953), MENDES (1990), PIRES (1990), SILVA & SILVA (1976), SILVA (1988), TIGRE (1970).



**Figura 7.** Seqüência anual das precipitações do período estudado em Quixadá - CE comparadas à média histórica. <sup>(1)</sup> Precipitação ocorrida de janeiro a agosto de 1999.

#### 4.4.2. Balanço hídrico

A figura 8 mostra o balanço hídrico da média histórica (1980-1997) para Quixadá - CE. Quando compara-se essas normais climatológicas do local em estudo ao balanço hídrico de 1998 (Figura 9), verifica-se que a precipitação de 265,5 mm corresponde a apenas 28,5 % da precipitação média histórica enquanto que a evapotranspiração potencial desse ano (2278,4 mm) superou a média em 123,7 %. Além disso, a média histórica aponta um excedente 82,5 mm enquanto que em 1998 não ocorreu excedente. Com relação à deficiência hídrica, para uma média de 992,6 mm, em 1998 verificou-se o valor de 1970,9 mm, ou seja nesse ano, a deficiência foi cerca de 2 vezes maior. Não existe dúvida, portanto, da validade do comentário do item anterior no que se refere a resistência da espécie em estudo à forte adversidade do instável clima semi-árido, sempre sujeito a longos períodos de seca (BRAGA, 1960; DUQUE, 1973).

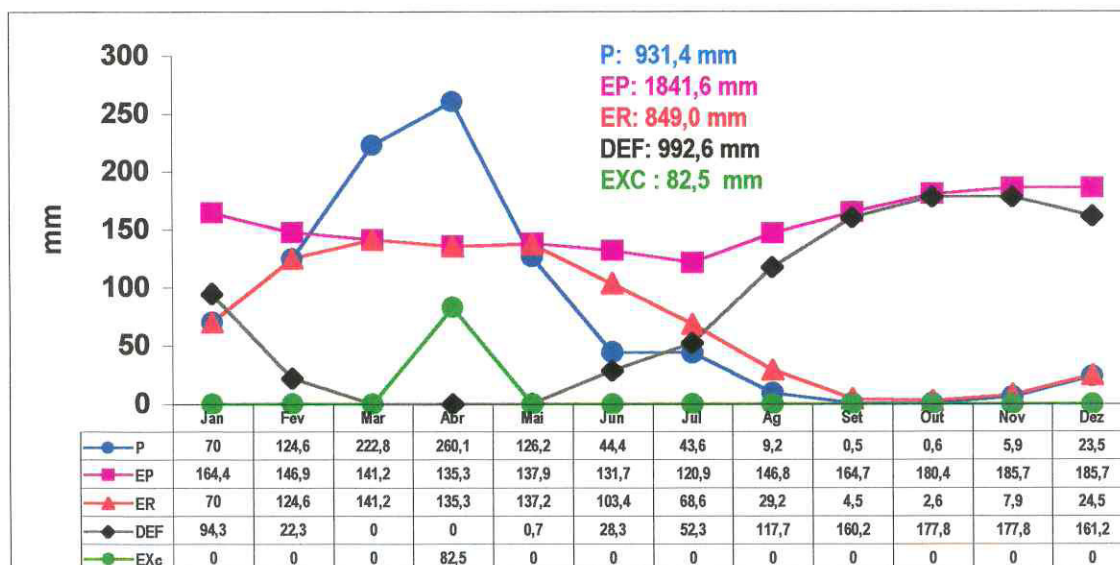


Figura 8. Balanço hídrico, precipitação (P), evapotranspiração potencial (EP), evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) da média histórica mensal e anual de Quixadá - CE (1980-1997). Capacidade de água disponível de 125 mm.

