

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DIVERSOS PRODUTOS NA  
RECUPERAÇÃO DE UM SOLO SALINO-SÓDICO E SEUS EFEITOS NA  
CULTURA DE ARROZ ( *Oryza sativa* L.).**

22 63 72 4880

**ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA**

**CAMPINA GRANDE - PB  
AGOSTO-1997**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DIVERSOS PRODUTOS NA  
RECUPERAÇÃO DE UM SOLO SALINO-SÓDICO E SEUS EFEITOS NA  
CULTURA DE ARROZ ( *Oryza sativa L.*).**

**ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA**

**ENGENHEIRO AGRÍCOLA**

**Dissertação apresentada ao Curso  
de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola da Universidade Federal  
da Paraíba, em cumprimento às  
exigências para a obtenção do grau  
de Mestre em Ciências (M.Sc.)**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**ORIENTADOR: PROF. HANS RAJ GHEYI**

**CAMPINA GRANDE - PB  
AGOSTO-1997**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

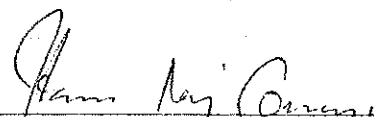
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

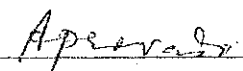
ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA

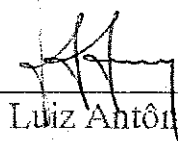
Título: "Avaliação da eficiência de diversos produtos na recuperação de um solo salino-sódico e seus efeitos na cultura de arroz (*Oryza sativa L.*)".

COMISSÃO EXAMINADORA

PARECER


  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Hans Raj Ghayi-Orientador

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Antônio Lima-Examinador

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Gil Luna-Examinador

  
\_\_\_\_\_

Campina Grande, 29 de agosto de 1997

COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Av. Aprígio Veloso, 882 - Caixa Postal 10.087

Fones (083) 310.1055 Fax (083) 310.1114, 310.1388

CEP 58.109-970 - CAMPINA GRANDE - PB, BRASIL

E-mail: copeag@deag.ufpb.br <http://www.deag.ufpb.br/copeag.html>

**Homenagem Especial :**

**Ao meu querido Pai Sócrates  
A minha querida Mãe Maria do Socorro  
A minha Esposa Renata, pela  
compreensão, incentivo, apoio e carinho.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida e por ter me proporcionado um espírito de luta e perseverança.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro durante o curso.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na pessoa de Aurelir Nobre Barreto e José Renato Cortez Bezerra, pelo apoio no trabalho de campo, contribuições e sugestões apresentadas.

A FMC do Brasil Indústria e Comércio Ltda, pelo auxílio financeiro no desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Hans Raj Gheyi, pela dedicação, apoio e orientação do trabalho.

Aos Professores do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), pela ajuda e incentivo.

A Gilvanise Alves Tito, Jacqueline Henrique e José Roberto Brito Pereira, pela ajuda, amizade, carinho e incentivos.

Aos Funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade: José Wilson, Francisco de Assis, Lúcia Cruz, José Gomes e Pedro, em especial a Francisco Alves, José Maria e Adilson David.

A minha Irmã, Themis pelo auxílio na digitação e sugestões do trabalho.

Aos Colegas de curso, pelos momentos compartilhados durante todo o período.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Pág
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Processos de Formação e Características de Solos Salino-Sódicos	3
2.2. Aspectos Físicos dos Solos Salino-Sódicos	5
2.3. Aspectos Químicos dos Solos Salino-Sódicos	6
2.4. Efeito da Salinidade sobre as Plantas	7
2.5. Técnicas de Recuperação de Solos Sódicos	11
2.6. Efeitos dos Melhoradores nos Solos Salino-Sódicos	12
2.7. Tolerância do Arroz e sua Ação Recuperadora em Solos Salino-Sódicos	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Caracterização do Local	16
3.2. Delineamento Experimental, Tratamentos e Doses	17
3.3. Unidade Experimental	17
3.3.1. Dimensões e Relevô	17

3.3.2. Características Iniciais de Salinidade	17
3.3.3. Características Físicas do Solo	19
3.4. Características, Aplicação e Doses dos Produtos Avaliados	20
3.4.1. Gesso	20
3.4.2. Ácido Sulfúrico	21
3.4.3. Esterco de Curral	22
3.4.4. Ácido Polimaleico	23
3.5. Condução da Cultura de Arroz	24
3.6. Acompanhamento Fenológico da Cultura	24
3.7. Amostragem de Solo para Análises	25
3.8. Procedimento de Análise Físico-Químicas do Solo e Determinação da Conductividade Hidráulica	25
3.9. Análise Estatística	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1. Efeito dos Diversos Tratamentos nas Características Físico-Hídricas do Solo	28
4.2. Efeitos dos Diversos Produtos nas Características Químicas do Solo	30
4.3. Efeito dos Diferentes Produtos no Crescimento, Desenvolvimento e no Rendimento da Cultura de Arroz	37
4.4. Avaliação dos Efeitos da Cultura de Arroz na Recuperação do Solo	46
5. CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
APÊNDICE	61

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 3.1. Representação tridimensional da condutividade elétrica do extrato de saturação na unidade experimental	18
FIGURA 3.2. Representação tridimensional da porcentagem de sódio trocável na unidade experimental	18
FIGURA 3.3. Aplicação do gesso a lanço	21
FIGURA 3.4. Aplicação do ácido sulfúrico diluído	22
FIGURA 3.5. Aplicação do esterco de curral a lanço	22
FIGURA 3.6. Ácido polimaleico. (a) apresentação do produto, (b) aplicação no campo	23
FIGURA 4.1. Monitoramento da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), durante diferentes épocas: 1. antes do preparo do solo, 2. antes do tratamento, 3. após lavagem e 4. após a colheita da cultura de arroz	32
FIGURA 4.2. Monitoramento da porcentagem de sódio trocável (PST), durante diferentes épocas: 1. antes do preparo do solo, 2. antes do tratamento, 3. após lavagem e 4. após a colheita da cultura de arroz	34
FIGURA 4.3. Monitoramento do pH, durante diferentes épocas: 1. antes do preparo do solo, 2. Antes do tratamento, 3. após lavagem e 4. após a colheita da cultura de arroz	36



- FIGURA 4.4. Acompanhamento de número médio de folhas A), altura média B), número médio de perfilhos C), peso médio seco total D), peso médio da parte aérea E), peso médio seco da raiz F), por planta na cultura de arroz ao longo do ciclo, sob o efeito de diversos tratamentos 38
- FIGURA 4.5. Componentes de produção da cultura de arroz, sob o esterco de curral, ácido sulfúrico, ácido polimaleico, testemunha e gesso em solo salino-sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo 41
- FIGURA 4.6. Vista das parcelas experimentais sob diferentes tratamentos: A)esterco de curral, B)ácido sulfúrico, C)ácido polimaleico, D)testemunha e E)gesso, aos 60 dias do ciclo da cultura de arroz 43
- FIGURA 4.7. Vista das parcelas experimentais sob diferentes tratamentos: A)esterco de curral. B)ácido sulfúrico, C)ácido polimaleico, D)testemunha e E)gesso, aos 90 dias do ciclo da cultura de arroz 44
- FIGURA 4.8. Vista das parcelas experimentais sob diferentes tratamentos: A)esterco de curral, B)ácido sulfúrico, C)ácido polimaleico, D)testemunha e E)gesso, aos 120 dias do ciclo da cultura de arroz 45

## LISTA DE TABELAS

	pág.
TABELA 2.1 Valores de salinidade limiar para algumas culturas de regiões áridas e semi-áridas	8
TABELA 2.2 Limite de tolerância ao cloreto e porcentagem de decréscimo no rendimento de algumas culturas cultivadas no Nordeste	10
TABELA 2.3 Tolerância de algumas culturas ao sódio trocável	10
TABELA 2.4 Queda no rendimento do arroz devido a salinidade	14
TABELA 3.1 Análise granulométrica e classe textural do solo das unidades experimentais	19
TABELA 3.2. Valores médios de densidade de partículas (Dp), densidade global (Dg), porosidade (P), umidade natural (U), capacidade de campo (CC) e ponto de murcha (PM) do solo das unidades experimentais	20
TABELA 4.1. Valores médios de porcentagem de argila dispersa em Água (%AD) e grau de floculação (GF), antes e depois do tratamento	29
TABELA 4.2. Valores de condutividade hidráulica ( $K_0$ ) antes e depois do tratamento	30

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de diversos produtos (gesso, esterco de curral bovino, ácido sulfúrico e ácido polimaleico) na recuperação de um solo salino-sódico e no crescimento, desenvolvimento e rendimento de arroz (*Oryza sativa L.*), realizou-se a nível de campo, um experimento durante o período de agosto de 1996 a janeiro de 1997, em área pertencente a Estação Experimental da EMBRAPA-Algodão, localizada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

Os 5 tratamentos foram casualizados, constando de 5 repetições cada uma medindo 10x10m. Após o preparo do solo e construção das marachas, foram aplicados os produtos, nas dosagens correspondentes, gesso 10 T.ha<sup>-1</sup>, ácido sulfúrico 320 L.ha<sup>-1</sup>, ácido polimaleico 6 L.ha<sup>-1</sup>, esterco de curral 20 T.ha<sup>-1</sup> e testemunha. Após a incorporação dos produtos, manteve-se uma lâmina de 8cm, durante 35 dias. Em seguida foi feito o transplântio das mudas de arroz, colocando-se 3 plantas por cova espaçadas de 0,25 x 0,10 m. A adubação nitrogenada numa dosagem de 80 kg de N.ha<sup>-1</sup> foi parcelada em 3 etapas.

Os produtos proporcionaram uma melhoria na estruturação do solo, com diminuição da argila dispersa, e conseqüente aumento no grau de floculação e na condutividade hidráulica. A condutividade elétrica do extrato de saturação e porcentagem de sódio trocável (PST) decresceram em todos os tratamentos, destacando-se o gesso. Entretanto, o pH não apresentou variações apreciáveis em nenhum dos tratamentos. Todos os produtos utilizados, excetuando-se o ácido sulfúrico, proporcionaram efeitos significativos no crescimento, desenvolvimento e rendimento de arroz, tendo alcançado uma média de 4,5 T.ha<sup>-1</sup>. As análises de solo em amostras coletadas após a colheita, confirmaram a contribuição da cultura de arroz na redução da PST em todos os tratamentos.

## ABSTRACT

The present study was carried out with the objective to evaluate effects of different products (gypsum, farm yard manure, sulphuric acid and polimaleic acid) in reclamation of saline sodic soil and in growth and yield of irrigated rice (*Oryza sativa L.*) during the period of Aug. 1996 to Jan. 1997 at Experiment Station of EMBRAPA Cotton localised in Irrigation District of São Gonçalo-PB/Brazil.

A completely randomised design with 5 treatments and 5 replications each of 10x10m was adopted for the experiment. After soil preparation and construction of dike around the experimental plots, the treatment in corresponding doses (gypsum 10 T ha<sup>-1</sup>, sulphuric acid 320 L ha<sup>-1</sup>, polimaleic acid 6 L ha<sup>-1</sup>, farm yard manure 20 T ha<sup>-1</sup>, and control) were applied. After incorporation of products in soil, 8 cm water layer was maintained during 35 days and afterwards transplanting of rice seedlings, 3 per whole, at a spacing of 0,25x 0,10 m, was performed. Nitrogen fertilization at the rate of 80 kg N ha<sup>-1</sup> was done in 3 split doses.

The incorporation of products resulted in improvement of soil structure with consequent decrease in disperse clay content and increase in degree of flocculation and hydraulic conductivity. The electrical conductivity of saturation extract and percentage of exchangeable sodium (ESP) decreased in all treatments and gypsum showed best results. Nevertheless, pH did not show appreciable variations in any treatments. All products used in this study, except sulphuric acid, showed significant effects in growth and yield of rice with an average yield of 4,5 T ha<sup>-1</sup>. The analysis of soil samples collected after harvest confirmed contribution of rice crop in reduction of ESP in all treatments.

## 1. INTRODUÇÃO

Em consequência do aumento demográfico, a necessidade crescente de alimentos é indiscutível. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção de alimentos deverá sofrer um acréscimo de 80% nos próximos 30 anos (IIMI, 1991). Sem dúvida, a irrigação é uma ferramenta efetiva no aumento da produtividade, mas em algumas áreas vem sendo utilizada sem critérios, causando problemas de salinização em solos nas regiões áridas e semi-áridas, diminuindo os rendimentos da maioria das culturas ou até mesmo causando o abandono das terras em alguns casos.

Segundo Kovda & Szabolcs (1979), dos 954 milhões de hectares afetados por sais em todo o mundo, cerca de 4,5 milhões de hectares localizam-se no Brasil, em sua maioria na região Nordeste. Num levantamento realizado pelo SNLCS/EMBRAPA, Pereira (1982) constatou que no Nordeste do Brasil os solos afetados por sais ocupam cerca de 2,5 milhões de hectares.

Em vários perímetros irrigados, aproximadamente 25% da área irrigada encontra-se com problemas de salinidade e esta porcentagem poderá aumentar caso não sejam adotadas medidas preventivas urgentes (Goes, 1978). Damasceno (1978) afirma que

nos perímetros irrigados, em torno de 19% da área efetiva apresenta produtividade baixa em virtude da salinidade. No Perímetro Irrigado de São Gonçalo - PB, cerca de 40% da superfície irrigada está afetada por sais e desta, aproximadamente 80% apresenta problema de caráter sódico ou salino-sódico (Cordeiro *et al*, 1988). Devido ao alto custo com a implantação de infra-estrutura (barragens, canais, drenos, sistematização, etc.) nas áreas irrigadas, assim como do impacto ambiental causado pela salinização, faz-se necessário um estudo de recuperação.

Vários produtos possuem a característica de promover a recuperação de solos sódicos, entre eles os mais utilizados são: gesso, matéria orgânica e ácido sulfúrico. Como consequência do elevado custo na recuperação, é interessante estudar a melhor opção, visto que o produto mais indicado é função de sua eficiência, preço e disponibilidade. A cultura de arroz, por ser relativamente tolerante a estas condições, torna-se uma alternativa de amortização destes custos, proporcionando algum retorno ao agricultor, além de auxiliar no processo de recuperação.

Assim, o presente trabalho tem como objetivos principais, avaliar a eficiência dos diversos produtos (gesso, ácido sulfúrico, ácido polimaleico e esterco de curral) na recuperação de um solo salino-sódico e observar o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento da cultura de arroz após tratamento, comparando os resultados obtidos na área tratada com a testemunha.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Processo de Formação e Características de Solos Salino-Sódicos**

Conjuntamente ao processo de pedogênese, os sais solúveis no solo têm como origem o intemperismo de rochas e minerais, constituintes da crosta terrestre. De acordo com Pizarro, (1978), normalmente estes sais são transportados pela água, depositados em depressões e sob condições climáticas de alta evaporação, baixa pluviosidade, coligadas à deficiência de drenagem, concentram-se formando assim os solos salinos (FAO/UNESCO, 1973).

Segundo Barrios (1976), os fatores diretamente responsáveis pela salinização dos solos em áreas irrigadas são: uso de água de irrigação com alta concentração salina, elevação do lençol freático devido ao manejo inadequado de irrigação, falta ou deficiência de drenagem, elevação do lençol freático em decorrência da perda de água por infiltração nos canais e reservatórios e acumulação de água de irrigação nas partes mais baixas do terreno.

Nos solos salinos encontram-se uma mistura de vários compostos químicos, formados principalmente pelos cátions cálcio, magnésio, sódio e ânions cloreto e sulfatos, bem como potássio, carbonato e bicarbonato em menor frequência (Richards, 1954).

Em regiões áridas e semi-áridas, normalmente os cátions cálcio e magnésio são mais evidentes nos solos, mas devido a evapotranspiração e/ou evaporação elevada ocorre uma concentração de sais na superfície e na zona radicular. Desta forma, os carbonatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio bem como sulfato de cálcio, podem exceder o limite de solubilidade e como consequência se precipitam e ocasionam um aumento relativo do sódio na solução do solo (Palacios, 1974). Quando a percentagem de sódio na solução do solo alcança níveis superiores a 50%, o cálcio e magnésio que são mais fortemente adsorvidos à micela do solo podem ser substituídos pelo sódio (Pizarro, 1978). A acumulação gradativa de sódio trocável na micela é denominada sodificação.

Segundo o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos os solos salino-sódicos são caracterizados por ter uma condutividade elétrica no extrato de saturação superior a  $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  a  $25^\circ \text{C}$ , pH da pasta de saturação acima de 8,5 e uma porcentagem de sódio trocável (PST) maior que 15% (Richards, 1954). Conforme a Sociedade Americana de Ciência do Solo, os solos salino-sódicos são aqueles que apresentam CEes superior a  $2 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  e relação de adsorção de sódio (RAS)\* superior a  $13 (\text{mmoles} \cdot \text{L}^{-1})^{1/2}$  e pH na pasta de saturação superior a 8,5 (SSSA, 1987). Caso ocorra presença de matéria orgânica, esta poderá ser oxidada devido ao pH alcalino e após a ascensão e evaporação da água, forma manchas escuras, originando o nome de álcali negro (Pereira & Cobbe, 1990)

---

\*  $\text{RAS} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$  onde as concentrações de Na, Ca, Mg na solução do solo são expressas em  $\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$ .



## 2.2. Aspectos Físicos dos Solos Salino-Sódicos

Os solos sódicos apresentam como características físico-hídricas baixa permeabilidade, condutividade hidráulica e estabilidade dos agregados, o que pode ser explicado pela dispersão das argilas, ocasionada por um aumento da dupla camada difusa devido a adsorção de sódio à micela (Rimmer & Greenland, 1976). Solos com altos teores de sódio trocável possuem baixa estabilidade estrutural, ocasionando a formação de crostas endurecidas, com concomitante criação de caminhos preferenciais quando secos e desmoronamentos quando molhados (Richards, 1954).

Allison (1952) e Martin *et al.* (1952) *apud* Richards (1954), verificaram um aumento considerável na velocidade de infiltração e condutividade hidráulica em solos dispersos (alcalinos) após a aplicação de agentes agregantes polieletrólíticos, via aspersão. Quirk & Schofield (1955) e Reeve & Bower (1960), afirmam que a concentração eletrolítica da solução do solo é diretamente proporcional a permeabilidade e que águas de alta concentração associadas as diluições sucessivas podem ser utilizadas para a recuperação de solos sódicos.