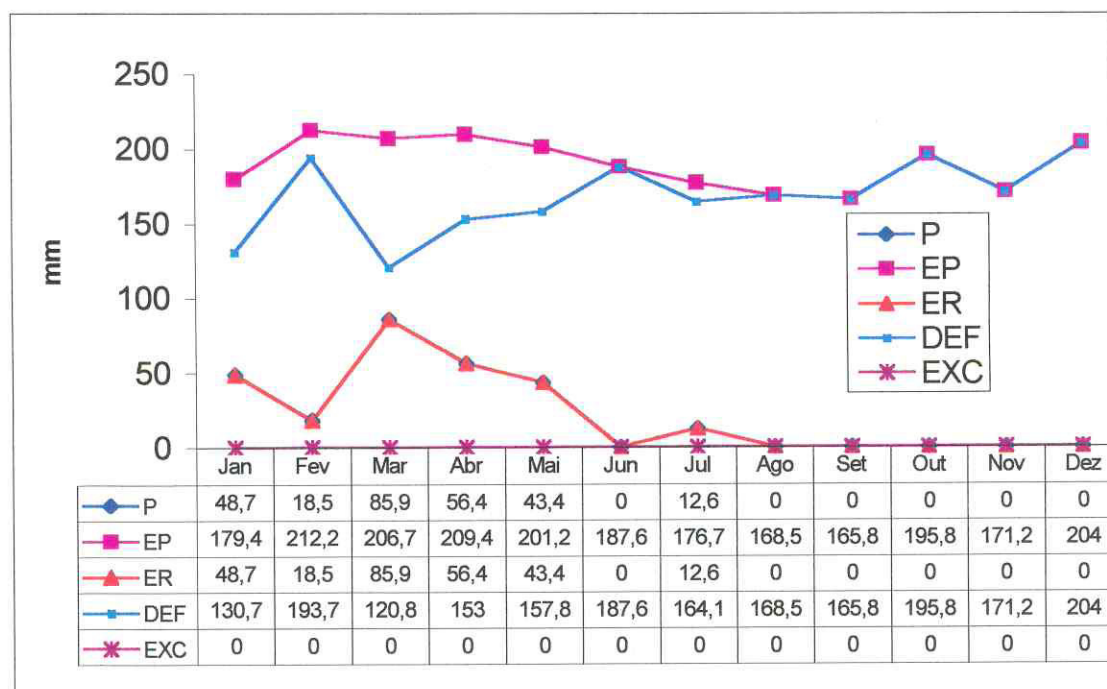


Figura 9. Balanço hídrico, precipitação (P), evapotranspiração potencial (EP), evapotranspiração real (ER) e deficiência hídrica (DEF) no ano de 1998 em Quixadá (CE). Capacidade de água disponível de 125 mm.

#### 4.5. Cobertura morta e sua relação com o regime hídrico do solo e desenvolvimento das plantas nos solos conservado e degradado

A figura 10 mostra a evolução da umidade no solo conservado durante o período de junho de 1998 a agosto de 1999 nos tratamentos com e sem cobertura morta. Em primeiro lugar, destacam-se, em ambos os tratamentos, os maiores valores de umidade atual em março e maio de 1998 correspondendo aos meses de maior volume de chuvas em relação ao período seco anual de junho a janeiro de 1998. Nesse período os valores de umidade atual apresentam-se extremamente baixos, o mesmo ocorrendo nos meses de julho e agosto de 1999, correspondente ao início do novo período de escassez de chuvas, característico da distribuição pluviométrica local onde as precipitações concentram-se no primeiro semestre e praticamente cessam no segundo semestre do ano. Essa concordância dos maiores valores de umidade atual com os meses de maiores precipitações e diminuição da umidade do solo no período seco do ano revela a boa precisão do experimento no que se refere também ao método gravimétrico de determinação da umidade e sua variação estacional.

A figura 10 mostra ainda uma ligeira superioridade da cobertura morta em relação ao solo descoberto no que se refere aos valores de umidade, exceto nas datas de 23/09/98, 13/1/99, 27/5/99 e 7/7/99 nas quais o solo coberto apresentou valores menores de umidade atual que no solo sem cobertura. Esse aparente conflito pode ser explicado pelo incremento percentual no crescimento de diâmetro das plantas mostrado na figura 11 onde observa-se que no tratamento com cobertura (**M**) as plantas atingiram um incremento 30 % superior ao do solo sem cobertura (**T**) no período em estudo. Os menores valores de umidade em **M** significam, portanto, que a água economizada nesse tratamento foi aproveitada para desenvolver plantas mais vigorosas e inclusive com maior número de ramos (Quadro 4).

Essa ocorrência está melhor ainda caracterizada no solo degradado (Figura 13) onde em todas as datas de determinação de umidade atual do solo o tratamento **M** apresentou menores valores que em **T**. Em contrapartida, tal como ocorreu no solo conservado, o incremento percentual de diâmetro foi maior em **M** confirmando, assim, a eficiência desse tratamento no que se refere a transferência da água retida pela cobertura,

para a formação de maior biomassa das plantas caracterizada inclusive pelo aumento do número de ramos conforme mostrado no Quadro 4. Essas observações estão coerentes com trabalhos de CHAUDHARY & PRIHAR (1974), OLSON & HORTON (1975), LAL *et al.* (1980), MELO FILHO & SILVA (1993), e DANTAS (1995), nos quais foi observado uso mais eficiente da água retida pela cobertura morta no rendimento das culturas, não obstante os teores de umidade nesse tratamento terem sido inferiores aos do solo sem cobertura onde as plantas apresentaram menor produção e biomassa.