O decréscimo na condutividade hidráulica, ocasionado pela diminuição da concentração eletrolítica e o aumento da relação de adsorção de sódio (RAS) é função do tipo da argila, solos ricos em argila 2:1 (montmorilonita) são bem mais sensíveis a variações que solos com argila 1:1 (caulinita) (McNeal & Coleman, 1966 e Dane & Klute, 1977). Pupisky & Shainberg (1979) observaram que a dispersão de argila pode ser a causa da diminuição da condutividade hidráulica quando um solo é lixiviado com água destilada, principalmente se a argila for montmorilonítica. McNeal *et al.* (1968), citam que um pequeno acréscimo no conteúdo de argila proporciona um decréscimo significativo da

## 2.4. Efeito da Salinidade sobre as Plantas

As plantas respondem diferentemente aos níveis de sais e sódio trocável encontrados no solo, ou seja, certas plantas denominadas halófitas atingem uma produtividade aceitável a altos níveis; já outras, as glicófitas são prejudicadas mesmo em baixos níveis de salinidade. Isto é devido a capacidade que algumas plantas têm de adaptação. Estas plantas conseguem absorver água da solução do solo mesmo sob baixos potenciais osmóticos. O conhecimento prévio dos limites de tolerância à salinidade e sodicidade de determinadas culturas, permite-nos escolher culturas adequadas para solos afetados por sais, sem que a produtividade destas culturas seja comprometida (Maas, 1984).

Em condições salinas, ocorre uma redução na disponibilidade de água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo o potencial total deste irá sofrer uma redução, devido à contribuição do potencial osmótico, e como a água tende a deslocar-se do ponto de maior para menor potencial, surgirá este ponto negativo à absorção de água, apesar do potencial osmótico não ser similar ao mátrico já que as plantas adaptam-se diferentemente às condições de salinidade (Lima, 1997). Embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver, o fato de parte da energia ser utilizada para esse mecanismo pode refletir negativamente no crescimento e desenvolvimento (Daker, 1988). Ainda pode haver desequilíbrio nutricional, toxicidade de alguns íons, interferência no equilíbrio hormonal capazes de diminuir a plasticidade da célula e a redução da permeabilidade da membrana citoplasmática, além de influenciar no processo da fotossíntese, já que afeta o conteúdo de clorofila nas plantas (Larcher, 1995). Conforme Cruciani (1987), sob condições de estresse salino, as folhas apresentam uma coloração

verde azulada escura, maior espessura e cerosidade, enquanto as raízes mostram uma diminuição do alongamento e suberização, o que afeta a absorção de água e nutrientes.

As espécies de plantas apresentam ampla variação em tolerância à salinidade, havendo diferenças ainda entre cultivares e fase fenológica. A Tabela 2.1 mostra a tolerância de algumas culturas em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação.

TABELA 2.1. Valores de salinidade limiar para algumas culturas comuns em regiões áridas e semi-áridas

Cultura	CEes (dS.m <sup>-1</sup> )	Cultura	CEes (dS.m <sup>-1</sup> )
Abacate	1,3	Feijão fava	1,6
Abobrinha	3,2	Laranja	1,7
Alface	1,3	Limão	1,7
Algodão	7,7	Meião	2,2
Amendoim	3,2	Milho	1,7
Arroz	3,0	Morango	1,0
Batata	1,7	Nabo	0,9
Batata doce	1,5	Pimentão	1,5
Beterraba	4,0	Rabanete	1,2
Brócolis	2,8	Repolho	1,8
Cana-de-açúcar	1,7	Soja	5,0
Cebola	1,2	Sorgo	4,0
Cenoura	1,0	Tomate	2,5
Couve flor	2,5	Pepino	2,5
Espinafre	2,0	Vagem	1,5
Feijão	1,0	Uva	1,5

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1991)

Maas & Hoffman (1977) indicam que acima de um valor determinado, o crescimento vegetativo diminui linearmente com o aumento da concentração de sais. Ayers & Westcot (1991) denominaram esse valor máximo da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo tolerado pela cultura sem afetar seu rendimento, como salinidade limiar. A relação entre salinidade limiar e rendimento é representada pela seguinte equação:

$$Y = 100 - b (CEes - SL)$$

onde,

Y = rendimento potencial (%);

CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação ( $dS \cdot m^{-1}$ );

SL = salinidade limiar da cultura ( $dS \cdot m^{-1}$ );

b = diminuição do rendimento por aumento unitário de salinidade acima do valor de salinidade limiar.

Alguns íons como o sódio, cloreto e boro podem apresentar toxidez específica (Lima, 1997), porém, o sódio e o cloreto são mais evidentes nos solos salinos do Nordeste. Os sintomas da toxidez causada pelo sódio não é fácil de ser identificado, mas é caracterizado por queimaduras ou necrose nas bordas das folhas e à medida que se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internervural até o centro das folhas, aparecendo inicialmente nas folhas mais velhas (Ayers & Westcot, 1991). Segundo Pizarro (1978), as culturas como amendoim, abacate, citros, uva e milho, são mais sensíveis ao sódio na solução do solo sendo que o abacate e os citros podem apresentar sintomas de toxidez mesmo em concentrações abaixo de  $5 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$  (Rhoades & Loveday, 1990).

Os sintomas mais evidentes de toxicidade por cloreto são inicialmente observados nas pontas das folhas, progredindo ao longo das bordas e a necrose excessiva pode vir acompanhada de desfolhação prematura (Ayers & Westcot, 1991). Strogonov (1964) cita que plantas cultivadas sob condições de salinidade com cloreto apresentam maior tolerância aos sais do que as cultivadas sob condições de salinidade com sulfato, apesar de sua resistência à seca, calor e frio ser menor. Na Tabela 2.2 pode-se observar os

## 2.5. Técnicas de Recuperação de Solos Sódicos

Pizarro (1978) afirma que para a recuperação de solos afetados por sais existem duas técnicas principais, que são a aplicação de melhoradores químicos e a aplicação de lâminas de água para lavagem. Os melhoradores químicos provocam a substituição no complexo coloidal do sódio trocável pelo cálcio. Como técnicas auxiliares, podemos ter as técnicas mecânicas que constam da aração profunda, da subsolagem, da adição e da mistura com areia, da inversão de perfis e as técnicas biológicas que compreendem a adição de matéria orgânica e o cultivo de vegetais com elevada evapotranspiração potencial (FAO/UNESCO, 1973).

Dentre os melhoradores químicos mais utilizados tem-se: o gesso e o cloreto de cálcio, que são sais solúveis de cálcio; o enxofre, o polisulfito de cálcio, o ácido sulfúrico e o sulfato de ferro e alumínio, que são ácidos ou formadores de ácidos, e o calcário que é um composto de cálcio de baixa solubilidade (Richards, 1954). Além destes podemos ter matéria orgânica em diversas formas (Dhawan & Mahajan, 1968 e Puttaswamygowda *et al.*, 1973), a vinhaça, subproduto da indústria açucareira (Almeida, 1994), a cal residual, subproduto da produção de acetileno (Pizarro, 1978), o soro resíduo da produção de queijo (Jones *et al.*, 1993), os compostos poliméricos (Aly & Letey, 1990 e Malik *et al.*, 1991) e o ácido polimaleico (Bali *et al.*, 1994). O melhorador a ser utilizado, assim como a sua quantidade, depende, entre outros fatores, das características do solo, da disponibilidade e do preço do melhorador (FAO/UNESCO, 1973).

Deve-se observar que certos corretivos possuem algumas restrições de aplicação, devido às suas características e as do solo a ser melhorado. Os corretivos ácidos ou formadores de ácido não devem ser aplicados em solos que não contêm carbonatos

alcalinos terrosos, para evitar riscos de acidificação do solo. O uso do carbonato de cálcio é limitado por sua baixa solubilidade ( $0,013 \text{ g.L}^{-1}$ ), indicado apenas na recuperação de solos sódicos degradados em que o pH seja inferior a 6,0 (Pizarro, 1978).

Reeve & Bower (1960) indicaram a possibilidade de recuperação de solos sódicos pelo uso de água de alta concentração eletrolítica, com diluições sucessivas ao longo do tempo. A velocidade de infiltração da água em um solo sódico depende consideravelmente da sua concentração eletrolítica. Desta forma, a lavagem desses solos pode ser facilitada ou iniciada com água de alta concentração eletrolítica, pois os sais agindo como flocculantes aumentam a permeabilidade do solo (FAO/UNESCO, 1973). Com consequente diminuição da concentração em etapas sucessivas, os cátions divalentes presentes nas águas (Ca e Mg) devido a maior seletividade ocupam o lugar do sódio no complexo sortivo do solo sem redução brusca na condutividade hidráulica do solo.

## **2.6. Efeito dos Melhoradores nos Solos Salino-Sódicos**

Luz (1983), com a finalidade de verificar o desenvolvimento e produtividade da cultura de arroz em solo salino-sódico, utilizou gesso nas dosagens de 30 e 60  $\text{T.ha}^{-1}$  e esterco de curral com 10  $\text{T.ha}^{-1}$  e não observou diferença significativa para os rendimentos da cultura entre esses tratamentos. Ferreyra & Coelho (1986), avaliando doses crescentes de gesso na recuperação de solo salino-sódico e efeitos na produção da cultura de arroz, constataram um aumento entre a testemunha e gesso ( $12 \text{ T.ha}^{-1}$ ) de 21,5%. Cleis (1986) obteve resultados satisfatórios em relação ao aumento do índice de percolação deste solo, utilizando o gesso e gesso mais matéria orgânica. Leite (1990), através da utilização do gesso, verificou uma diminuição acentuada da PST em um solo sódico proveniente do Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

Santos (1995) concluiu que a incorporação de gesso, com posterior percolação de água, revelou-se uma técnica eficaz de correção de solo salino-sódico em curto espaço de tempo, entretanto pode provocar um desbalanço na composição iônica da solução do solo, causando deficiências nutricionais às plantas. Pratter *et al.* (1978) observaram entre diversos corretivos utilizados para recuperação de solo salino-sódico, que o tratamento gesso apresentou superioridade na redução da quantidade de sódio trocável.

Em solos salino-sódicos com presença de carbonatos de cálcio, os ácidos ou formadores de ácidos são de grande eficiência, visto que estes reagem com o carbonato de cálcio produzindo o sulfato de cálcio, composto de média solubilidade, fornecedor de cálcio necessário para a substituição do sódio adsorvido na micela. Yahia *et al.* (1975) obtiveram resultados que indicam que o ácido sulfúrico superou o gesso, quanto ao efeito na melhoria da permeabilidade do solo à água, especialmente para valores elevados de PST. Na Armênia, Chintchan *apud* Pizarro (1978) utilizando ácido sulfúrico, seguido de altas lâminas de lavagem, obteve uma diminuição acentuada do sódio trocável. Azevedo (1983) concluiu que o ácido sulfúrico é mais eficiente quando comparado com o gesso, tanto na diminuição da porcentagem de sódio trocável do solo do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, como para posterior cultivo e rendimento de arroz.

Em diversos trabalhos o ácido polimaleico apresentou resultados satisfatórios, tendo como ponto fundamental a melhoria da estrutura física do solo e como consequência um aumento da permeabilidade do solo à água. Bali *et al.* (1994), utilizando ácido polimaleico, obtiveram resultados que mostram um aumento na taxa de infiltração. Em Santa Marta, na Colômbia, experimento conduzido em solo salino-sódico, mostrou um decréscimo acentuado do sódio trocável após duas aplicações de ácido polimaleico numa dosagem de  $6L \cdot ha^{-1}$  (FMC/ Agar Cross, 1995).

## 2.7. Tolerância do Arroz e sua Ação Recuperadora em Solos Salino-Sódicos

Ayers & Westcot (1991) sugeriram o valor de salinidade limiar para a cultura do arroz de  $3,3 \text{ dS.m}^{-1}$  e mostraram a queda média de produção em relação a condutividade elétrica do extrato de saturação indicada na Tabela 2.4. Maas (1984) afirma que a germinação de arroz diminui a um nível de 50% se a condutividade elétrica atingir o valor de  $18 \text{ dS.m}^{-1}$  e que o arroz se enquadra como uma cultura moderadamente sensível aos sais. Bhumbra & Abrol (1978), classificam o arroz como semi tolerante ao sódio trocável; isto possibilita seu cultivo durante a fase de recuperação dos solos salinos e sódicos, proporcionando algum retorno econômico ao agricultor.

TABELA 2.4. Queda no rendimento do arroz devido a salinidade

Queda no rendimento	CEes $\text{dS.m}^{-1}$
0%	3,3
10%	3,8
25%	5,1
50%	7,2

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1991)

A tolerância da cultura de arroz à salinidade e à sodicidade também é função da cultivar e do estágio de desenvolvimento da cultura (Ayres & Hayward, 1948). Gheyi *et al.* (1987), analisando 13 cultivares de arroz em solo salino-sódico, verificaram diferenças na produtividade, onde os resultados obtidos variaram entre  $6,1$  e  $1,6 \text{ T.ha}^{-1}$  para as cultivares IR 2058-78-1-3-2-3 e M-148, respectivamente. Fageria *et al.* (1982), estudando 162 cultivares, verificaram que 11% apresentaram tolerância alta, 11% tolerância moderada, 17% susceptibilidade moderada e 61% susceptibilidade aos sais.

Purohit & Tripathi (1972) *apud* IRR (1978), testando 72 cultivares, em solo salino-sódico ( pH 8,6 , CEes  $4,3 \text{ dS.m}^{-1}$  e baixa permeabilidade) através de transplântio



após 45 dias, das mudas produzidas em canteiro com solo normal (pH 7,5), observaram que as variedades MCM-2 e Dasal apresentaram resultados mais comprometedores em relação as demais variedades, produzindo 1,5 e 1,3 ton.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Fageria (1985) avaliou o efeito da salinidade na redução da matéria seca em 6 cultivares de arroz e classificou a cultivar CNA 810098 como tolerante, a CNA 810168 como moderadamente tolerante, enquanto as CNA 810112, CNA 810115, CNA 810129 e CNA 810138 foram consideradas como susceptíveis.

Gheyi & Barros (1987), utilizando critério de crescimento até 30 dias em meio salino-sódico, constataram maior tolerância para as cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) IR 4619-48-3-3-6-1, IR 9729-106-1-2-2, IR 15500-32-1-3-2 e IR 4595-4-1-13 em relação às IR 9129-192-2-4-3, IR 13385-48-1 e IR 11933-299-2-3-1, mostrando a possibilidade de cultivos de arroz em solos salino-sódicos atualmente abandonados sem nenhum tratamento.

A cultura de arroz possui um efeito recuperador em solos salino-sódicos e sódicos, o que é devido a uma ação mecânica promovida pelas raízes, aumentando assim a permeabilidade do solo, além de uma ação bioquímica, que consiste na remoção de sódio trocável pela mobilização de carbonato de cálcio, promovido pela hidrólise e liberação de CO<sub>2</sub> pelas raízes das plantas (Chhabra & Abrol, 1977).

Azevedo (1983) avaliando o efeito de vários corretivos na recuperação de solo salino-sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, atribuiu a redução da PST na testemunha (sem corretivos), ao cultivo de arroz. Abrol & Bhumbla (1979) concluíram que o cultivo de arroz promoveu a recuperação de solos salino-sódicos em maiores profundidades, devido ao aumento da permeabilidade, atribuídos a canais formados pelas raízes das plantas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização do Local**

A área onde foi desenvolvido o presente trabalho localiza-se no campo experimental da EMBRAPA / Algodão, situado no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa - PB, cujas coordenadas geográficas são 6° 50' de latitude sul, 38° 19' de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 235m.

O campo experimental apresenta uma área aproximada de 18 ha, dentre os quais cerca de 1,3 ha apresenta problemas de solos afetados por sais, de natureza salino-sódico (Silva *et al.*, 1997). A região apresenta relevo plano e clima seco de estepe, semi árido quente (Hidroservice, 1970), umidade relativa média de 64%, temperatura média de 27°C, evaporação média do Tanque Classe "A" de 7,5 mm.dia<sup>-1</sup> e uma pluviosidade média de 865,4 mm.ano<sup>-1</sup>, de acordo com uma série histórica de dados de 80 anos.

### **3.2. Delineamento Experimental, Tratamentos e Doses**

O experimento foi montado com 5 tratamentos casualizados, cada um com 5 repetições. Após o aprofundamento dos drenos (1,2 m) e preparo do solo, que consistiu em uma aração profunda e 3 gradagens, dividiu-se a área em unidades experimentais de 10 x 10 m e aplicou-se os tratamentos: esterco de curral, ácido sulfúrico, ácido polimaleico e gesso nas dosagens de 20 T.ha<sup>-1</sup>, 320 L. ha<sup>-1</sup>, 6L.ha<sup>-1</sup> e 10 T.ha<sup>-1</sup>, respectivamente e testemunha. As dosagens utilizadas foram baseadas em práticas usuais (esterco de curral), recomendação do fabricante (ácido polimaleico) ou resultados de pesquisas anteriores de Azevedo (1983) (ácido sulfúrico). No caso do gesso utilizou-se apenas 25% da necessidade total por considerações econômicas.

### **3.3. Unidade Experimental**

#### **3.3.1. Dimensões e Relevo**

A área experimental foi delimitada com 60m no sentido NE-SW e 52m no sentido NW-SE. Foi composta de 5 parcelas experimentais de 10m de largura por 50m de comprimento, dividida em 5 repetições. O relevo da unidade experimental apresenta-se plano, demonstrando variações apenas no micro-relevo.

#### **3.3.2. Características Iniciais de Salinidade**

Inicialmente foram determinadas as variáveis Condutividade Elétrica do Extrato da Saturação (CEes) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST), que caracterizam o

solo da unidade experimental como sendo de carácter salino-sódico. As Figuras 3.1 e 3.2 ilustram a grande variabilidade espacial dos valores destas variáveis dentro da área experimental, observa-se que os valores de CEes e PST variaram de 0,92 a 18,56 dS/m e de 28,2 a 96,1% respectivamente. (Tabela A1 do apêndice).

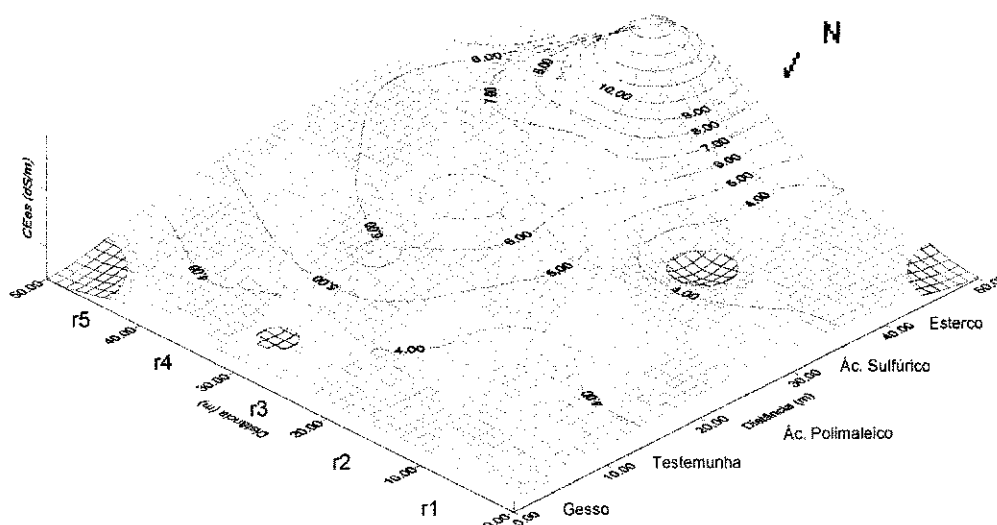


FIGURA 3.1. Representação tridimensional da condutividade elétrica do extrato de saturação na unidade experimental

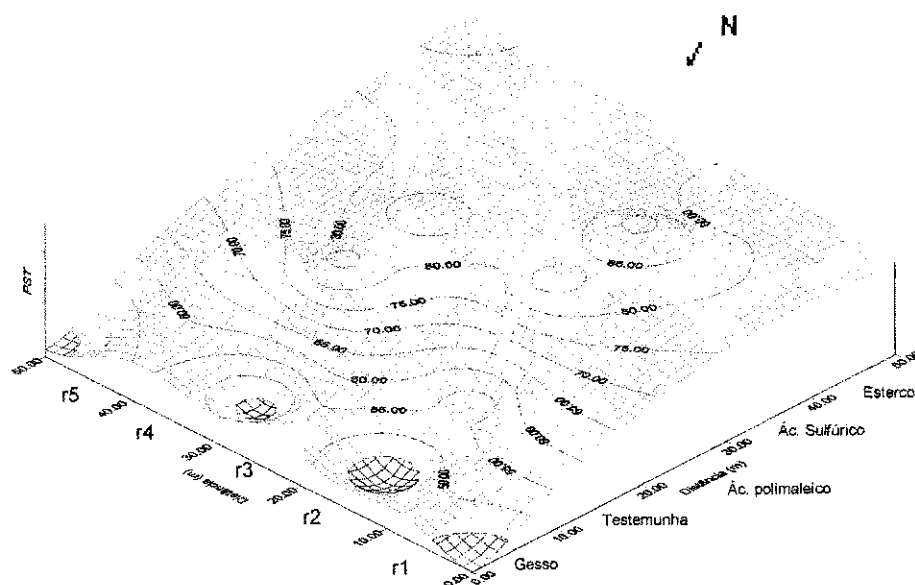


FIGURA 3.2. Representação tridimensional da percentagem de sódio trocável na unidade experimental

### 3.3.3. Características Físicas do Solo

Segundo estudos realizados pela Hidroservice (1970), os solos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, apresentam 64% textura pesada, 33% textura média e 3% textura arenosa, são predominantemente aluviais e possuem uma condutividade hidráulica saturada menor que  $5\text{mm.h}^{-1}$  em aproximadamente 67% da área total.

As Tabelas 3.1 e 3.2 mostram nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, as características físicas nas parcelas de cada tratamento. As características físicas do solo da unidade experimental, apresentam uma certa uniformidade, possuindo textura entre franco argilosa e franco arenosa, com porcentagem de areia entre 44,5 e 64,7%. A densidade global variou de  $1,40$  à  $1,57\text{g.cm}^{-3}$ , a densidade das partículas apresentou-se em torno de  $2,75\text{g.cm}^{-3}$ , com a porosidade oscilando entre 41,23 e 49,55% e tendo valores médios de 15,27 e 7,48 % para capacidade de campo e ponto de murcha, respectivamente.

TABELA 3.1. Análise granulométrica e classe textural do solo das unidades experimentais.

TRATAMENTO	PROF. (cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	CLASSE TEXTURAL
		%			
Esterco	0-20	54,33	19,50	26,17	Franco Argilo Arenoso
	20-40	57,90	14,44	27,66	Franco Argilo Arenoso
	40-60	55,25	17,50	27,25	Franco Argilo Arenoso
Ácido sulfúrico	0-20	60,51	14,38	25,11	Franco Argilo Arenoso
	20-40	64,79	16,31	18,90	Franco Arenoso
	40-60	58,87	13,41	27,72	Franco Argilo Arenoso
Ácido polimaleico	0-20	62,24	15,82	21,94	Franco Argilo Arenoso
	20-40	54,29	17,48	28,23	Franco Argilo Arenoso
	40-60	50,42	18,62	30,96	Franco Argilo Arenoso
Testemunha	0-20	55,37	18,45	26,18	Franco Argilo Arenoso
	20-40	51,02	19,10	29,88	Franco Argilo Arenoso
	40-60	45,89	18,76	35,35	Franco Argiloso
Gesso	0-20	58,06	22,98	18,96	Franco Arenoso
	20-40	53,61	21,64	24,75	Franco Argilo Arenoso
	40-60	44,50	26,42	29,08	Franco Argiloso

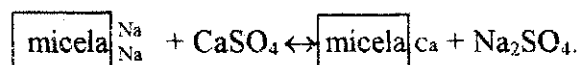
TABELA 3.2. Valores médios de Densidade de Partículas (Dp), Densidade Global (Dg), Porosidade (P), Umidade Natural (U), Capacidade de Campo (CC) e Ponto de Murcha (PM) do solo das unidades experimentais.

TRATAMENTO	PROF. (cm)	Dp (g.m <sup>-3</sup> )	Dg (g.m <sup>-3</sup> )	P	U	CC	PM
						%	
Esterco	0-20	2,65	1,52	42,62	1,9	15,9	7,6
	20-40	2,75	1,57	42,92	1,7	12,4	6,1
	40-60	2,76	1,52	44,91	2,0	13,5	7,5
Ácido Sulfúrico	0-20	2,79	1,54	44,71	1,7	16,9	7,8
	20-40	2,77	1,63	41,23	1,1	9,9	4,3
	40-60	2,78	1,46	47,68	2,0	18,4	9,2
Ácido Polimaleico	0-20	2,77	1,56	43,59	1,2	10,9	5,6
	20-40	2,73	1,48	45,67	2,0	14,9	8,5
	40-60	2,77	1,42	48,83	2,6	17,9	9,5
Testemunha	0-20	2,77	1,50	45,76	1,9	13,5	6,9
	20-40	2,77	1,48	46,58	2,4	17,1	8,4
	40-60	2,70	1,46	46,12	3,4	19,8	9,6
Gesso	0-20	2,74	1,48	45,89	1,5	14,8	4,4
	20-40	2,73	1,47	46,17	2,2	14,0	6,2
	40-60	2,77	1,40	49,55	3,1	19,1	10,6

### 3.4. Características, Aplicação e Doses dos Produtos Avaliados

#### 3.4.1. Gesso

Classificado como um composto de cálcio de baixa solubilidade ( $= 2\text{g.L}^{-1}$ ), o gesso é o corretivo químico mais utilizado, devido provavelmente ao seu preço acessível ( $\text{US}\$40. \text{T}^{-1}$ ). A adição de gesso em solos sódico, conforme Pizarro (1978), promove a seguinte reação :



O gesso, na dosagem de  $10 \text{ ton.ha}^{-1}$  foi aplicado a lanço, da forma mais homogênea possível, como mostra a Figura 3.3. Após a aplicação, o gesso foi incorporado ao solo até a profundidade de 20 cm, manualmente com o auxílio de enxada. O corretivo

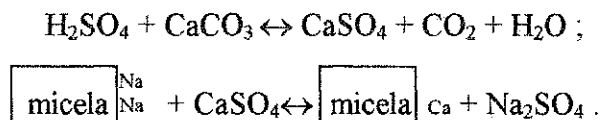
apresentou a seguinte granulometria: 100% < 2mm, 70% < 0,84mm e 50% < 0,30mm. Produzido a partir da moagem da gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), o gesso empregado foi procedente da região da Serra do Araripe-CE, que segundo Santos & Henandez (1997) possuem em média 14% de enxofre e 25% de cálcio.



FIGURA 3.3. Aplicação do gesso a lanço

### 3.4.2. Ácido Sulfúrico

Indicado para a recuperação de solos sódicos degradados com presença de carbonatos alcalinos terrosos, o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) reage com o carbonato produzindo o gesso, o qual promove a troca do sódio adsorvido na micela do solo pelo cálcio, conforme as seguintes reações:



O ácido aplicado na dosagem de  $320\text{L} \cdot \text{ha}^{-1}$ , foi diluído 200 vezes visando uma aplicação mais uniforme, como observa-se na Figura 3.4. O ácido sulfúrico é um produto de alto custo ( $\text{US\$ } 7,00 \cdot \text{L}^{-1}$ ), devido ao grande volume utilizado, podendo ser viável quando aproveitado como subproduto da atividade industrial (Santos & Henandez, 1997).

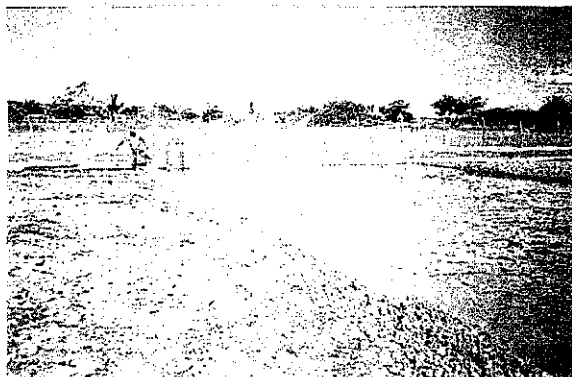


FIGURA 3.4. Aplicação do ácido sulfúrico diluído

### 3.4.3. Esterco de Curral

A adição de esterco de curral favorece a estruturação do solo, aumentando a velocidade de infiltração e condutividade hidráulica, promovendo uma maior lixiviação dos sais presentes. Tem custo baixo, sendo bastante variado. Aplicado a lanço na dosagem de  $20 \text{ T. ha}^{-1}$ , o esterco foi incorporado manualmente com o auxílio de enxada. A Figura 3.5 mostra a aplicação do esterco de curral.

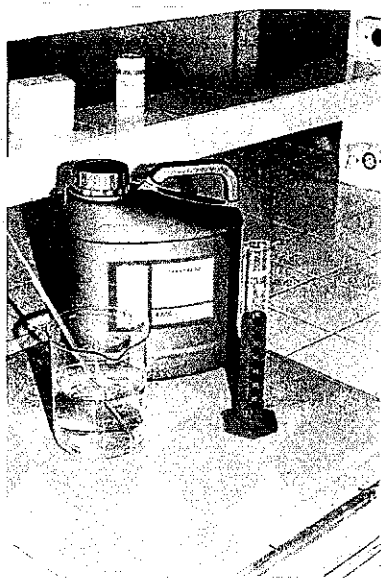


FIGURA 3.5. Aplicação do esterco de curral a lanço

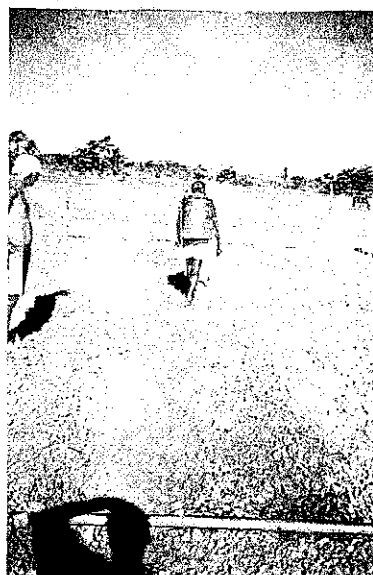


### 3.4.4. Ácido Polimaleico

O ácido polimaleico ((C<sub>4</sub> - H<sub>4</sub> O<sub>4</sub>)<sub>n</sub>) é no momento um produto utilizado no Brasil, apenas a nível experimental, e apresenta as seguintes características : líquido âmbar, com ponto de fusão entre -5 e -10<sup>o</sup>C e ebulição a 101<sup>o</sup>C, solúvel em água com odor semelhante a vinagre, corrosivo com pH em torno de 2. O produto aumenta a solubilidade de sais de cálcio e magnésio no solo, e devido a alta capacidade que esses cátions têm de serem adsorvidos pelas argilas em relação ao sódio, promovem um intercâmbio, ajudando assim na formação dos agregados e melhorando as propriedades físicas do solo. Apresentando 50% de concentração, o produto é comercializado com custo relativamente baixo (US\$ 20,00.L<sup>-1</sup>), devido ao pequeno volume utilizado (FMC/Agar Cross, 1995). O ácido foi aplicado diluído 250 vezes, na dosagem de 6 L.ha<sup>-1</sup> em duas parcelas, 4 L.ha<sup>-1</sup> no início do experimento e 2 L.ha<sup>-1</sup> após transplântio, através de pulverização manual, garantindo uma boa uniformidade, Características visuais e a aplicação podem ser melhor observados na Figura 3.6 .



(a)



(b)

FIGURA 3.6. Ácido polimaleico. (a) apresentação do produto, (b) aplicação no campo

Todas as parcelas, inclusive a testemunha, após a aplicação dos produtos foram inundadas por um período de 30 dias, com uma lâmina média de 8cm, para promover a substituição do sódio e/ou a lixiviação dos sais, presentes no solo.

### **3.5. Condução da Cultura de Arroz**

Produziu-se mudas de arroz da cultivar Diamante em um canteiro, simultaneamente a aplicação da lâmina de lixiviação e decorrido o prazo de 35 dias foi feito o transplante, colocando-se 3 plantas por cova, distanciadas assimetricamente 25 cm entre linhas e com 10 covas por metro linear, o que garantiu uma uniformidade no "stand". A adubação nitrogenada à base de sulfato de amônio foi de 80 kg de N.ha<sup>-1</sup> no total, parcelada igualmente em 3 aplicações (após pega das mudas, antes do emborrachamento (diferenciação floral) e durante a aparecimento das primeiras panículas). Os tratos culturais foram realizados de forma manual, e a irrigação através de inundação intermitente, sendo a lâmina total aplicada de 1570mm ao longo de todo o ciclo, concordando com o indicado por Ramos *et al.* (1981). A colheita foi feita de forma manual aos 128 dias da germinação, ou seja, 93 dias após o transplante.

### **3.6. Acompanhamento Fenológico da Cultura**

Com a finalidade de acompanhar o desenvolvimento da cultura de arroz ao longo do ciclo fenológico, foram escolhidas, ao acaso, 9 plantas por repetição, em 3 épocas distintas : aos 60, 90 e 120 dias após a germinação, para a determinação dos seguintes variáveis: altura de plantas, número de folhas por planta, número de perfilhos por planta,

peso seco da parte aérea e da raiz. Durante a colheita retirou-se amostras em um metro linear escolhido ao acaso em cada repetição e determinou-se os seguintes componentes de produção: número de panículas por metro linear, peso médio de panículas, número médio de grãos por panícula, peso de 1000 grãos e número médio de grãos chochos por panícula, além do rendimento efetivo de arroz para cada tratamento. Os componentes de produção estudados seguiram as recomendações contidas no Manual de Métodos de Pesquisa em Arroz (EMBRAPA-CNPAP, 1977).

### **3.7. Amostragem de Solo para Análises**

Foram retiradas amostras de solo em 10 pontos, 2 por repetição, de forma sistemática na área experimental, ou seja, em pontos pré-fixados de amostragem com intervalos regulares, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, com o auxílio de trado manual. Objetivando monitorar as características físico-químicas do solo em função do tempo, coletou-se amostras em 4 épocas: antes do preparo do solo, antes do tratamento, após tratamento e após colheita, na mesma posição relativa, conforme recomendações de Queiroz *et al.* (1997).

### **3.8. Procedimento de Análises Físico-Químicas do Solo e Determinação da Condutividade Hidráulica**

Para verificar as possíveis variações das características físico-químicas, promovidas pelos diferentes produtos aplicados, determinou-se no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal da Paraíba para cada parcela experimental, as

características físicas, no início e término da pesquisa, e químicas, em 4 épocas: antes do preparo do solo, antes da aplicação do tratamento, 35 dias após tratamento e após a colheita de arroz. Depois de secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira de 2mm, foram analisadas utilizando as seguintes metodologias:

Utilizando as metodologias citadas por EMBRAPA (1979), foram determinadas as seguintes características físicas: densidade de partículas ( $D_p$ ) pelo método do balão volumétrico, densidade global ( $D_g$ ) pelo método da proveia, análise textural pelo método do Bouyoucos (1951), as constantes hídricas a 0,33 e 15 atm mediante a utilização do extrator de Richards com placa de cerâmica e argila dispersa pelo método da pipeta, sendo o grau de flocculação obtido em função da argila dispersa em água e argila total em amostras retiradas no início e término do experimento.

As características químicas analisadas foram: pH da pasta de saturação, condutividade elétrica do extrato de saturação, complexo sortivo (Ca, Mg, K, Na, H e Al) e íons solúveis (Ca, Mg, K, Na, Cl,  $SO_4$ ,  $CO_3$ ,  $HCO_3$ ), de acordo com a metodologia recomendada por Richards (1954). A partir destes determinou-se a porcentagem de sódio trocável (PST), a relação de adsorção de sódio (RAS) e a capacidade de troca de cátions (CTC). Foi determinado ainda a presença de carbonatos alcalinos terrosos com o auxílio de ácido clorídrico 1:1 (EMBRAPA, 1979).

A condutividade hidráulica saturada foi determinada, utilizando-se a medição direta no campo, pelo método do "auger-hole" reverso ou porchet, na ausência do lençol freático, que consiste em perfurar um orifício no solo, enche-lo de água e medir a velocidade de rebaixamento do nível. A estimativa obtida representa a permeabilidade média das camadas horizontais envolvidas (Cruciani, 1987). Foram utilizados 5 poços de

observação para o monitoramento da superfície freática, antes e após aplicação dos tratamentos, em pontos fixos.

### 3.9. Análise Estatística

No início, escolheu-se casualizar os 5 tratamentos com 5 repetições e aplicar posteriormente um controle estatístico, estudando os parâmetros através da análise de covariância, que consiste em isolar uma ou mais fontes de variação, também chamadas de covariantes, as quais acredita-se ter influência sobre as variáveis dependentes, (Kirk, sd). As covariantes escolhidas foram a porcentagem de sódio trocável e a condutividade elétrica do extrato de saturação, as quais não foram significativas. Portanto, optou-se por analisar as variáveis dependentes através do teste de F (análise de variância), e para diferenciação entre médias utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 0,05 da probabilidade (Gomes, 1978). Para a análise de variância os valores de número de perfilhos, número de folhas, altura de planta, número de grãos chochos, peso médio de panícula, peso de 1000 grãos, média do número de grãos por panícula foram transformados em  $\sqrt{x}$ , enquanto que os valores de peso seco, rendimento e número de panículas por metro linear foram transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Efeito dos Diversos Tratamentos nas Características Físico-Hídricas do Solo

Os resultados de argila dispersa em água apresentados na Tabela 4.1, demonstram uma diminuição em todos os tratamentos e profundidades de solo estudadas, refletindo diretamente na melhoria do grau de floculação, o qual apresentou acréscimos apreciáveis no final do experimento.