Especificamente para o umbuzeiro, no estudo de FERNANDES (1998) também foi detectado, no primeiro ano de desenvolvimento em campo, no mesmo solo degradado do presente estudo, que as plantas sob o tratamento **M** apresentaram um crescimento percentual de diâmetro 7,2 vezes maior que em **T**. Esse aumento foi mais evidente exatamente no período de junho a novembro de 1997, na época de maior deficiência hídrica do solo, correspondendo a teores de umidade variando de 2,3 a 3,6 % no tratamento **M** e de 3,2 a 6,2 % no tratamento **T**. Isso permitiu inferir que o menor conteúdo de água em **M** foi uma consequência da maior eficiência desse tratamento no aproveitamento da água do solo, significando que a água retida pela cobertura morta foi utilizada para a produção de plantas mais vigorosas. Os resultados do presente trabalho confirmaram, portanto, todos aqueles dos autores previamente citados, demonstrando que a cobertura morta agiu como fator preponderante na superação do baixo nível de reposição da água do solo pelo escasso volume de chuvas ocorrido no período estudado.

As figuras 14 e 15 mostram os aspectos do desenvolvimento das plantas cultivadas nos solos submetidos a erosão forte e erosão laminar ligeira.

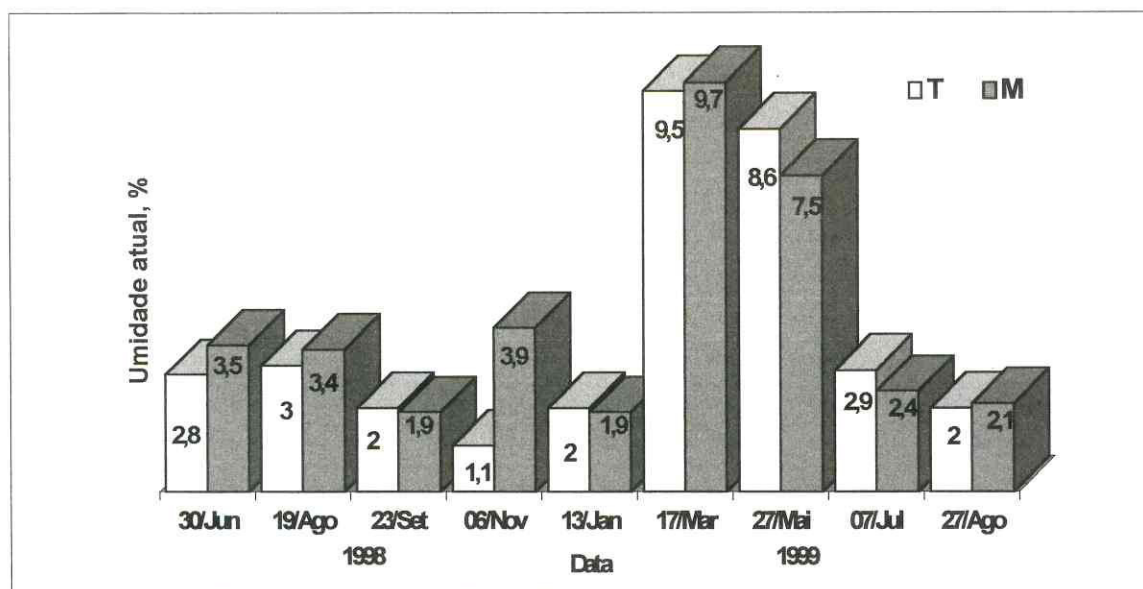


Figura 10. Evolução da umidade do solo conservado à profundidade de 25 cm nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M) durante o período de junho de 1998 a agosto de 1999. Média de 4 repetições

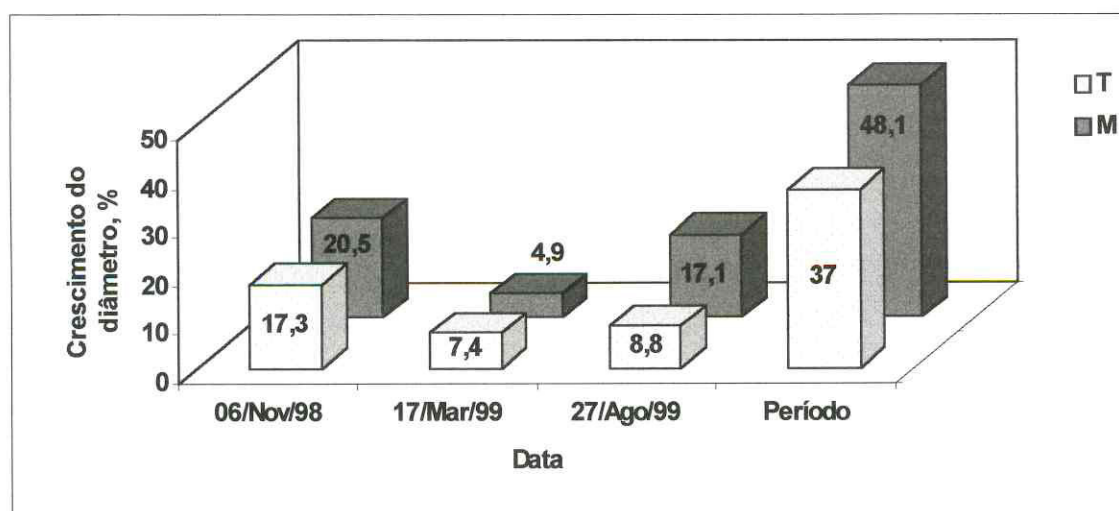


Figura 11. Seqüência do crescimento percentual do diâmetro das plantas no solo conservado em relação aos intervalos de maio a novembro de 1998, novembro de 1998 a março de 1999, março a agosto de 1999 e no período novembro de 1998 a agosto de 1999 nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M).

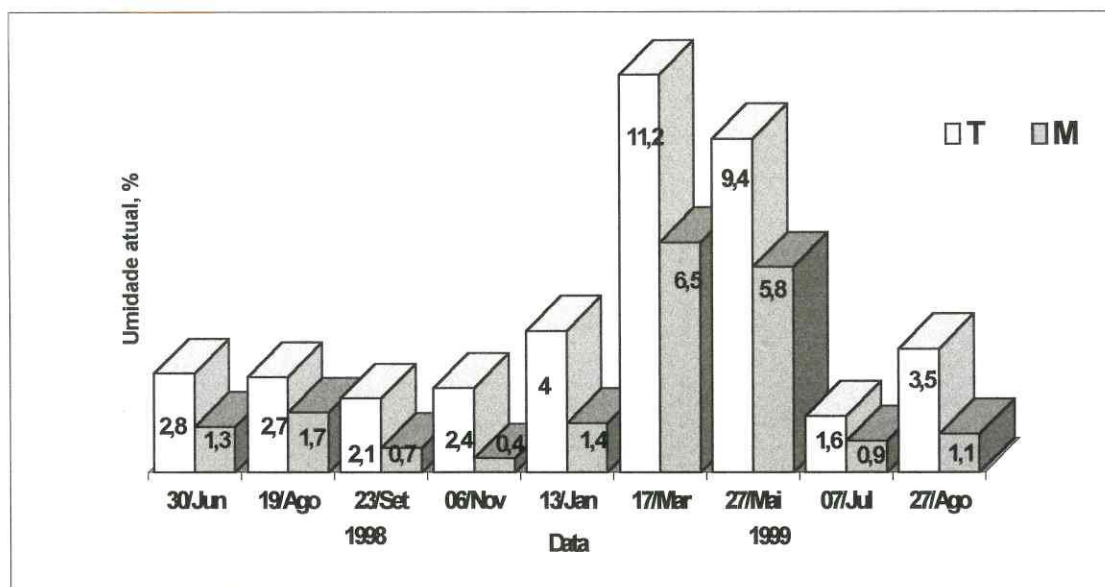


Figura 12. Evolução da umidade do solo degradado à profundidade de 25 cm nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M) durante o período de junho de 1998 a agosto de 1999. Média de 4 repetições