Vale salientar que o decréscimo da argila dispersa e conseqüente aumento do grau de floculação foram verificados em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, tendo em média valores de 4,96% e 12,03%, respectivamente. O tratamento com gesso apresentou melhor desempenho, tendo em média um decréscimo de 8,32% para argila dispersa e um acréscimo de 36,68 para o grau de floculação, mostrando melhores resultados nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. Isto pode ser explicado pela maior redução da porcentagem de sódio trocável (Tabela A1, Apêndice), e conseqüente diminuição da espessura da camada dupla difusa (Rimmer & Greenland, 1976 e Rowell *et al.*, 1969). A concentração eletrolítica também afeta a dispersão (Quirk & Schofield, 1955), no entanto no final do presente estudo verificou-se valores de CEes similares para todos os tratamentos

(Figura 4.1) a qual revela que a diminuição da argila dispersa e o aumento do grau de floculação deve-se, neste caso, ao efeito da PST.

Constatou-se que o tratamento esterco de curral proporcionou um decréscimo na dispersão de argila, isto está de acordo com Loveday *et al.* (1987), *apud* Santos & Muraoka (1997), que concluíram que a dispersão é inversamente proporcional aos conteúdos de matéria orgânica em solos de caráter sódico. No gesso, a diminuição da argila dispersa em água pode ser explicada pelo aumento da concentração eletrolítica após a aplicação do produto, com posterior e gradativa queda na condutividade elétrica, e principalmente da diminuição na relação de adsorção de sódio (McNeal & Coleman, 1966 e Dane & Klute, 1977). Nos demais tratamentos a floculação das argilas pode ter sido ocasionada por uma diminuição da porcentagem de sódio trocável.

TABELA 4.1. Valores médios de porcentagem de argila dispersa em água (%AD) e grau de floculação (GF), antes e depois do tratamento.

TRATAMENTO	PROF. (cm)	%AD		GF	
		Antes	Depois	Antes	Depois
Esterco	0-20	15,19	12,91	41,61	50,62
	20-40	16,47	14,03	40,56	50,04
	40-60	17,47	17,12	35,59	37,33
Ácido Sulfúrico	0-20	17,05	15,82	32,09	37,00
	20-40	16,57	11,77	14,34	37,28
	40-60	23,45	18,59	15,35	32,71
Ácido polimaleico	0-20	11,12	10,94	49,90	50,67
	20-40	21,85	14,56	21,88	47,61
	40-60	22,93	20,27	26,01	34,46
Testemunha	0-20	17,85	13,38	31,92	47,27
	20-40	22,57	18,33	23,92	39,20
	40-60	24,00	18,63	31,78	47,25
Gesso	0-20	15,20	2,25	18,33	88,06
	20-40	20,54	13,61	14,56	45,76
	40-60	24,55	22,00	14,19	23,30

Na Tabela 4.2, pode-se observar valores de condutividade hidráulica saturada para testes realizados em campo, antes e após o experimento. Nos resultados obtidos, verifica-se um aumento em todos os tratamentos, com ênfase para o esterco de curral e gesso que atingiram uma condutividade hidráulica de 2,34 cm.dia<sup>-1</sup>. Mesmo não sendo este um valor alto, reflete uma melhoria na estrutura do solo, conforme os resultados obtidos de argila dispersa em água e grau de floculação. Pupisky & Shainberg (1979), concordam na afirmação que a condutividade hidráulica é proporcional a diminuição da argila dispersa e conseqüentemente ao aumento no grau de floculação. O acréscimo na condutividade hidráulica do solo na testemunha pode ser, conseqüência das operações envolvendo preparo do solo, limpeza, aprofundamento dos drenos e também devido à presença de raízes deixadas pela cultura de arroz.

TABELA 4.2. Valores de condutividade hidráulica ( $K_0$ ) antes e depois do tratamento

TRATAMENTO	$K_0$ (cm*dia <sup>-1</sup> )	
	Antes	Depois
Esterco de curral	0,58	2,34
Ácido sulfúrico	1,00	1,72
Ácido polimaleico	0,86	1,94
Testemunha	1,14	1,87
Gesso	1,71	2,34

#### 4.2. Efeitos dos Diversos Produtos nas Características Químicas do Solo

Conforme resultados da análise do solo obtidos em diferentes épocas (Tabela A1. Apêndice), verifica-se que, de um certo modo, estes são coerentes. Todavia, em algumas amostras, como a da parcela sob o efeito do tratamento ácido polimaleico, na profundidade de 40-60 cm, os valores de sódio trocável e conseqüentemente da capacidade



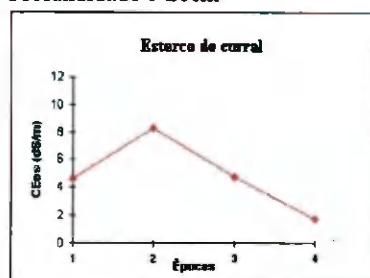
de troca de cátions (CTC) são altos, tendo como explicação a variabilidade espacial e temporal.

O comportamento das curvas entre o período compreendido do preparo do solo ao tratamento tem como causa a inversão de perfis, pois foi realizada uma aração profunda, com a utilização de arado de aiveca. Um acréscimo da condutividade elétrica nas camadas superiores foi observado; isto deve-se ao fato que durante a coleta das amostras referentes ao reconhecimento da área (1ª época), o solo estava úmido, com maior concentração eletrolítica nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm, entretanto na segunda coleta de amostras, o solo encontrava-se seco, e através do fenômeno da capilaridade ocasionado pela alta demanda evaporativa, os sais concentraram-se próximo da superfície.

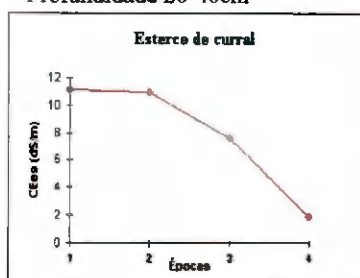
O comportamento da salinidade no solo, entre antes do tratamento (2ª época) e após lavagem (4ª época), está mostrada na Figura 4.1. Verifica-se um decréscimo em todos os tratamentos e profundidades estudadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm). Uma exceção pode ser vista nos resultados para o tratamento gesso na profundidade de solo de 0-20 cm, onde ocorreu um pequeno acréscimo da segunda para a terceira época. Isto já era esperado, visto que o produto aplicado é composto de baixa solubilidade e tem influência direta na concentração eletrolítica da solução do solo.

Como pode-se perceber na Figura 4.1, após a lavagem (3ª época) a condutividade elétrica mostrou-se mais acentuada a maiores profundidades do solo, para todos os tratamentos, o que pode confirmar a lixiviação dos sais. O tratamento gesso apresentou menores valores (em torno de  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ ), enquanto o maior decréscimo foi verificado no tratamento esterco de curral, na camada de 0-20 onde a condutividade elétrica passou de  $8,24$  para  $4,72 \text{ dS.m}^{-1}$  (Tabela A1, Apêndice).

Profundidade 0-20cm



Profundidade 20-40cm



Profundidade 40-60cm

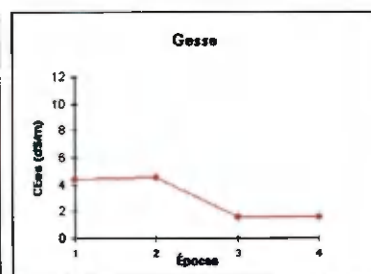
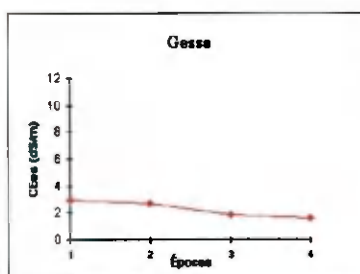
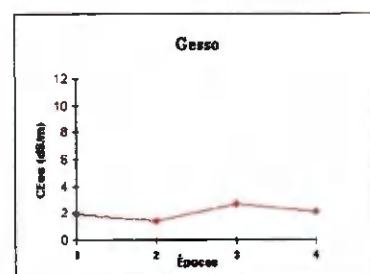
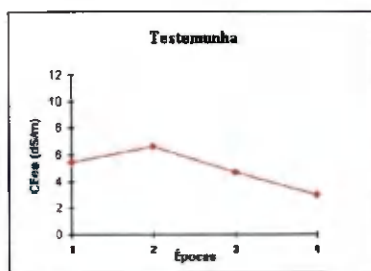
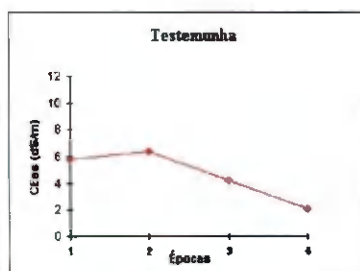
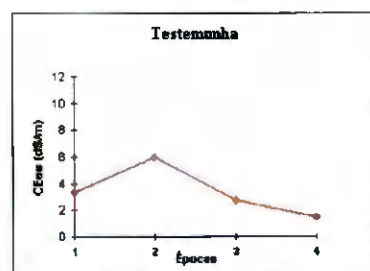
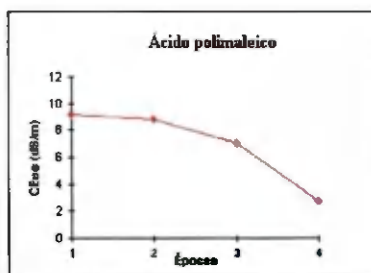
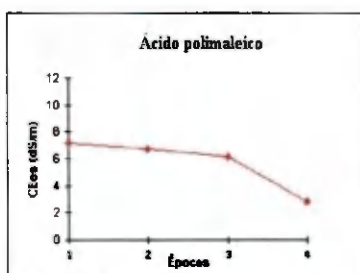
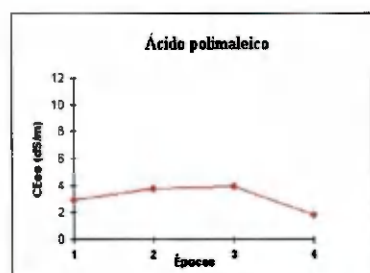
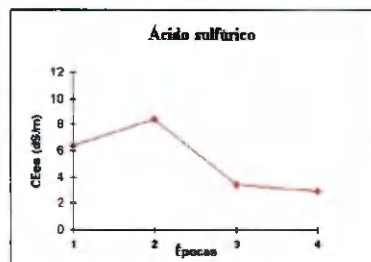
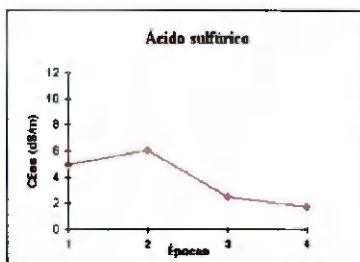
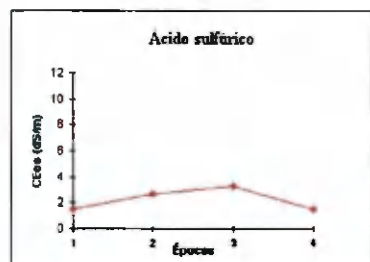
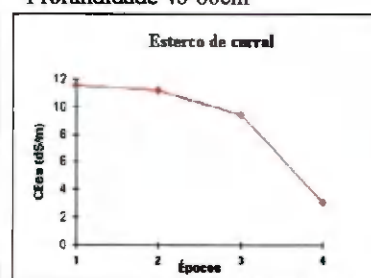


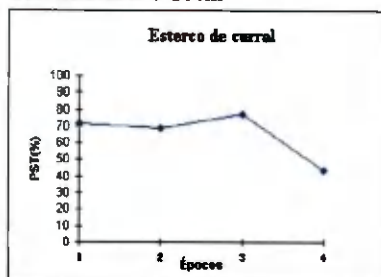
FIGURA 4.1. Monitoramento da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEs), durante diferentes épocas: 1. antes do preparo do solo, 2. antes do tratamento, 3. após lavagem e 4. após a colheita da cultura de arroz.

Na Figura 4.2 podemos observar a porcentagem de sódio trocável (PST) durante o período compreendido entre antes e após tratamento, em 3 profundidades distintas (0-20, 20-40 e 40-60cm). Percebe-se, que na maioria dos tratamentos e profundidades, houve um leve decréscimo da porcentagem de sódio trocável. Comportamento inverso foi verificado na profundidade de 0-20 cm do tratamento ácido polimaleico, isto pode ter sido devido a variação espacial.

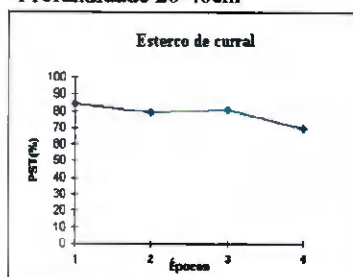
O tratamento com ácido polimaleico, proporcionou uma queda retardada em relação aos demais tratamentos, devido ao modo de ação do produto. Isto pode ter ocasionado uma diminuição nos componentes de produção da cultura de arroz, por notar-se uma maior dificuldade no pegamento das mudas transplantadas.

Observando a Tabela A1 (Apêndice), verifica-se que antes do tratamento, a porcentagem de sódio trocável, apresentou um maior valor em termos percentuais, próximo a 80%, para o tratamento ácido sulfúrico, o qual foi reduzido a valores em torno de 75%, mas os resultados indicam que as menores porcentagens de PST são correspondentes ao tratamento gesso, atingindo a 3,15% na camada de 0-20 cm. A maior redução da PST, durante o período entre antes e após tratamento, foi verificado no gesso. O qual passou de valores de PST de 12,75; 45,95 e 56,33% para 3,15; 17,88 e 44,25 %, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, respectivamente.

Profundidade 0-20cm



Profundidade 20-40cm



Profundidade 40-60cm

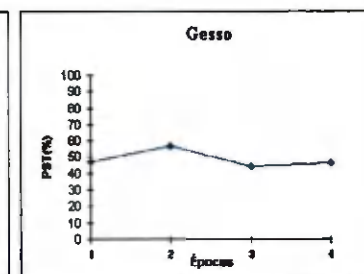
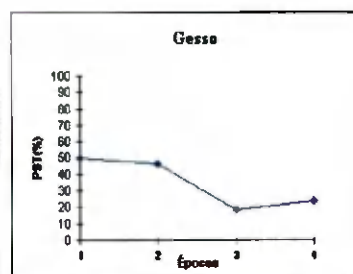
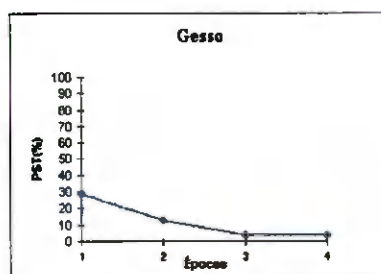
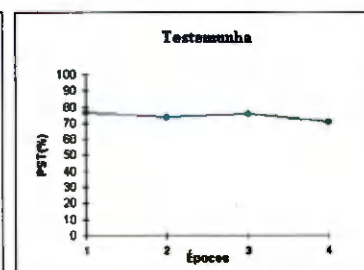
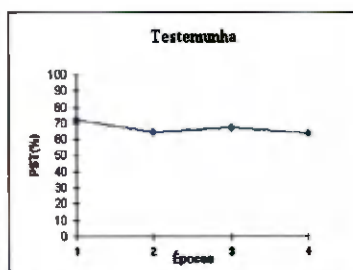
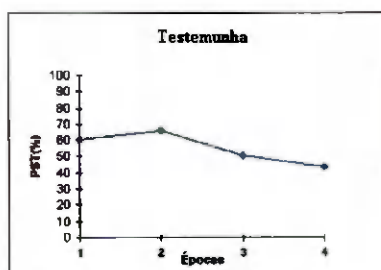
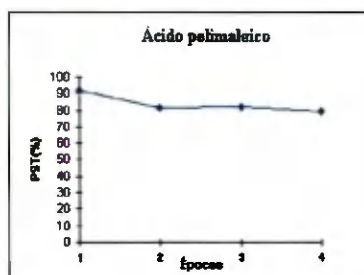
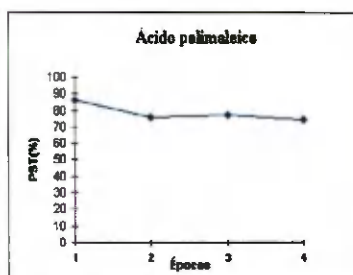
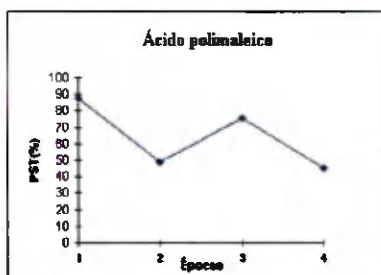
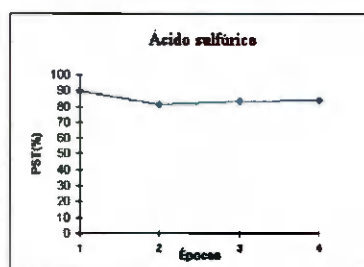
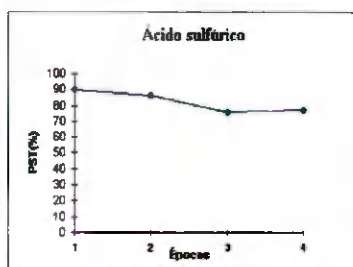
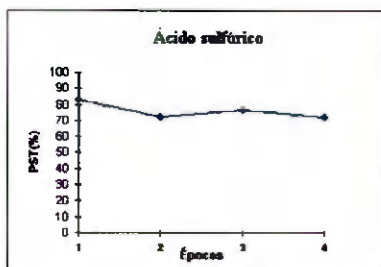
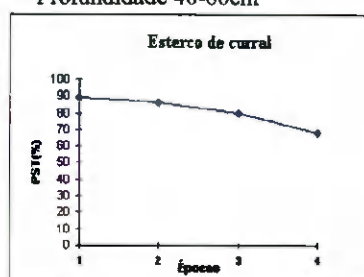


FIGURA 4.2. Monitoramento da porcentagem de sódio trocável (PST), durante diferentes épocas: 1. antes do preparo do solo, 2. antes do tratamento, 3. após lavagem e 4. após a colheita da cultura de arroz.

A Figura 4.3 ilustra o comportamento do pH, pode verificar-se que entre as 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> épocas (antes e após aplicação do produto com posterior lavagem), em 3 profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm). O pH não sofreu influência marcante dos produtos utilizados na pesquisa ao longo de todo o perfil do solo.

Na Tabela A1 (Apêndice) pode-se notar que após o tratamento os valores de pH variaram desde 9,11 para o tratamento ácido sulfúrico até 5,80 para o tratamento gesso. A parcela referente ao tratamento com ácido sulfúrico não apresentou uma diminuição efetiva no pH, possivelmente devido a dosagem ter sido aquém do necessário e da presença de grande quantidade de carbonato de cálcio no início da fase experimental.