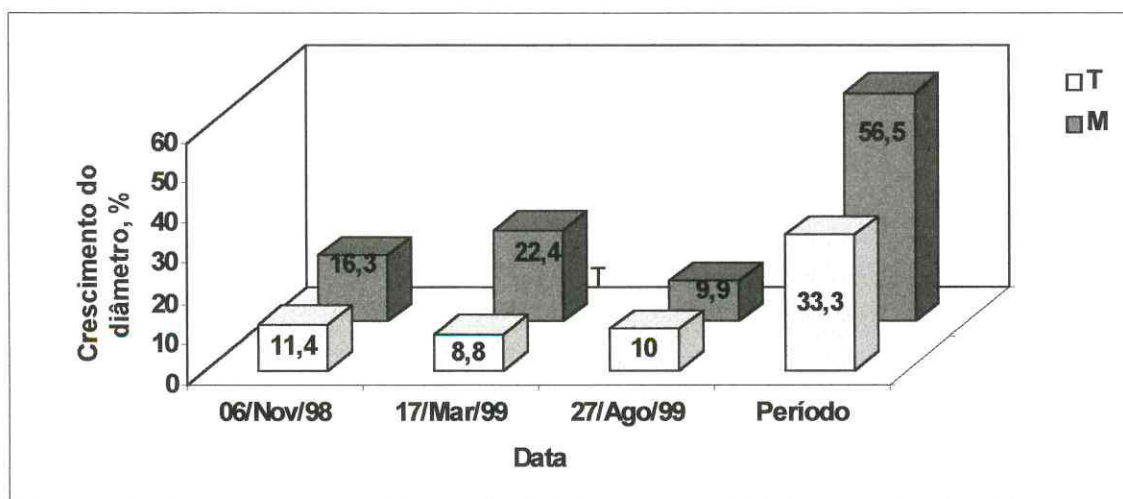
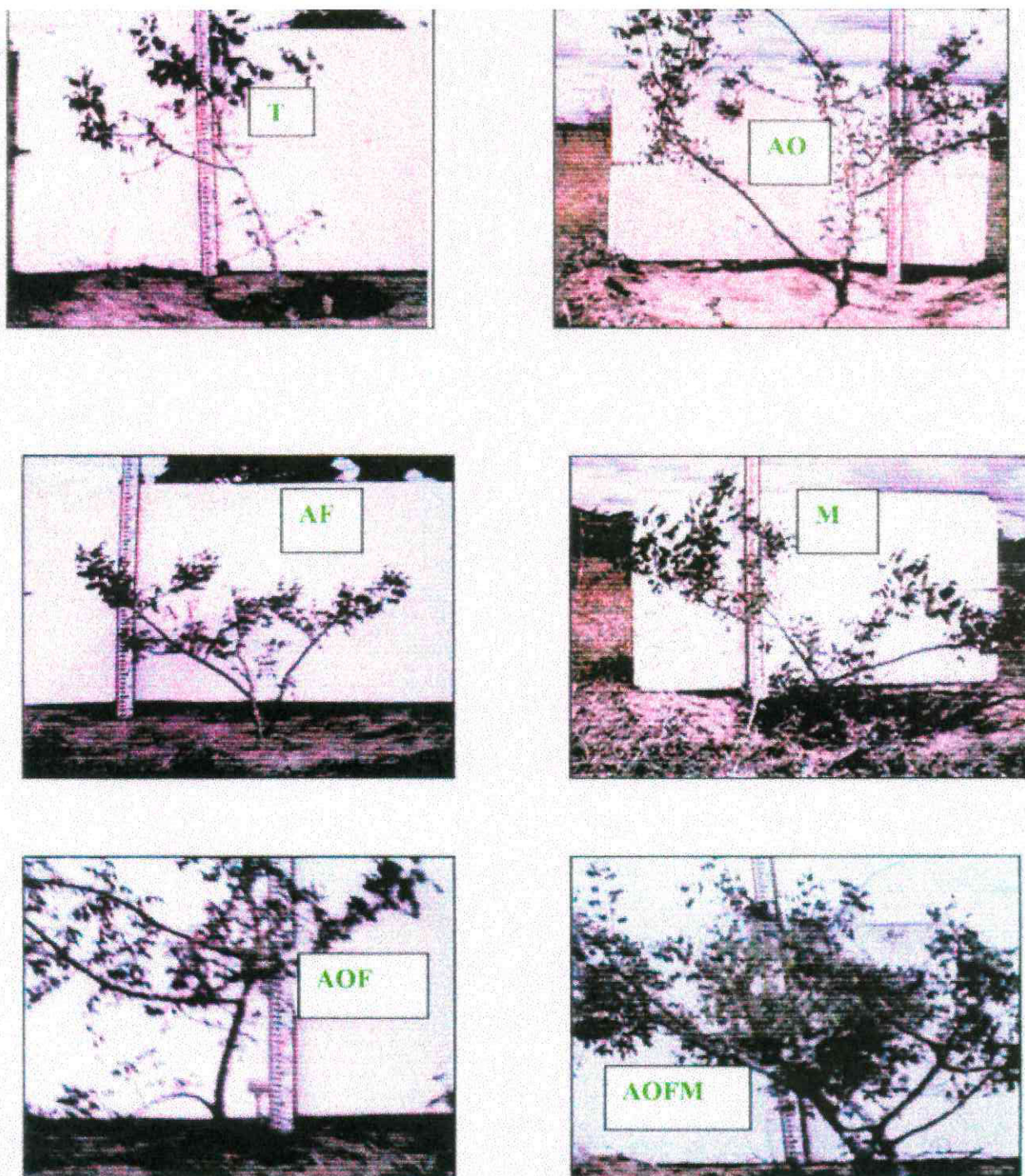


Figura 13. Seqüência do crescimento percentual do diâmetro das plantas no solo degradado em relação aos intervalos de maio a novembro de 1998, novembro de 1998 a março de 1999, março a agosto de 1999 e no período novembro de 1998 a agosto de 1999 nos tratamentos sem cobertura (T) e com cobertura morta (M).



**Figura 14.** Aspecto do desenvolvimento das plantas nos diferentes tratamentos no solo sob erosão forte.



**Figura 15.** Aspecto do desenvolvimento das plantas nos diferentes tratamentos no solo sob erosão laminar ligeira.

## 5. CONCLUSÕES

1. Os pomares de umbuzeiro apresentaram um comportamento diferenciado com relação às áreas sob duas classes de erosão do Podzólico Vermelho-Amarelo nas quais foi cultivado. No solo conservado as melhores condições edáficas conduziram a um aumento no número de ramos, maior diâmetro do caule e maior altura quando comparado ao solo identificado na classe de erosão forte
2. Dentre as técnicas de conservação e manejo aplicadas em ambas as áreas sob cultivo, a cobertura morta (**M**), isoladamente ou em associação com o adubo foliar e adubo orgânico (**AOFM**), proporcionaram os maiores aumentos no diâmetro do caule, na altura e no número de ramos.
3. Os adubos foliar (**AF**) e orgânico (**AO**), quando aplicados isoladamente, apresentaram os menores efeitos no desenvolvimento das plantas.
4. A cobertura morta foi eficiente na conservação da água no solo e em seu melhor aproveitamento pelas plantas conduzindo a um aumento de 30% no incremento de diâmetro e de 108,3 % no número de ramos em relação à testemunha no solo conservado. No solo degradado, proporcionou um aumento de 69,7 % no incremento de diâmetro e de 31,6 % no número de ramos em relação à testemunha.
5. O umbuzeiro apresentou notáveis qualidades de adaptabilidade e desenvolvimento face às condições adversas de solo e clima nas quais foi cultivado. Demonstrou-se, portanto, sua capacidade de utilização em reflorestamento como uma estratégia a utilizar tanto no melhoramento das propriedades e prevenção da erosão em Podzólicos ainda em bom estágio de conservação, quanto na restauração da produtividade desses solos em áreas degradadas no semi-árido do Ceará.

## 6. LITERATURA CITADA

AGUIAR, J.V. de; VIANA, T.V de A.; BEZERRA, F.M.L.; AGUIAR, M de J. N.; LIMA, J.B. de; CAVALCANTE, J.C. de S.; JÚNIOR, R.R.C.; AQUINO, F.C. de; FILHO, O.A.P. & BEZERRA, L.M. de S. Boletim Agrometeorológico - Estação Quixadá - CE. 1998. 11 p.

ANDRADE, F.A. de. Agronomia e humanismo: problemas de política econômica e educacional agrária. Imprensa Universitária do Ceará. Fortaleza. 1967, 217 p.

ANDRADE, J. E. S. Influência da adubação orgânica e da erosão sobre as propriedades do solo, germinação e crescimento de mudas de umbuzeiro. Fortaleza, UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – DCS, Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 1998, 93 p. (Dissertação de Mestrado).

APDC. Plantio direto ganha cidadania. Direto no cerrado. Brasília, 10:3, 8. 1998.

ARAÚJO FILHO, J.A. & CARVALHO, F. C, de. Desenvolvimento sustentado da caatinga. In: ALVAREZ V.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. Eds.: O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e desenvolvimento sustentado. SBCS/UFV-DS. Viçosa. 125-133: 1996.

BERTONI, J & LOMBARDI NETO. Conservação do solo. São Paulo. Ícone. 1990. 355 p.

BOARETTO, A. E. & MURAOKA, T. Adubação foliar: problemas e perspectivas. In: EMBRAPA/CPATSA/SBCS Ed.: Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome. Petrolina. 1995. p.124-165.

BOYNTON, D. Nutrition by foliar application. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 5:31, 1954.

BRAGA, R. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. 2<sup>a</sup> edição. Imprensa Oficial. Fortaleza. 1960. 540 p.

BRAGAGNOLO, N. & MIELNICKZUK J. Cobertura 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*, 14:91-98, 1990.

CAMARGO, P.N. Contribuição para o conhecimento da anatomia de *Hymenaea stilbocarpa* Hayne. *Bol. Fac. Fil. Cien. Letras, Univ. São Paulo*, nº 247, Botânica nº 17. São Paulo. 1960.

CHAUDARY, M.R. & PRIHAR, S.S. Root development and growth response of corn following mulching, cultivation, or interrow compaction. *Agron. Journ.*, 66: 350-355. 1974.

COSTA, A.M.G. & SILVA, J.R.C. Status da matéria orgânica na Região da Ibiapaba. . ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA. UFC, 16, Fortaleza. 1997. Resumo 936.

CUNHA, T.J.F. & RIBEIRO, L.P. Qualidade e relações pedogenéticas na matéria orgânica de alguns solos da região de Irecê (BA). *R. Bras. Ci. Solo*, 22: 693-704, 1998.