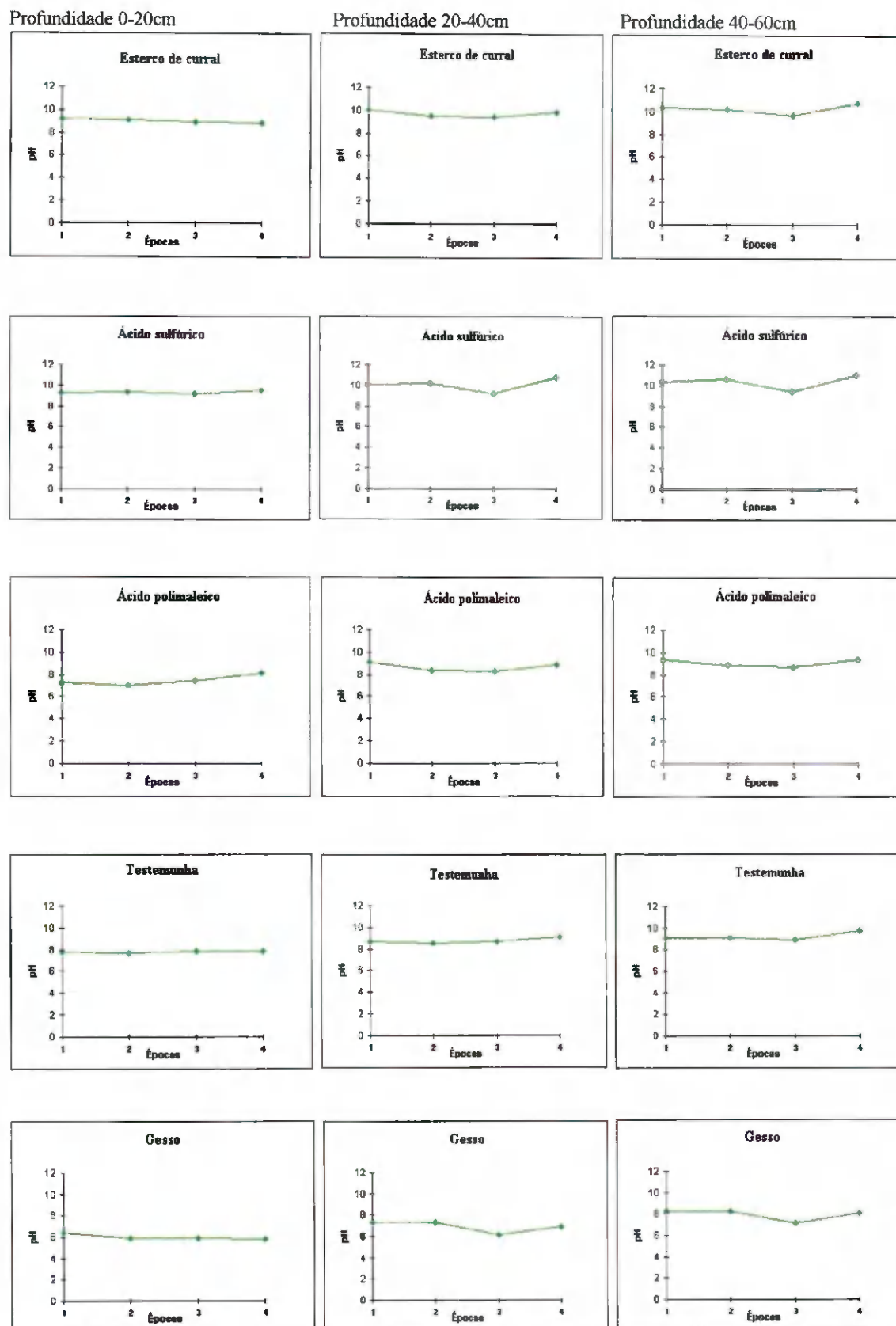


FIGURA 4.3. Monitoramento do pH, durante diferentes épocas: 1. antes do preparo do solo, 2. antes do tratamento, 3. após lavagem e 4. após a colheita da cultura de arroz.

### 4.3. Efeito dos Diferentes Produtos no Crescimento, Desenvolvimento e no Rendimento da Cultura de Arroz

A Figura 4.4 apresenta o acompanhamento fenológico da cultura de arroz, em três épocas distintas, 60, 90 e 120 dias desde a germinação, através das seguintes variáveis : Número de folhas por planta, altura de planta (cm), número de perflios por planta, peso seco total por planta (g), peso seco da parte aérea por planta (g) e peso seco da raiz por planta (g).

Em relação a variável, número de folhas por planta, os melhores resultados foram obtidos no tratamento gesso aos 60 e 90 dias e no tratamento ácido polimaleico aos 120 dias (Figura 4.4). Apenas os resultados analisados aos 60 e 120 dias demonstraram diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela A3, A4 e A5 , apêndice). Aos 60 dias o gesso foi o melhor diferenciando-se do ácido sulfúrico, enquanto que aos 120 dias o ácido polimaleico apresentou o maior número de folhas diferindo significativamente dos tratamentos ácido sulfúrico e testemunha.

A maior altura aos 60 dias foi verificada nas plantas sob o efeito do tratamento esterco de curral, atingindo uma altura média de 38,80 cm , caracterizando a variedade Diamante como de pequeno crescimento durante este período, principalmente se comparada as variedades analisadas por Barreto (1981). Aos 90 dias a maior altura foi observada no tratamento gesso e aos 120 dias no tratamento ácido polimaleico com altura média de 80,87 cm. Todas as três épocas analisadas apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, os tratamentos esterco de curral, gesso e ácido polimaleico diferenciaram-se apenas do ácido sulfurico aos 60, 90 e 120 dias, respectivamente (Tabela A3, A4 e A5. Apêndice).

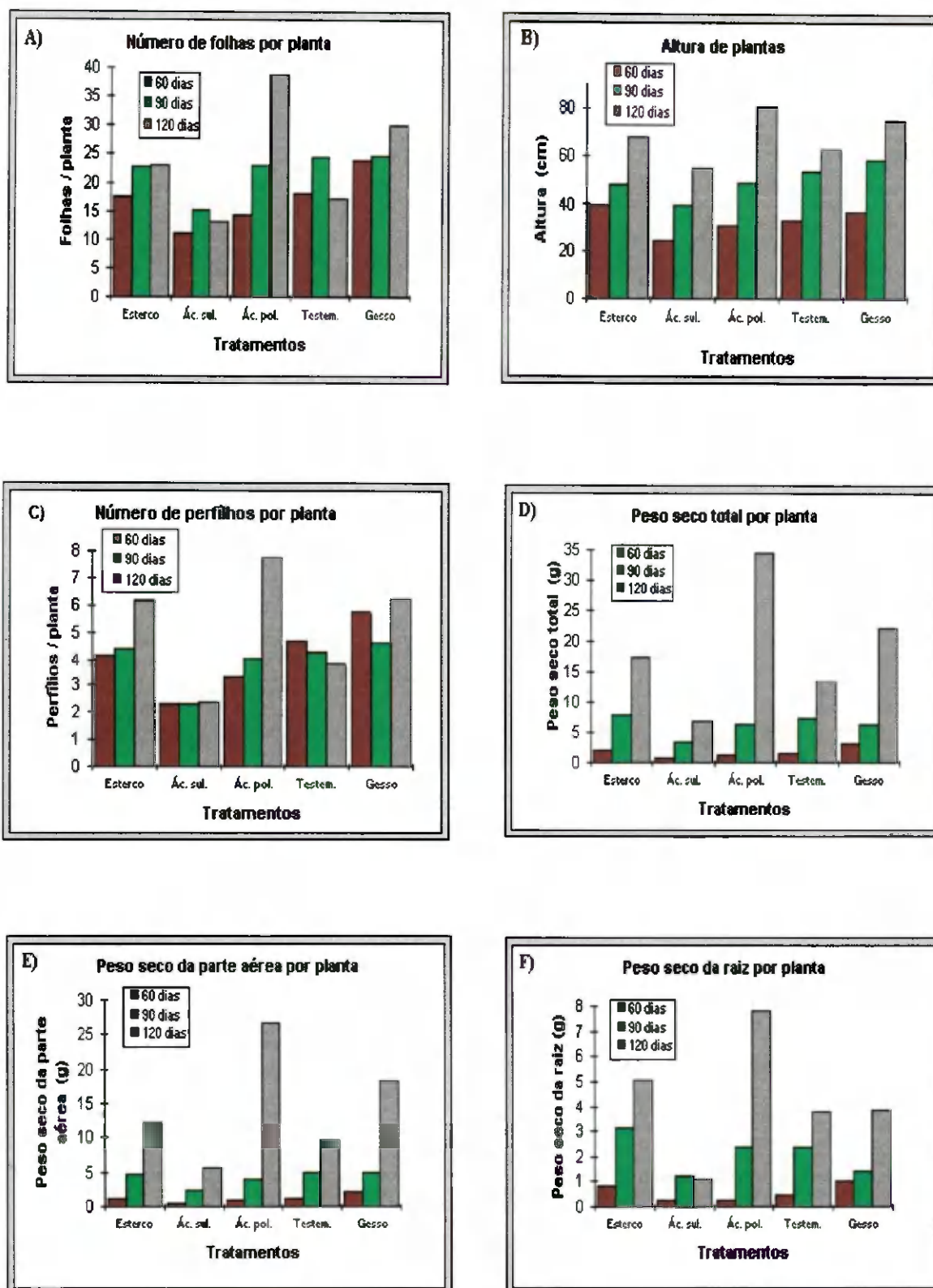


FIGURA 4.4. Acompanhamento de número médio de folhas A), altura média B), número médio de perfilhos C), peso médio seco total D), peso médio da parte aérea E), peso médio seco da raiz F), por planta na cultura de arroz ao longo do ciclo, sob o efeito de diversos tratamentos.



Na Figura 4.4 nota-se ainda, que aos 60 e 90 dias do ciclo, as plantas que apresentaram maior número de perfilhos foram as do tratamento gesso, enquanto aos 120 dias o maior número de perfilhos por planta foi verificado na parcela tratada com ácido polimaleico. Na testemunha, observa-se uma pequena redução no número de perfilhos com o avanço do ciclo fenológico, que pode ser devido à metodologia adotada na amostragem (destrutiva), bem como na variabilidade espacial. A análise de variância (Tabela A3, A4 e A5, Apêndice) mostrou que existe diferença significativa entre o número de perfilhos por planta para as três épocas analisadas. Entretanto, pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade, para os períodos de 60 e 90 dias do ciclo, o gesso diferencia-se apenas do tratamento ácido sulfúrico e para os 120 dias o ácido polimaleico da testemunha e ácido sulfúrico.

Nas Tabelas A3, A4 e A5 (Apêndice) observa-se que o peso seco total da planta difere significativamente pela análise de variância apenas para os 60 e 120 dias, sendo que aos 60 dias o tratamento gesso foi superior não diferindo dos tratamentos esterco de curral e testemunha pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, e aos 120 dias o tratamento que apresentou melhor resultado foi o ácido polimaleico, não mostrando diferenças em relação ao gesso. Para o peso seco da parte aérea o comportamento encontrado foi idêntico ao peso total inclusive nas diferenças entre tratamentos. O peso seco da raiz, apenas foi significativo aos 120 dias, onde o ácido polimaleico mostrou melhor resultado em relação aos demais, não diferindo significativamente do esterco de curral.

Na Figura 4.5 estão representados os componentes de produção da cultura de arroz: número médio de panícula por metro linear, peso médio de panícula (g), número médio de grãos por panícula, peso médio de 1000 grãos (g), número médio de grãos chochos por panícula e rendimento ( $T.ha^{-1}$ ), sob o efeito dos diversos tratamentos.

Na Figura 4.5 podemos perceber visualmente um maior número de panículas por metro linear, para o arroz sob o tratamento esterco de curral ( $10 \text{ panículas.m}^{-1}$ ), apesar deste não diferir das médias dos tratamentos ácido polimaleico, gesso e testemunha, os quais não diferem estatisticamente do tratamento ácido sulfúrico pelo teste de Tukey ao nível de 0.05 de probabilidade (Tabela A6, Apêndice).

A análise de variância do peso médio de panícula indicou efeito significativo ao nível de 0,05 de probabilidade. As panículas sob o efeito do tratamento gesso atingiram maior peso médio (Figura 4.5), e diferem significativamente apenas do tratamento ácido sulfúrico, pelo teste de comparação entre médias (Tabela A6., Apêndice).

Na Figura 4.5 observa-se que o maior número médio de grãos por panícula foi encontrado na parcela do tratamento gesso, o qual não alcançou a diferença mínima significativa em relação aos tratamentos esterco de curral e testemunha, pelo teste de Tukey ao nível de 0.05 de probabilidade (Tabela A6., Apêndice).

As variáveis peso médio de 1000 grãos e número médio de grãos chochos por panícula, não demonstraram significância através da análise de variância, como mostra a Tabela A6 e Figura 4.5 onde verifica-se que numericamente maior peso de 1000 grãos foi encontrado no tratamento gesso, enquanto que o maior número de grãos chochos apresentou-se no tratamento ácido polimaleico.

A produtividade variou de 7.41 à 1.99  $T.ha^{-1}$ , para os tratamentos gesso e ácido sulfúrico, respectivamente. Através da análise de variância e teste de Tukey pode-se

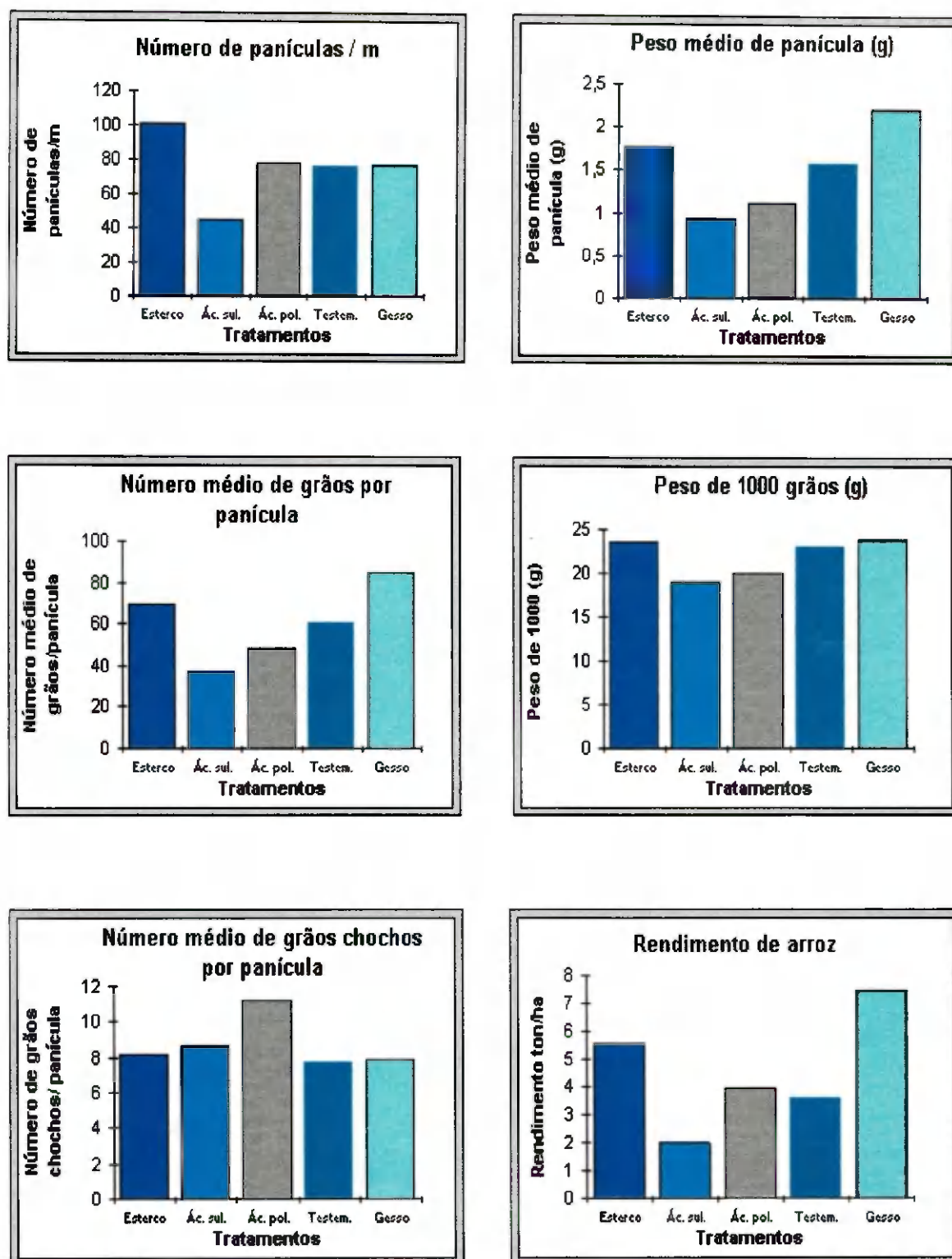


FIGURA 4.5. Componentes de produção da cultura de arroz, sob o esterco de curral, ácido sulfúrico, ácido polimaleico, testemunha e gesso em solo salino-sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

afirmar que o tratamento gesso diferenciou-se apenas do ácido sulfúrico (Tabela A6, Apêndice), o qual mesmo não se diferenciando dos demais tratamentos, apresentou valor numérico inferior até a testemunha, isto pode ser devido as manchas de solo fortemente salino-sódico encontradas na parcela como mostram as Figuras 4.6, 4.7 e 4.8, e resultados de análise das amostras de solo retiradas (Tabela A1, Apêndice). De maneira geral, o rendimento médio alcançado no experimento ( $4,5 \text{ T.ha}^{-1}$ ) foi satisfatório, se comparada ao rendimento médio da região em solos não afetados por sais. Gheyi *et al.*(1987) em ensaios de campo com  $40 \text{ ton.ha}^{-1}$  de gesso obteve rendimento médio de  $5,5 \text{ T.ha}^{-1}$  de arroz, em solo salino-sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

Em todas as componentes de produção e no rendimento, o tratamento gesso atingiu resultados superiores em comparação aos demais tratamentos. O tratamento com ácido sulfúrico mostrou-se inferior até mesmo à testemunha, isto deve-se ao fato de ter ocorrido uma maior formação de manchas (concentração de sais), causando falhas no "stand" da cultura, como pode ser visto nas Figuras 4.6, 4.7 e 4.8. Essas manchas afetaram o crescimento inicial da planta cujo reflexo foi observado na produção e suas componentes. Nas referidas manchas, retirou-se amostras de solo, onde os resultados da análise apontaram para valores de condutividade elétrica do extrato de saturação superior a  $4.36 \text{ dS.m}^{-1}$  e porcentagem de sódio trocável variando entre 40,42 e 74,36 %, como podem ser vistos na Tabela A1. (Apêndice).