DANTAS, A.B. & SILVA, J.R.C. Controle da erosão pela cobertura morta e produtividade de Podzólico cultivado com feijão e mandioca. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Brasília. 1999. (Resumo em CD-ROM)

- De MARIA, I.C. Erosão e terraços em plantio direto. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Boletim Informativo.3: 17-21. 1999.
- DEDECEK, R.A. A dinâmica dos solos em áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., Anais. Curitiba, 1992. p.44-57.
- 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, Capinas, 11: 323 - 328. 1987.
- DUQUE, J.G. Solo e água e no polígono das secas. 4ª edição. Fortaleza, DNOCS. 1973, 223 p.
- EL SWAIFY, S.A. & DANGLER, E.W. Rainfall erosion in the tropics: A state of the Art. In: Soil Erosion and Conservation in the Tropics. Madison, Wisconsin, 1982. p. 1-26 (ASA Special Publication, nº 43).
- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 211 p.
- FERNANDES, R.N.N. Fase inicial de reflorestamento com umbuzeiro para a recuperação da produtividade de um Podzólico no semi-árido sob diferentes sistemas de manejo. Fortaleza, UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – DCS, Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 1998, 53 p. (Dissertação de Mestrado).
- FERRI, M.G. Balanço de água de plantas da caatinga In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 4. 1953, Recife-PE. Anais. Recife Sociedade Botânica do Brasil. 1953. p. 314-332.

- GRIFFITH, K.W. & REETZ Jr., H.F. Improved nutrient efficiency and organic matter build-up. Better crop with plant food. 78: 6-7. 1994.
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H. & SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. R. Bras. Ci. Solo, 23:145-154. 1999.
- HUDSON, B.D. Soil organic matter and water capacity. J. Soil Water Conserv., 49: 189-194. 1994.
- IBGE. Geografia do Brasil. Região Nordeste. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 1977.
- KIEL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba. Editora Agronômica Ceres. 1985. 492 p.
- LAL, K.R.; VLEESCHAUWER, D. & NGANGE, R. M. Changes in properties of a newly cleared tropical alfisol as affected by mulching. Soil Sci. Soc. Am. J., Detroit, 44 (4): 827-833, 1980.
- LAL, R. Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils. In: El Swaify, S.A.; Moldenhauer, W.C. & Lo, A. Ed. Soil Erosion and Conservation, p. 237-247, 1985.
- MEDEIROS, J.C.; MIELNICZUK, J. & PEDÓ, F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 11:199-204, 1987.
- MELO FILHO, J.F. & SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água do solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um podzólico vermelho-amarelo no Ceará. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 17:291-297, 1993.

- MENDES, B.V. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): importante fruteira do semi-árido. Mossoró: ESAM, 1990. 67 p. (ESAM. Coleção Mossoroense, Série C, 564).
- MOCK, J.J. & ERBACH, D.C. Influence of conservation-tillage environments on growth and productivity of corn. *Agronomy Journal*, Madison, 69: 337-340, 1977.
- OLSON, T.C. & HORTON, M.L. Influences of early, delayed, and no mulch residue management on corn production. *Soil Sci. Soc. Am. P.*, Knoxville, 39: 352-356, 1975.
- PATHAK, P.; MIRANDA, S.M. & EL-SWAIFY, S.A. Improved rainfed farming for semiarid tropics - implications for soil and water conservation In: El Swaify, S.A.; Moldenhauer, W.C. & Lo, A. Ed. *Soil erosion and Conservation. Soil and Water Conserv. Soc. Am.* Ankeny, 1985. p. 338-354.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. & SEDIYANA, G.C. Evapotranspiração. Piracicaba. FEALQ.1997. 183 p.
- PIMENTEL GOMES, F. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Piracicaba. POTAFOS, 1984. 160 p.
- PIRES, M. das G. de M. Estudo taxonômico e área de ocorrência de *Spondias tuberosa* Arr. Cam. umbuzeiro no Estado de Pernambuco - Brasil. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 1990. 290 p. (Dissertação de Mestrado).
- RIJSBERMAN, F.R. & WOLMAN, M.G. Quantification of the effect of erosion on soil productivity in an international context. Delft, F.R. Rijsberman & M.G. Wolman ed. 1984. 142p.

- SANCHEZ, P.A & LOGAN, T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In : I.A.L., R. & SANCHEZ, P.A. , Eds. Myths and science of soils in the tropics. SSSA/ASA, 1992. SSSA Special publication 29. Madison. 1992. p. 35-46.
- SILVA, A.Q. da & SILVA, M.A. da G.O. Observações morfológicas e fisiológicas sobre *Spondias tuberosa* Arr. Cam.. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 25. Mossoró, 1976. Anais. Recife, Sociedade Botânica do Brasil, 1976. p.5 - 15.
- SILVA, A.Q. da; SILVA, H.; ALVES, R.G.; RIBEIRO, J. dos S. & OLIVEIRA, E.M. de. Ocorrências de xilopódios em mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) obtidas através de sementes e de estaquia. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 39., Belém, Resumos. Belém: Sociedade Botânica do Brasil, 1988. p.410.
- SILVA, F.J. da. Efeitos de cordões de pedra em contorno na produtividade de solo Litólico. Ceará. Fortaleza: UFC/CCA. Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. 1995. 64p.. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, J.R.C. & ANDRADE, J.E.S. Influência da adubação orgânica nas propriedades e produtividade do solo sob duas intensidades da erosão e seus efeitos na germinação e crescimento de mudas de umbuzeiro. REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, Fortaleza. SBCS/UFC/DCS. Resumo 197. p.368-369. 1998.
- SILVA, J.R.C. & LEITÃO, H.H.F. Raízes e biomassa de milho e caupí em camadas de cambissolo sob erosão simulada. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. Rio de Janeiro. SBCS. Resumo expandido 6-012 - CD-ROM.1997. p. 372.