Comparando a produtividade obtida sob o tratamento gesso ( $7.41 \text{ T.ha}^{-1}$ ) com o rendimento de  $10 \text{ T.ha}^{-1}$  da mesma cultivar em solo não salino-sódico do mesmo perímetro (Arlindo Santos<sup>1</sup>), pode-se afirmar que as parcelas atualmente abandonadas devido à salinidade/sodicidade podem ser utilizadas para o cultivo de arroz.

---

<sup>1</sup> Comunicação pessoal. Coordenador do Perímetro Irrigado de São Gonçalo.



**A) Esterco de curral**

**B) Ácido sulfúrico**



**C) Ácido polimaleico**

**D) Testemunha**



**E) Gesso**

**FIGURA 4.6.** Vista das parcelas experimentais sob diferentes tratamentos: A) esterco de curral, B) ácido sulfúrico, C) ácido polimaleico, D) testemunha e E) gesso, aos 60 dias do ciclo da cultura de arroz.



**A) Esterco de curral**

**B) Ácido sulfúrico**



**C) Ácido polimaleico**

**D). Testemunha**



**E) Gesso**

**FIGURA 4.7.** Vista das parcelas experimentais sob diferentes tratamentos: A) esterco de curral, B) ácido sulfúrico, C) ácido polimaleico, D) testemunha e E) gesso, aos 90 dias do ciclo da cultura de arroz.



**A) Esterco de curral**

**B) Ácido sulfúrico**



**C) Ácido polimaleico**

**D) Testemunha**



**E) Gesso**

**FIGURA 4.8.** Vista das parcelas experimentais sob diferentes tratamentos: A) esterco de curral, B) ácido sulfúrico, C) ácido polimaleico, D) testemunha e E) gesso, aos 120 dias do ciclo da cultura de arroz.

#### 4.4. Avaliação dos Efeitos da Cultura de Arroz na Recuperação do Solo

É interessante observar que no decorrer do ensaio, ocorreu uma redução mais acentuada da porcentagem de sódio trocável (PST) na camada de 0-20 cm, inclusive na testemunha (Figura 4.2 e Tabela A1). Tal redução provavelmente foi proporcionada pela dissolução do carbonato de cálcio presente no solo por parte do  $\text{CO}_2$ , liberado pelas raízes do arroz, fornecendo o cálcio para substituição do sódio trocável. Vários autores (Chhabra & Abrol, 1977; Azevedo, 1983) também observaram resultados semelhantes com a cultura do arroz em solo salino-sódico.

Após a colheita, a condutividade elétrica do extrato de saturação variou em torno de  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  e a maior queda foi registrada no tratamento esterco de curral, o qual apresentava nas camadas 20-40 e 40-60 cm condutividade elétrica próxima a  $12 \text{ dS.m}^{-1}$ . O tratamento gesso ao final do experimento mostrou os menores valores para condutividade elétrica ( $< 2 \text{ dS.m}^{-1}$ ) (Figura 4.1).

No período compreendido entre o término do tratamento e colheita do arroz ocorreu um moderado acréscimo dos valores de pH em todos os tratamentos e profundidades, isto pode ser explicado pelos altos valores de carbonatos e principalmente bicarbonatos encontrados no solo, (Tabela A1, Apêndice), conforme Santos & Muraoka (1997) e pelo acúmulo de  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração das raízes do arroz segundo Chhabra & Abrol (1977).

Na Tabela A1 (Apêndice) pode-se notar que após a colheita do arroz os valores de pH variaram desde 10.76 para o tratamento ácido sulfúrico até 5.72 para o tratamento gesso. Esses resultados mostraram uma ligação estreita e inversa com a PST que variou entre 3.52 % para o tratamento gesso e 71.95% para o tratamento ácido sulfúrico.



na camada de 0-20cm. A maior redução de PST entre o término do tratamento e colheita do arroz, foi verificado no tratamento esterco de curral, seguido do ácido polimaleico (Figura 4.2).

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos em experimento de campo realizado no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB, foram possíveis as seguintes conclusões:

1. Os produtos aplicados influenciaram de forma evidente na estruturação do solo diminuindo a quantidade de argila dispersa e conseqüentemente, aumentando o grau de floculação e condutividade hidráulica, com destaque para o tratamento gesso, principalmente nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

2. Em todos os tratamentos a condutividade elétrica e a porcentagem de sódio trocável apresentaram decréscimos e no tratamento gesso a recuperação foi mais acentuada.

3. De forma generalizada, ao final do experimento observou-se um maior efeito do ácido polimaleico sob o número médio de folhas, altura média de plantas, número médio de perfilhos e peso seco das plantas.

4. A porcentagem de sódio trocável interferiu de forma marcante no desenvolvimento da cultura de arroz e por consequência nos componentes de produção.

5. O maior rendimento ( $7,4 \text{ T.ha}^{-1}$ ) foi obtido com aplicação de gesso, mostrando possibilidade de utilização de áreas atualmente abandonadas para o cultivo de arroz.

6. Em relação aos demais tratamentos, o tratamento ácido polimaleico demonstrou um retardo na melhoria dos parâmetros químicos do solo, devido ao modo de ação do produto. Recomenda-se, portanto, um estudo mais prolongado da eficácia deste produto com utilização de plantios sucessivos.

7. O tratamento ácido sulfúrico não apresentou bons resultados nas componentes de produção como crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura, bem como na recuperação do solo o que pode ter sido ocasionado pela baixa dosagem utilizada.

8. O cultivo de arroz promoveu um decréscimo da porcentagem de sódio trocável, principalmente na camada de 0-20 cm.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABROL, I. P. & BHUMBLA, D. R. Crop responses to differential gypsum applications in a highly sodic soil and the tolerance of several crops to exchangeable sodium under field conditions. *Soil Science*. Baltimore. 127 (2): 79-85.1979.

ALMEIDA, M. T. *Torta de filtro e vinhaça como alternativas na recuperação de um solo salino sódico*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 52p. (Dissertação de Mestrado ).

ALY, S. M. & LETEY, J. Physical properties of sodium treated soil as affected by two polymers. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 54: 501-504,1990.

AYERS, R.S. & WESTCOT, D. W. *A Qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB. Tradução de Gheyi, H. R. Medeiros, J. F. de; Damasceno, F. A. V. 1991. 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem. 29 Revisado).

AYRES, A. D. & HAYWARD, H. E. A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observation on several crop plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 13: 224-6, 1948.

AZEVEDO, N.C. **Influência de vários corretivos nas propriedades físico-químicas de um solo salino sódico e seus efeitos na cultura do arroz (*Oryza sativa*, L.) irrigado.** Campina Grande, UFPB-CCT, 1983. 66p. (Dissertação de Mestrado).

BALI, K. M.; GONZALES, J. M.; MAYBERRY, K. S.; GRISMER, M. E. . Use of gypsum and polymers to improve infiltration rates in heavy soils of the Imperial Valley. UCCE-Imperial CA. Draft. 1994. 122p.

BARRETO, A. N. **Indicação de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado para o Estado da Paraíba.** Campina Grande, UFPB CCT., 1981. 72p. (Dissertação de Mestrado).

BARRIOS, J. **Prevención de problemas de drenaje y salinidad de suelos irrigados.** Curso sobre operación y mantenimiento de perímetros irrigados, Juazeiro-BA, Convênio MINTER/ SUDENE/ IICA. 1976. 23 p.

BHUMBLA, D. R. & ABROL, I. P. Saline and sodic soil . In: IRRI, **Soils and rice.** Los Baños. 1978. p 19-34.

BOUYOUCOS, G. J. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, v.43, n.4, p.434-438. 1951

CHHABRA, R. ; ABROL. I. P. Reclaiming effect of rice growth in sodic soils. *Soil Sci. Baltimore* 124: 49-55,1977.

CLEIS, J. B. P. **Crescimento e desenvolvimento de arroz (*Oryza sativa, L.*) em solo salino sódico submetido a diversos tratamentos de recuperação.** Campina Grande, UFPB CCT., 1986. 71p. (Dissertação de Mestrado).

CORDEIRO, G. G.; BARRETO, A. N.; CARVAJAL, A. C. N. **Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do Projeto de Irrigação de São Gonçalo (2ª parte).** Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1988. 57p. (EMBRAPA/CPATSA. Documentos. 54).

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura.** São Paulo: Ed. Nobel, 1987. 337p.

DAKER, A. **A água na agricultura.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v.3, 1988. 453p.

DAMASCENO, J. H. Informe de drenagem e salinidade nos perímetros irrigados do Departamento Nacional de Obras Contra as seca. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS. Fortaleza, 1978. **Anais...** Fortaleza, DNOCS, 1978. p.113-123.

DANE, J. H.; KLUTE, A. Salt effects on the hydraulic properties of a swelling soil.

**Journal of Soil Science.**, Oxford v. 41, nº 6, 1977.

DHAWAN C. L. ; MAHAJAN, V. P. **Melhoramento dos solos salinos e alcalinos pelo**

**emprego da palha do arroz.** *Fertilite*, 32: 27-36, 1968.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo. **Manual de**

**métodos e análise de conservação de solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS,

1979.

EMBRAPA-CNPAF. **Manual de métodos de pesquisa em arroz.** Goiânia: EMBRAPA,

1977. 105 p.

FAO/UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity.** An International Source Book. Paris

HUTCHINSON/ FAO/UNESCO. 1973. 510 p.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; GHEYI, H. R. Avaliação de cultivares de

arroz para a tolerância a salinidade. **Revista Agropecuária Brasileira.** Brasília, 16:

667-681, 1982.

FAGERIA, N. K. **Relatório do projeto "Avaliação de cultivares de arroz para**

**condições adversas do solo"**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF. 1985.

FERREYRA, H. F. F.; COELHO, M. A. Efeito de doses de gesso e subsolagem na produtividade de arroz em solo sódico. *Rev. bras. de ciência do solo*. Campinas, 10: 157-161, 1986.

FMC/ AGAR CROSS. SPER SAL Acondicionador de suelos de acción rápida : Palestra. Rosário, Sta Fé, Argentina, 1995.

GHEYI, H. R.; BARRETO, A. N.; GARRI, A. C. R. C.; ALMEIDA, A. M.. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salino-sódico. II: Ensaios de campo *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 22: 1195-1199, 1987.

GHEYI, H. R.; BARROS, A. D. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salinos-sódicos. *Pesq. agropec. bras.* 22 (7): 719-723, 1987.

GOES, E. S. O problema de salinidade e drenagem em projetos irrigados do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS, Fortaleza, 1978. *Anais...* p.1-34.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 8ed. São Paulo, Nobel, 1978. 429p.

HIDROSERVICE - ENGENHARIA LTDA. *Projeto detalhado de recuperação hidro-agrícola da bacia de irrigação de São Gonçalo: Levantamento detalhado de solos*. São Paulo, 1970. v.1.



IIMI. **Research and development**. Kandy, Internat. Inst. Irrigation Management. 1991.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1978. **Solis and rice**. Los Baños, Philippines.p.801-823.

JONES, S.B.; ROBBINS, C.W.; HANSEN, C.L.. Sodic soil reclamation using cottage cheese (acid) whey. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, Ottawa, 7(1): 51-61,1993.

KIRK, R. E. **Experimental design procedures for the behavioral sciences**. v.3 . sd. p.455-456.

KOVDA, V.A.; SZABOLCS, I. **Modelling of soil salinização and alkalization**. *Agrokémia és Talaitan*. v. 28 Sppl, 1979.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. 3<sup>a</sup>ed., Stuttgart, Germany :Springer 1995. p. 396-408.

LEITE, E. J. **Efeitos de diferentes níveis de gesso e matéria orgânica na recuperação de solos com problema de sódio**. Campina Grande-PB: UFPB,1990. 64p. (Dissertação de Mestrado).

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: **Simpósio “Manejo e controle da salinidade na agricultura”**. GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed.). Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p.113-136.

LUZ, E. B. **Influência do uso de gesso e matéria orgânica no desenvolvimento e produção de arroz (*Oryza sativa L*) irrigado em solo salino-sódico**. Campina Grande: UFPB, 1983. 59p. (Dissertação de Mestrado).

MAAS, E.V. **Salt tolerance of plants**. The handbook of plants science in agriculture. Boca Raton, Florida.CRL. Press,1984.

MAAS, E.V. Crop salt tolerance. In TANJI, K. K. (ed.). **Agricultural salinity assessment and management** . New York : ASCE, 1990. p.262-304.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Curent Assessment. In: **Journal of Irrigation and Drainage Division: American Society of Civil Engineers**. v.103, nº 1R2, p. 115-134. 1977.

MALIK, M.; AMRHEIN, C.; LETEY, J. Polyacrylamide to improve water flow and salt removal in a high shrink-swell soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, 50:1664-1667,1991.

McNEAL. B. L.; COLEMAN, N. T. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. **Soil Sci. Amer. Proc.** Madison, v. 30, 1966. p. 308-312.

McNEAL, B. L.; LAYFIEL, D. A.; NORVELL, D. A.; RHOADES, J. D. Factors influencing hydraulic conductivity of soils in the presence of mixed-salt solutions. *Soil Sci. Amer. Proc. Madison*, v. 32, 1968.

PALACIOS, O. *Notas sobre la prevencion y combate del empantanamiento y ensalitramiento de terrenos agrícolas*. Escuela Nacional de Agricultura. Colégio de postgraduados. Chapingo. 1974.

PEREIRA, J.R. Solos salino sódicos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., Campinas, 1982. *Anais* 1983 p.127-145.

PEREIRA, J.; COBBE R. V. *Fertilização, correção da acidez e da salinidade dos solos*. Recomendação para os perímetros irrigados do alto e médio São Francisco FAO/CODEVASF, Brasília. 1990.BT 1.25p. 1990.

PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos*. Madri. Editora Agricola Española, S.A.1978 521p.

PRATTER, R. J.; GOERTZEN, J. O.; RHOADES, J. D.; FRENKEL, H. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J. Madison*, 42: 782-786. 1978

PUPISKY, H.; SHAINBERG, I. Salt effects on the hydraulic conductivity of a sandy soil.

**Soil Sci. Soc. Am. J. Madison**, v.23 , 1979. p. 429-433.

PUTTASWAMYGOWDA, B.S. WALLIHAN, E. F.; PRATT, P. F. Effects of drainage and organic amendments on the reclamation of a sodic soil cropped with rice. **Soil Sci. soc. Am. Proc. Madison**,36: 621-625, 1973.

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: **Simpósio "Manejo e controle da salinidade na agricultura"**. GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed.). Campina Grande:UFPB-SBEA,1997. p.69-108.

QUIRK, J.P.; SCHONFIELD, R. K. The effect of eletrolyte concentration on soil permeability. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.6, nº2, 1955. p. 163-178.

RAMOS, M.G.; ZANINI NETO, J.A.; MOREL, D.A. *et al.* **Manual de produção do arroz irrigado**. Florianópolis, EMPASC/ACARESC, 1981. 225p.

REEVE, R. C.; BOWER, C. A. Use of high salt waters as a flocculant and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. **Soil Sci.** , 90: 139-144. 1960.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1990. P.1089-1142.

RICHARDS, L.A. ed. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington,DC.USDA,1954 160p. (USDA Handbook,60).

RIMMER, D.L.; GREENLAND, D.J. Effects of calcium carbonate on the swelling behaviour of a soil clay. **Jornal of Soil Science, Oxford, 27: 127-139,1976.**

ROWELL, D. L.; PAYNE, D.; AHMAD, N. The effect of the concentration and movement of solutions on the swelling, dispersion and movement of clay in saline and alkali soils. **Journal of Soil Science, Oxford, v.20, nº 1, 1969. p.176-188.**

RUSSO, D.; BRESLER, E. Effects of mixed Na-Ca solutions on the hydraulic properties of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, v. 41, 1977.**

SANTOS, R. V. Correção de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo Feijoeiro *Vigna (Vigna unguiculata L. Walp)*. Piracicaba: ESALQ, 1995. 120p. (Tese de Doutorado).

SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação dos solos afetados por sais. In: **Simpósio "Manejo e controle da salinidade na agricultura"**. GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed.). Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. p. 319-356.

SANTOS, R. V.; MURAOKA, T. Interações salinidade e fertilidade do solo. In: **Simpósio "Manejo e controle da salinidade na agricultura"**. GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed.). Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. P. 289-317.

SILVA, E. F. F.; BARRETO, A. N.; GHEYI, H. R.; BEZERRA, J. R. Caracterização dos problemas de salinidade dos solos da estação experimental da EMBRAPA-Algodão em São Gonçalo-PB. In: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, **CD-Anais...**, Campina Grande, 1997.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of soil science terms**. Madison: American Society of Soil Science, 1987. 44p.

STROGONOV, B. P. **Physiological bases of salt tolerance of plants**. Jerusalem, Israel: Prog. Scient. Transl., 1964. 279p.

YAHIA, T. A.; MIYAMOTO, S.; STROEHLEIN, J. L. Effects of surface applied sulphuric acid on water penetration into dry calcareous and sodic soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** , Madison, 39: 1201-1204, 1975.

## APÉNDICE

TABELA A1. Características químicas de amostras de solos, nos diferentes tratamentos, coletadas em profundidades e épocas distintas.

TRAT.	% SAT.	pH Pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO										CÁTIONS EXTRAÍVEIS							Caco <sub>3</sub> Sól.	
			CE	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	RAS	Ca	Mg	Na	K	II	Al	CTC		PST
			dS/m	meq/l							(mmol/l) <sup>1/2</sup>	meq/100g					%				
<b>Época I* Prof. = 0 - 20 cm</b>																					
T1 p1	24.67	8.15	0.93	1.50	0.88	3.82	3.96	0,00	3.50	4.25	a	3,49	0.30	0.31	1.66	0.54	0,00	0,00	2.57	60.96	a
T1 p2	20.67	10.18	8.16	1.38	1.50	116.20	0.30	31.00	14.90	58.50	a	96,83	0.70	0.50	8.30	0.18	0,00	0,00	7.21	81.78	p <sup>+</sup>
T2 p1	21.33	9.05	0.92	0.50	1.00	9.96	0.36	0,00	7.00	4.50	p	11,50	0.47	0.52	13.28	0.12	0,00	0,00	14.14	92.43	p <sup>+</sup>
T2 p2	24.67	9.44	1.98	1.00	1.25	24.90	0.31	1.40	12.40	9.00	p	23,47	1.31	0.71	5.97	0.12	0,00	0,00	7.44	72.08	p <sup>+</sup>
T3 p1	21.67	6.61	2.39	0.88	1.38	22.41	0.24	0,00	5.70	19.75	p	21,13	0.27	0.34	10.62	0.12	0.20	0.10	10.81	93.75	a
T3 p2	25.00	7.82	3.32	0.63	1.75	34.03	0.25	0.80	7.10	30.00	p	31,19	0.20	0.60	4.32	0.12	0,00	0,00	4.32	80.23	p <sup>-</sup>
T4 p1	27.67	6.98	1.33	1.25	1.38	13.28	0.19	0,00	3.10	9.00	p	11,58	2.16	2.40	2.98	0.12	0.26	0.10	7.22	36.29	p <sup>-</sup>
T4 p2	32.00	8.46	5.30	1.88	2.00	53.12	0.25	0,00	4.00	51.00	p	38,14	0.46	0.81	8.63	0.15	0,00	0,00	8.22	84.35	p <sup>-</sup>
T5 p1	30.00	6.33	2.55	1.00	1.63	24.90	0.09	0,00	2.40	22.50	p	21,71	1.68	2.96	2.65	0.12	0.61	0.20	6.59	28.98	p <sup>-</sup>
T5 p2	25.00	6.26	1.18	1.38	1.25	8.13	0.18	0,00	1.30	9.50	p	7,09	1.61	2.89	1.99	0.12	0.61	0.20	6.34	28.22	p <sup>-</sup>
<b>Época I* Prof. = 20 - 40 cm</b>																					
T1 p1	24.33	9.38	4.18	0.88	2.50	43.16	0.46	4.80	14.10	24.50	a	33,20	0.36	0.44	6.81	0.33	0,00	0,00	6.79	84.76	p <sup>+</sup>
T1 p2	32.33	10.54	17.95	0.88	1.38	290.50	0.21	104.40	25.50	144.50	a	273,88	0.24	0.19	15.77	0.15	0,00	0,00	6.88	82.73	p <sup>+</sup>
T2 p1	30.67	9.95	2.33	0.88	1.38	23.24	0.52	1.00	1.50	12.50	p	21,91	0.46	0.36	8.80	0.15	0,00	0,00	8.97	90.14	p <sup>+</sup>
T2 p2	30.00	10.19	7.55	1.00	3.75	72.21	0.19	23.80	24.30	46.75	a	46,86	0.39	0.51	9.46	0.12	0,00	0,00	8.17	89.33	p <sup>+</sup>
T3 p1	36.67	8.40	5.30	0.88	1.88	49.80	0.43	0,00	4.20	49.50	p	42,46	0.44	0.92	7.80	0.12	0,00	0,00	7.34	81.43	p <sup>+</sup>
T3 p2	40.66	9.65	8.87	1.38	2.25	124.50	0.18	0,00	5.70	88.75	p	92,41	0.14	0.61	12.78	0.15	0,00	0,00	8.47	91.20	p <sup>+</sup>
T4 p1	41.00	8.07	3.72	0.63	2.00	36.52	0.15	0,00	3.90	29.75	p	31,85	1.87	2.19	6.80	0.12	0,00	0,00	9.38	56.63	p <sup>-</sup>
T4 p2	41.97	9.24	7.75	1.13	1.63	76.36	0.36	1.80	10.70	66.25	p	65,12	0.39	0.86	11.95	0.21	0,00	0,00	10.10	86.83	p <sup>+</sup>
T5 p1	48.33	7.22	2.69	1.00	2.38	23.24	0.24	0,00	1.80	23.25	p	17,88	2.65	4.46	6.31	0.12	0,00	0,00	12.24	42.36	p <sup>-</sup>
T5 p2	37.33	7.34	3.11	1.00	1.88	28.22	0.12	0,00	1.50	27.75	p	23,52	1.54	3.85	8.13	0.12	0,00	0,00	12.48	56.74	p <sup>-</sup>
<b>Época I* Prof. = 40 - 60 cm</b>																					
T1 p1	30.33	10.03	4.36	1.00	1.75	45.65	0.46	8.60	14.80	24.50	a	38,93	0.23	0.38	6.97	0.24	0,00	0,00	6.34	88.14	p <sup>+</sup>
T1 p2	33.33	10.58	18.56	0.88	1.25	307.10	0.21	92.80	25.40	166.00	p	296,19	0.30	0.32	16.27	0.18	0,00	0,00	6.75	89.32	p <sup>+</sup>
T2 p1	37.33	10.30	3.72	1.00	1.13	41.50	0.34	8.60	15.30	19.00	p	40,21	0.16	0.52	9.13	0.15	0,00	0,00	8.32	91.13	p <sup>+</sup>
T2 p2	33.33	10.28	8.87	0.88	0.63	132.80	0.12	37.00	13.40	63.25	p	159,87	0.41	0.45	11.12	0.12	0,00	0,00	7.62	87.85	p <sup>+</sup>
T3 p1	38.33	8.92	7.04	1.13	1.50	64.74	0.18	0,00	3.10	69.50	p	57,90	0.24	0.76	9.63	0.12	0,00	0,00	8.16	87.59	p <sup>-</sup>
T3 p2	43.33	9.77	11.22	0.88	1.38	149.40	0.12	2.40	5.40	119.25	p	140,86	0.12	0.52	23.24	0.15	0,00	0,00	17.45	96.06	p <sup>+</sup>
T4 p1	61.67	8.62	5.43	1.13	2.75	56.44	0.12	0,00	3.10	48.75	p	40,52	1.28	2.56	9.79	0.12	0,00	0,00	10.03	62.97	p <sup>-</sup>
T4 p2	53.67	9.53	5.41	1.00	1.13	53.95	0.21	0,00	6.20	45.75	p	52,28	0.27	0.86	12.28	0.18	0,00	0,00	10.57	88.80	p <sup>+</sup>
T5 p1	56.00	8.21	4.44	1.25	2.25	42.33	0.12	0,00	2.80	39.25	p	32,00	1.48	3.73	7.63	0.12	0,00	0,00	10.39	50.67	p <sup>-</sup>
T5 p2	50.00	8.11	4.20	1.88	2.88	39.84	0.12	0,00	2.30	39.00	p	25,85	1.28	3.61	5.64	0.12	0,00	0,00	8.42	43.38	p <sup>-</sup>

\* - Época I = Antes do preparo do solo (julho/1996)



TABELA A1 cont. Características químicas de amostras de solos, nos diferentes tratamentos, coletadas em profundidades e épocas distintas.

TRAT.	% SAT.	pH Pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO										CÁTIONS EXTRAÍVEIS						CaCO <sub>3</sub> Sól.		
			CE	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	RAS	Ca	Mg	Na	K	H	Al		CTC	PST
			dS/m	meq/l										meq/100g						%	
			(mmol/l) <sup>1/2</sup>																		
<b>Época II* Prof. = 0 - 20 cm</b>																					
T1 p1	23.23	8.02	2.55	1.75	1.00	24.90	0.30	7.20	7.70	14.25	a	21.23	0.50	1.49	3.98	0.21	0.00	0.00	5.53	61.54	p <sup>+</sup>
T1 p2	25.20	10.03	13.92	0.63	0.75	166.00	0.25	21.80	22.50	143.75	p	152.33	0.72	0.74	9.13	0.15	0.00	0.00	6.49	76.22	p <sup>+</sup>
T2 p1	18.87	9.32	2.41	1.13	1.00	22.41	0.09	3.60	9.50	13.50	p	21.74	0.57	0.81	3.65	0.15	0.00	0.00	4.72	68.46	p <sup>+</sup>
T2 p2	19.67	9.30	2.88	0.63	2.13	24.90	0.16	0.00	13.10	19.50	p	21.23	1.00	0.80	6.14	0.15	0.00	0.00	7.54	74.92	p <sup>+</sup>
T3 p1	22.83	5.80	1.78	0.75	1.13	12.45	0.18	0.00	1.60	12.45	p	12.86	0.35	1.00	0.70	0.12	0.30	0.10	2.24	22.51	p <sup>+</sup>
T3 p2	27.03	8.06	5.68	1.00	1.38	45.65	0.21	0.00	5.30	52.00	p	41.89	0.42	1.27	6.31	0.15	0.00	0.00	6.84	74.14	p <sup>+</sup>
T4 p1	29.87	6.83	4.41	0.63	2.13	41.50	0.12	0.00	2.70	40.50	p	35.39	0.95	2.07	4.32	0.09	0.20	0.00	6.30	50.43	p <sup>+</sup>
T4 p2	26.43	8.48	7.35	1.13	1.75	70.55	0.21	0.00	4.50	65.25	p	58.84	0.35	0.94	7.47	0.12	0.00	0.00	6.93	80.84	p <sup>+</sup>
T5 p1	24.27	5.84	0.90	1.00	1.88	5.81	0.16	0.00	1.40	5.75	p	4.85	1.03	1.87	0.47	0.15	0.30	0.10	3.70	9.82	p <sup>+</sup>
T5 p2	28.20	5.85	1.74	1.13	1.75	14.11	0.31	0.00	1.60	21.25	a	11.77	0.91	2.37	1.03	0.21	0.30	0.00	4.33	15.67	p <sup>+</sup>
<b>Época II* Prof. = 20 - 40 cm</b>																					
T1 p1	23.83	8.64	2.94	1.25	1.50	30.71	0.36	4.40	12.90	17.75	p	26.19	0.56	1.18	4.98	0.18	0.00	0.00	6.09	69.72	p <sup>+</sup>
T1 p2	29.40	10.31	18.82	1.25	0.38	240.70	0.25	68.40	10.90	154.25	p	267.03	0.33	0.63	14.77	0.15	0.00	0.00	8.75	87.95	p <sup>+</sup>
T2 p1	26.33	10.20	4.56	0.63	1.38	42.33	0.10	10.60	14.90	28.25	p	42.33	0.37	0.73	9.63	0.15	0.00	0.00	9.71	87.70	p <sup>+</sup>
T2 p2	25.33	10.16	7.35	0.88	1.75	65.57	0.15	19.20	19.20	50.00	p	57.23	0.57	0.75	9.41	0.15	0.00	0.00	9.20	84.79	p <sup>+</sup>
T3 p1	30.40	7.31	5.19	0.63	1.88	39.84	0.16	0.00	3.00	49.25	p	35.63	0.96	1.50	6.64	0.15	0.00	0.00	7.96	68.23	p <sup>+</sup>
T3 p2	37.83	9.31	8.13	1.00	1.75	63.91	0.10	0.00	5.30	76.00	p	54.50	0.49	1.06	9.79	0.12	0.00	0.00	8.94	82.53	p <sup>+</sup>
T4 p1	44.00	8.32	6.91	0.63	2.25	64.74	0.12	0.00	4.60	64.00	p	54.00	0.92	2.40	6.14	0.09	0.00	0.00	6.57	50.12	p <sup>+</sup>
T4 p2	30.57	8.58	5.78	0.63	1.75	57.27	0.16	0.00	6.50	50.00	p	52.55	0.42	1.26	8.13	0.18	0.00	0.00	8.17	78.18	p <sup>+</sup>
T5 p1	42.87	6.74	2.10	0.50	2.38	19.09	0.12	0.00	2.00	17.25	p	15.92	2.34	3.91	4.81	0.12	0.10	0.00	10.34	39.03	p <sup>+</sup>
T5 p2	43.97	7.73	3.06	0.88	2.13	29.05	0.12	0.00	2.20	24.50	p	23.72	1.18	3.47	6.47	0.12	0.00	0.00	9.83	52.87	p <sup>+</sup>
<b>Época II* Prof. = 40 - 60 cm</b>																					
T1 p1	31.77	10.01	4.70	0.63	0.75	43.99	0.16	7.60	16.20	29.50	p	53.05	0.40	0.73	9.30	0.15	0.00	0.00	9.13	86.52	p <sup>+</sup>
T1 p2	30.33	10.35	17.64	0.75	1.63	207.50	0.13	44.20	12.70	184.75	p	190.42	0.24	0.61	11.79	0.15	0.00	0.00	6.42	85.61	p <sup>+</sup>
T2 p1	32.87	10.56	6.86	0.63	0.50	62.25	0.12	34.00	12.20	37.00	p	83.00	0.21	0.66	10.29	0.15	0.00	0.00	9.22	89.39	p <sup>+</sup>
T2 p2	32.47	10.48	9.90	0.63	2.25	107.90	0.15	39.40	24.80	67.75	p	89.99	0.26	0.78	6.31	0.12	0.00	0.00	3.87	72.54	p <sup>+</sup>
T3 p1	37.07	8.37	7.89	1.00	1.38	61.42	0.15	0.00	3.20	76.00	p	56.36	0.78	1.59	9.96	0.12	0.00	0.00	10.08	76.23	p <sup>+</sup>
T3 p2	36.83	9.30	9.60	1.13	1.63	73.87	0.09	0.00	6.10	88.00	p	63.00	0.30	1.03	10.62	0.12	0.00	0.00	9.25	85.46	p <sup>+</sup>
T4 p1	50.00	8.75	7.64	0.63	2.00	72.21	0.07	0.00	3.40	71.50	p	63.03	1.98	2.60	11.29	0.09	0.00	0.00	12.21	62.87	p <sup>+</sup>
T4 p2	43.17	9.32	5.59	0.63	1.75	54.78	0.10	0.00	4.10	49.75	p	50.27	0.23	1.26	10.79	0.18	0.00	0.00	9.99	84.36	p <sup>+</sup>
T5 p1	54.83	7.90	3.63	0.50	2.75	34.86	0.07	0.00	3.50	33.00	p	27.35	2.12	4.01	7.30	0.12	0.00	0.00	11.46	47.06	p <sup>+</sup>
T5 p2	50.00	8.44	5.39	0.75	3.13	49.80	0.10	0.00	2.20	50.75	p	35.78	0.65	3.00	9.30	0.12	0.00	0.00	10.38	65.59	p <sup>+</sup>

\* = Época II = Após preparo do solo e antes dos tratamentos (agosto/1996)

TABELA A1 cont. . Características químicas de amostras de solos, nos diferentes tratamentos, coletadas em profundidades e épocas distintas.

TRAT.	% SAT.	pH Pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO										CÁTIONS EXTRAÍVEIS							Caco <sub>3</sub> Sól.	
			CE	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	RAS	Ca	Mg	Na	K	H	Al	CTC		PST
			dS/m	meq/l										meq/100g							%
<b>Época III* Prof. = 0 - 20 cm</b>																					
T1 p1	25.80	8.11	3,09	6,13	2,00	24,07	0,54	2,00	14,70	8,50	p	4,83	0,77	0,59	3,98	0,15	0,00	0,00	4,65	72,34	p <sup>-</sup>
T1 p2	25.50	9.62	6,34	0,50	1,50	62,25	0,39	3,60	18,10	46,00	a	62,25	0,77	0,61	8,96	0,33	0,00	0,00	9,02	81,74	p <sup>-</sup>
T2 p1	24.75	9.15	2,88	0,63	1,25	27,39	0,22	2,00	12,40	15,00	p	28,29	0,60	0,67	5,64	0,15	0,00	0,00	6,33	78,41	p <sup>-</sup>
T2 p2	25.67	9.06	3,55	0,50	1,38	32,37	0,28	2,60	11,50	17,75	p	33,43	0,75	0,80	5,48	0,15	0,00	0,00	6,29	73,87	p <sup>-</sup>
T3 p1	22.17	7.12	3,36	0,50	2,00	28,22	0,16	0,00	3,70	26,25	p	25,24	0,62	0,64	4,99	0,15	0,00	0,00	5,71	76,36	a
T3 p2	25.13	7.71	4,42	0,50	2,00	38,18	0,22	0,00	7,00	33,25	p	34,15	0,57	0,65	4,64	0,12	0,00	0,00	4,96	74,37	p <sup>+</sup>
T4 p1	23.33	6.67	1,68	0,50	2,25	13,28	0,13	0,00	3,60	12,50	a	11,33	1,56	2,32	1,11	0,15	0,20	0,10	5,07	15,78	a
T4 p2	25.00	8.99	3,70	0,50	1,88	37,35	0,33	4,60	9,10	22,25	p	34,27	0,50	0,65	8,13	0,18	0,00	0,00	8,46	85,09	p <sup>-</sup>
T5 p1	26.67	6.04	2,88	18,38	14,75	7,30	0,39	0,00	1,50	3,50	p	1,79	4,04	1,84	0,40	0,18	0,52	0,20	6,09	2,28	a
T5 p2	26.33	5.55	2,43	8,63	6,88	14,11	0,21	0,00	2,20	3,25	p	5,07	2,10	2,38	0,58	0,15	0,69	0,10	5,22	4,02	a
<b>Época III* Prof. = 20 - 40 cm</b>																					
T1 p1	24.33	8.66	1,98	1,63	1,75	19,92	0,28	1,20	11,90	6,25	p	15,33	0,35	0,81	3,82	0,12	0,00	0,00	4,53	73,73	p <sup>-</sup>
T1 p2	27.77	10.16	13,06	0,63	0,88	157,70	0,25	27,60	19,80	112,75	p	182,10	0,35	0,57	11,62	0,21	0,00	0,00	8,32	87,02	p <sup>-</sup>
T2 p1	22.73	9.08	2,11	0,63	2,63	19,09	0,36	4,20	4,80	13,00	a	14,98	0,34	0,56	4,11	0,12	0,00	0,00	4,62	79,65	p <sup>-</sup>
T2 p2	26.67	9.13	2,78	1,00	2,00	24,07	0,16	2,00	7,80	17,75	p	19,65	0,85	0,87	5,14	0,15	0,00	0,00	6,29	71,62	p <sup>-</sup>
T3 p1	33.33	7.95	6,72	0,63	1,50	55,61	0,07	0,00	3,50	60,00	p	53,95	0,75	1,08	7,47	0,12	0,00	0,00	7,49	74,96	a
T3 p2	28.00	8.43	5,38	0,63	1,13	44,82	0,22	0,00	8,40	42,75	p	47,91	0,44	0,95	6,64	0,12	0,00	0,00	6,84	78,73	p <sup>+</sup>
T4 p1	31.27	7.56	1,48	0,50	1,63	13,28	0,31	0,00	4,10	11,29	p	12,88	1,55	3,43	5,14	0,15	0,00	0,00	9,78	48,35	a
T4 p2	23.83	9.69	6,72	0,63	1,13	70,55	0,12	5,20	14,20	55,00	a	75,42	0,41	0,65	9,13	0,15	0,00	0,00	8,61	86,48	p <sup>-</sup>
T5 p1	27.78	5.75	1,92	1,75	3,38	18,26	0,18	0,00	1,30	4,75	p	11,41	0,88	2,21	0,84	0,15	0,71	0,10	4,24	8,02	a
T5 p2	30.00	6.43	1,57	0,63	1,50	14,94	0,07	0,00	3,00	4,25	p	14,49	1,66	4,01	2,65	0,15	0,00	0,00	7,96	27,73	a
<b>Época III* Prof. = 40 - 60 cm</b>																					
T1 p1	27.07	9.06	3,50	1,38	1,50	35,69	0,28	3,40	17,90	17,25	p	29,77	0,54	0,58	4,81	0,12	0,00	0,00	5,00	76,93	p <sup>-</sup>
T1 p2	31.83	10.27	15,36	0,63	1,25	160,90	0,22	43,20	20,90	131,75	p	165,96	0,15	0,65	9,13	0,12	0,00	0,00	4,91	82,69	p <sup>-</sup>
T2 p1	29.83	9.55	3,12	0,63	1,75	29,88	0,51	5,00	12,20	17,25	p	27,42	0,42	0,50	6,80	0,15	0,00	0,00	6,90	85,74	p <sup>-</sup>
T2 p2	26.10	9.19	3,70	0,88	1,75	34,03	0,07	2,00	12,50	23,75	a	29,70	0,67	0,65	6,64	0,18	0,00	0,00	7,18	80,10	p <sup>+</sup>
T3 p1	33.33	8.75	5,42	0,63	1,38	41,50	0,16	0,00	5,60	40,00	p	41,50	0,48	0,76	8,63	0,12	0,00	0,00	8,54	84,92	p <sup>+</sup>
T3 p2	38.83	8.54	8,64	0,50	2,50	82,17	0,13	0,00	5,60	79,75	p	67,09	0,51	1,30	10,12	0,12	0,00	0,00	8,74	79,32	p <sup>+</sup>
T4 p1	41.17	8.04	1,69	0,63	0,75	15,77	0,13	0,00	4,50	12,00	p	19,02	1,65	2,70	7,47	0,12	0,00	0,00	11,23	60,75	a
T4 p2	29.67	9.72	7,58	0,50	0,75	80,51	0,16	6,00	9,60	68,00	p	101,84	0,26	0,59	11,45	0,21	0,00	0,00	10,08	89,91	p <sup>+</sup>
T5 p1	34.00	7.42	1,61	0,50	1,63	15,77	0,22	0,00	2,50	6,75	p	15,30	1,37	4,32	6,81	0,15	0,00	0,00	12,03	52,12	a
T5 p2	31.33	6.70	1,48	0,63	0,88	14,11	0,16	0,00	2,70	5,50	p	16,29	2,04	3,77	3,82	0,15	0,00	0,00	9,28	36,37	p <sup>-</sup>