SILVA, J.R.C. & SILVA, F. J. da. Eficiência de dois níveis de adubação orgânica com esterco de galinha e bovino no rendimento de milho irrigado em solo aluvial vértico. REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, Fortaleza. SBCS/UFC/DCS. Resumo 060. p.95-96. 1998.

SILVA, J.R.C. Efeitos da erosão na sobrevivência e desenvolvimento de mudas de sabiá para reflorestamento no Ceará. CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindóia. Resumo expandido CD-ROM 06-019. 4 p. 1996.

SILVA, J.R.C. Erodibilidade dos solos do Ceará: Distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação. (1ª Aproximação). UFC/CCA/DCS, Fortaleza. 1994. 60 p. (Tese apresentada para Concurso de Professor Titular da UFC).

SILVA, J.R.C. Pesquisas sobre produtividade, erosão e conservação dos solos do Ceará: Integração às atividades de ensino, pesquisa e extensão da UFC. Relatório Final de Atividades – Período Março de 1997- Fevereiro de 1999. CNPq/UFC/DCS. 1999. 43 p.

SILVA, J.R.C. Uso, conservação e manejo do solo e da água e recuperação de solos degradados pela erosão em ecossistemas do Ceará. Projeto de Pesquisa - UFC/EMBRAPA. Fortaleza, 1997. 14 p.

SILVA, J.R.C.& ANDRADE, J.E.S. Resposta do sistema radicular do umbuzeiro à adubação orgânica em Podzólico sob duas classes de erosão. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Brasília. 1999. (Resumo em CD-ROM)

SILVA, J.R.C., SAUNDERS, L.C.U.; PAIVA, J.B. & RODRIGUES, A.L. Erosividade das chuvas de Quixadá-CE: Resultados do ano de 1980. Cien. Agron. 12: 97-101. 1981.

- 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. Ciên. Agron., Fortaleza, 16: 55 - 63, 1985.
- SILVA, J.R.C.; SILVA, F.J.; ACCIOLY, A.A. & COSTA, A. M.G. Degradação de solo Bruno não Cálcico pela erosão e viabilidade de sua recuperação através da biotecnologia: I. Diagnóstico. REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, Fortaleza. SBCS/UFC/DCS. Resumo 050. p.95-96. 1998a.
- SILVA, J.R.C.; SILVA, F.J.; ACCIOLY, A.A. & COSTA, A. M.G. Degradação de solo Bruno não Cálcico pela erosão e viabilidade de sua recuperação através da biotecnologia: II:. Produtividade do solo com adubação verde e inoculação de rizóbios. REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, Fortaleza. SBCS/UFC/DCS. Resumo 133. p.252-253. 1998b.
- SINGER, M.J. & BLACKARD, J. Evaluation of wild oat straw as a soil erosion retardant using simulated rainfall. Agron. Journ., Madison, 69: 811-814, 1977.
- SPAROVEK, G.; LIER VAN JONG, Q.; ALOISI, R.R. & VIDAL-TORRADO, P. Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 17: 465-470, 1993.
- SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.R.; TORETA, D.M.; ROCHELE, T.C.P. & SHAYER, E.P.M. Erosão simulada e produtividade da cultura do milho. Rev. bras. Ci. Solo, Campinas, 15: 363-368, 1991.
- STEWART, B.A.; UNGER, P.W. & JONES, O.R. Soil and water conservation in semi-arid regions. In: El Swaify, S.A.; Moldenhauer, W.C. & Lo, A. Ed. Soil

Erosion and Conservation, Soil and Water Conserv. Soc. Am. Ankeny, 1985.  
p. 328-337.

TIGRE, C.B. Porque reflorestamento no Polígono das Secas. Ministério do Interior/DNOCS, Fortaleza. 1970. 146 p.

UNGER, P.W. & WIESE, Managing irrigated winter wheat residue for water storage and subsequent dryland grain sorghum production. Soil Sci. Soc. Am. Journ., 43: 582-588. 1979.

USDA. Department of Agriculture. National Soil Erosion-Soil Productivity Research Planning Committee/SEA/ARS. Soil erosion's effects on productivity: a research perspective. J. Soil Water Conserv., 36: 82-90. 1981.