\* - Época III = Após tratamentos e lavagem e antes do plantio (setembro/1996)

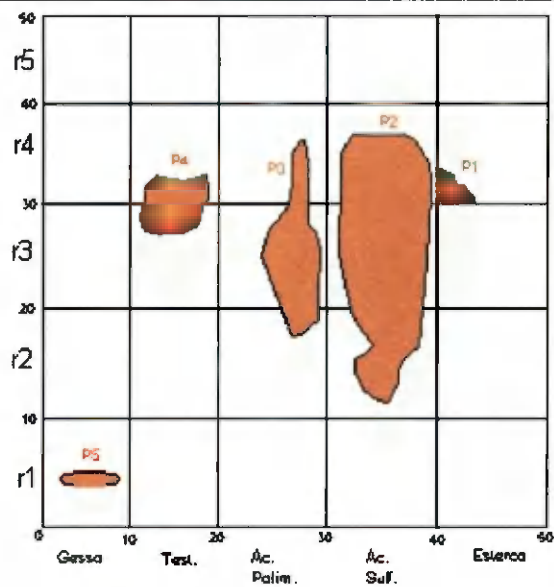
TABELA A1 cont.. Características químicas de amostras de solos, nos diferentes tratamentos, coletadas em profundidades e épocas distintas.

TRAT.	% SAT.	pH Pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO										CÁTIONS EXTRAÍVEIS						CaCO <sub>3</sub> Sól.		
			CE	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	RAS	Ca	Mg	Na	K	II	Al		CTC	PST
			dS/m	meq/l										meq/100g						%	
<b>Época IV* Prof. = 0 - 20 cm</b>																					
T1 p1	28.10	8.35	1.56	1.50	4.63	19.09	0.33	0.00	13.20	7.75	a	10.90	2.82	1.86	3.82	0.33	0.00	0.00	8.11	40.47	p <sup>-</sup>
T1 p2	26.17	9.30	1.82	0.63	3.75	17.43	0.24	0.00	11.10	5.75	p	11.78	1.93	1.41	3.32	0.12	0.00	0.00	6.20	46.17	a
T2 p1	31.77	9.54	1.49	1.00	2.50	14.11	0.49	0.00	10.30	8.50	a	10.66	1.23	0.80	5.98	0.21	0.00	0.00	7.64	72.35	p <sup>-</sup>
T2 p2	29.20	9.50	1.42	0.88	2.38	13.28	0.36	0.00	8.60	5.75	p	10.40	1.14	0.84	5.48	0.15	0.00	0.00	7.11	71.55	p <sup>-</sup>
T3 p1	23.70	7.20	1.48	1.63	5.50	13.28	1.22	0.00	3.40	16.50	p	7.03	0.81	0.78	0.76	0.09	0.00	0.10	2.03	22.17	a
T3 p2	27.80	8.83	2.11	1.38	4.50	19.09	0.45	0.00	9.00	14.00	p	11.13	0.98	1.07	4.98	0.21	0.00	0.00	6.53	68.11	a
T4 p1	28.80	6.48	1.16	1.13	1.88	9.96	0.19	0.00	4.60	8.75	p	8.12	1.96	2.45	2.49	0.18	0.20	0.00	6.90	32.88	p <sup>-</sup>
T4 p2	28.17	9.10	1.78	1.25	2.25	16.60	0.28	0.00	10.80	8.75	p	12.55	2.06	0.98	4.15	0.21	0.00	0.00	6.83	53.96	p <sup>-</sup>
T5 p1	28.37	5.95	1.91	13.25	10.00	8.30	0.16	0.00	2.80	7.75	p	2.43	3.74	1.25	0.38	0.12	0.35	0.10	5.04	3.20	p <sup>-</sup>
T5 p2	27.70	5.48	2.11	15.50	9.13	9.96	0.15	0.00	2.40	6.00	p	2.84	2.64	1.85	0.43	0.12	0.30	0.10	4.48	3.83	a
<b>Época IV* Prof. = 20 - 40 cm</b>																					
T1 p1	26.30	9.37	1.70	1.00	3.38	19.09	0.36	0.00	10.80	14.00	a	12.90	1.04	1.49	4.15	0.21	0.00	0.00	6.26	58.25	a
T1 p2	29.00	10.30	2.06	0.88	3.25	20.75	0.30	5.40	14.10	12.25	a	14.44	0.88	0.91	7.97	0.15	0.00	0.00	9.18	80.26	p <sup>-</sup>
T2 p1	26.43	10.91	1.34	1.63	1.75	11.62	0.25	0.00	6.90	9.25	a	8.94	0.58	0.86	5.81	0.15	0.00	0.00	7.00	78.65	p <sup>-</sup>
T2 p2	28.90	10.61	2.06	0.88	2.38	19.09	0.28	0.00	11.40	12.50	p	14.95	0.87	1.18	6.81	0.12	0.00	0.00	8.32	75.16	a
T3 p1	24.67	7.89	2.73	1.50	4.75	24.07	0.24	0.00	4.70	27.50	p	13.62	0.49	1.39	3.98	0.12	0.00	0.00	5.23	64.83	a
T3 p2	30.07	9.67	2.84	1.63	1.75	26.56	0.28	0.00	10.10	27.75	a	20.43	0.60	1.71	7.30	0.15	0.00	0.00	7.86	82.82	a
T4 p1	38.47	8.29	1.29	1.13	2.63	10.79	0.25	0.00	3.20	10.00	p	7.87	1.61	2.56	5.31	0.12	0.00	0.00	9.03	54.22	a
T4 p2	29.53	9.80	2.82	0.88	2.63	28.22	0.22	4.20	11.50	19.75	a	21.30	1.03	0.90	6.31	0.15	0.00	0.00	7.44	73.54	p <sup>-</sup>
T5 p1	33.50	6.32	1.66	2.38	1.75	13.28	0.11	0.00	2.70	3.75	p	9.24	3.42	3.44	1.28	0.12	0.30	0.00	7.97	10.87	p <sup>-</sup>
T5 p2	33.33	7.42	1.45	1.63	1.13	12.45	0.18	0.00	3.10	3.50	p	10.60	2.13	2.95	3.32	0.12	0.00	0.00	8.01	36.28	a
<b>Época IV* Prof. = 40 - 60 cm</b>																					
T1 p1	29.67	10.50	2.29	1.25	2.38	24.90	0.24	0.00	14.70	15.00	a	18.48	0.71	1.01	2.49	0.09	0.00	0.00	3.45	50.82	a
T1 p2	29.17	11.04	3.77	1.00	2.50	39.69	0.15	14.80	11.80	22.75	a	26.98	0.57	0.70	8.47	0.15	0.00	0.00	8.74	84.97	a
T2 p1	31.27	10.93	3.03	0.63	3.13	30.71	0.30	7.60	11.90	18.25	a	22.40	0.34	0.67	7.47	0.15	0.00	0.00	7.54	86.31	p <sup>-</sup>
T2 p2	32.37	10.13	2.67	0.63	2.50	26.56	0.30	4.40	10.40	19.50	p	21.23	0.47	1.26	8.47	0.12	0.00	0.00	9.35	81.39	p <sup>-</sup>
T3 p1	35.83	8.52	2.07	1.50	4.38	16.60	0.39	0.00	5.50	17.75	p	9.68	0.63	1.70	6.47	0.15	0.00	0.00	8.13	72.28	a
T3 p2	36.17	10.14	3.38	1.38	4.13	31.54	0.19	0.00	11.50	33.50	a	19.00	0.49	1.75	8.13	0.12	0.00	0.00	8.31	86.12	p <sup>-</sup>
T4 p1	38.90	9.26	2.08	1.38	4.13	18.26	0.15	0.00	6.70	14.75	p	11.00	1.02	2.21	4.98	0.09	0.00	0.00	7.37	57.94	p <sup>-</sup>
T4 p2	32.80	10.21	3.87	1.13	1.75	43.99	0.16	7.40	11.90	33.50	a	36.66	0.69	0.69	8.30	0.12	0.00	0.00	8.26	83.04	p <sup>-</sup>
T5 p1	39.23	7.73	1.64	1.63	0.38	14.94	0.28	0.00	6.10	6.75	p	14.90	2.30	3.40	4.15	0.12	0.00	0.00	9.29	38.35	a
T5 p2	40.77	8.41	1.31	1.88	0.50	11.62	0.22	0.00	4.00	3.75	p	10.65	1.40	2.68	5.31	0.09	0.00	0.00	8.90	54.35	p <sup>-</sup>

\* = Época IV = Após colheita (janeiro/1997)

TABELA A2 Características químicas de amostras de solos, em falhas de pegamento e desenvolvimento da cultura, coletadas em profundidade de 0-30cm.

TRAT.	% SAT.	pH Pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO										CÁTIONS EXTRAÍVEIS							CaCO <sub>3</sub> Sól.	
			CE	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	RAS	Ca	Mg	Na	K	H	Al	CTC		PST
			dS/m	meq/l										meq/100g							%
			(mmol/l) <sup>1/2</sup>																		
P1	24,0	9,86	9,11	1,50	1,25	116,20	0,28	22,40	25,50	58,50	p	99,10	1,00	1,89	7,47	0,18	0,00	0,00	6,68	70,10	P <sup>+</sup>
P2	23,40	9,16	4,36	1,00	1,38	47,31	0,31	6,60	12,20	23,25	P	43,41	1,43	2,58	5,48	0,15	0,00	0,00	7,04	62,11	P <sup>+</sup>
P3	25,87	8,75	5,44	1,00	1,63	53,12	0,18	2,40	9,30	31,25	p	46,37	0,89	2,24	5,98	0,09	0,00	0,00	6,86	67,09	P <sup>+</sup>
P4	35,67	8,49	7,35	1,13	1,25	64,74	0,19	0,00	6,60	59,75	p	59,41	0,55	2,18	8,80	0,15	0,00	0,00	8,73	74,36	P <sup>+</sup>
P5	26,30	7,79	6,86	10,63	4,38	55,61	0,27	0,00	2,10	31,00	p	20,31	1,83	3,94	3,98	0,18	0,00	0,00	6,24	40,42	P <sup>+</sup>



Croquis da unidade experimental, demonstrando as regiões de falha no stand da cultura

TABELA A3. Resumo da análise de variância das variáveis fenológicas avaliadas aos 60 dias

F.V	GL	QM					
		Nº de Perfilhos/planta	Altura da Planta (cm)	Nº de Folhas/planta	Peso Seco Total/planta (g)	Peso Seco P. Aérea/planta (g)	Peso Seco Raiz/planta (g)
Tratamento	4	0,5989 **	1,3716 *	1,7040 *	0,3589 *	0,1875 **	0,0899 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	0,1325	0,3468	0,4590	0,0820	0,0391	0,0271
C.V %		18,59	10,40	16,73	17,77	13,69	13,29
Tratamentos		Médias Transformadas <sup>1</sup>					
Esterco de Curral		1,96 ab	6,22 a	4,11 ab	1,70 ab	1,46 ab	1,34
Ácido Sulfúrico		1,49 b	4,88 b	3,29 b	1,30 b	1,21 b	1,11
Ácido Polimaleico		1,80 ab	5,46 ab	3,75 ab	1,43 b	1,33 b	1,12
Testemunha		2,16 ab	5,73 ab	4,24 ab	1,64 ab	1,49 ab	1,20
Gesso		2,39 a	6,02 ab	4,86 a	1,99 a	1,73 a	1,41
DMS		0,69	1,11	1,28	0,54	0,37	0,31
Tratamentos		Médias originais					
Esterco de Curral		4,12	38,80	17,49	2,03	1,18	0,85
Ácido Sulfúrico		2,30	24,27	11,18	0,73	0,48	0,24
Ácido Polimaleico		3,32	30,40	14,41	1,09	0,83	0,26
Testemunha		4,68	32,94	18,16	1,70	1,24	0,46
Gesso		5,77	36,47	23,99	3,06	2,02	1,04

CV % = Coeficiente de variação

\*\* Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste de F

\* Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

ns Efeito não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

<sup>1</sup> As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível 0,05 da probabilidade pelo teste de Tukey

DMS Diferença mínima significativa ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA A4. Resumo da análise de variância das variáveis fenológicas avaliadas aos 90 dias

F.V	GL	QM					
		Nº de Perfilhos/planta	Altura da Planta (cm)	Nº de Folhas/planta	Peso Seco Total/planta (g)	Peso Seco P. Aérea/planta (g)	Peso Seco Raiz/planta (g)
Tratamento	4	0,3630*	1,4796*	1,1178 <sup>ns</sup>	0,6779 <sup>ns</sup>	0,3878 <sup>ns</sup>	0,2983 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	0,1003	0,4271	0,4664	0,3367	0,1933	0,1092
C.V %		16,26	9,30	14,72	22,12	19,96	19,09
Tratamentos		Médias Transformadas <sup>1</sup>					
Esterco de Curral		2,07 ab	6,95 ab	4,72	2,94	2,26	2,02
Ácido Sulfúrico		1,47 b	6,21 b	3,81	2,00	1,74	1,43
Ácido Polimaleico		2,01 ab	6,97 ab	4,78	2,65	2,18	1,86
Testemunha		2,05 ab	7,31 ab	4,93	2,82	2,40	1,80
Gesso		2,14 a	7,68 a	4,95	2,70	2,43	1,53
DMS		0,60	1,24	1,29	1,10	0,83	0,63
Tratamentos		Médias originais					
Esterco de Curral		4,41	48,47	22,78	7,86	4,21	3,16
Ácido Sulfúrico		2,30	39,07	15,31	3,49	2,27	1,22
Ácido Polimaleico		4,05	49,00	22,95	6,23	3,89	2,54
Testemunha		4,28	53,93	24,55	7,34	4,98	2,36
Gesso		4,62	59,07	24,74	6,37	4,99	1,38

CV % = Coeficiente de variação

\*\* Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste de F

\* Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

<sup>ns</sup> Efeito não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

<sup>1</sup> As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível 0,05 da probabilidade pelo teste de Tukey

DMS Diferença mínima significativa ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA A5. Resumo da análise de variância das variáveis fenológicas avaliadas aos 120 dias

F.V	GL	QM					
		Nº de Perfilhos/planta	Altura da Planta (cm)	Nº de Folhas/planta	Peso Seco Total/planta (g)	Peso Seco P. Aérea/planta (g)	Peso Seco Raiz/planta (g)
Tratamento	4	1,2692**	2,0938*	5,5369**	7,4734**	5,4518**	1,5027**
Resíduo	20	0,0575	0,5312	0,3641	0,9011	0,7590	0,1500
C.V %		10,71	8,86	12,50	22,44	23,16	17,40
Tratamentos		Médias Transformadas <sup>1</sup>					
Esterco de Curral		2,48 a	8,24 ab	4,81 bc	4,23 b	3,59 b	2,44 ab
Ácido Sulfúrico		1,52 b	7,33 b	3,56 c	2,59 b	2,50 b	1,42 c
Ácido Polimaleico		2,78 a	8,99 a	6,20 a	5,86 a	5,17 a	2,93 a
Testemunha		1,93 b	7,93 ab	4,10 c	3,68 b	3,16 b	2,14 bc
Gesso		2,48 a	8,67 ab	5,47 ab	4,80 ab	4,38 ab	2,21 bc
DMS		0,45	1,38	1,42	1,80	1,65	0,73
Tratamentos		Médias originais					
Esterco de Curral		6,16	68,13	23,16	17,25	12,18	5,07
Ácido Sulfúrico		2,40	55,00	13,02	6,79	6,33	1,06
Ácido Polimaleico		7,75	80,87	38,84	34,49	26,70	7,79
Testemunha		3,80	63,20	17,28	13,43	9,67	3,76
Gesso		6,20	75,27	30,14	22,12	18,30	3,89

CV % = Coeficiente de variação

\*\* Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste de F

\* Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

ns Efeito não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

<sup>1</sup> As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível 0,05 da probabilidade pelo teste de Tukey

DMS Diferença mínima significativa ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA A6. Resumo da análise de variância das componentes de produção

F.V	GL	QM					
		Rendimento T ha <sup>-1</sup>	Nº de Panículas/m	Nº de Grãos Chochos	Peso Médio de Panícula (g)	Peso de 1000 Grãos (g)	Média do Nº de Grãos/Panícula
Tratamento	4	1,2040*	10,8569*	0,2851 <sup>ns</sup>	0,2209*	0,2899 <sup>ns</sup>	7,5395**
Resíduo	20	0,3622	3,3967	0,1792	0,0468	0,0962	1,3637
C.V %		26,88	21,70	14,49	17,99	6,64	15,39
Tratamentos		Médias Transformadas <sup>1</sup>					
Esterco de Curral		2,50 ab	10,04 a	2,79	1,32 ab	4,84	8,26 ab
Ácido Sulfúrico		1,58 b	6,04 b	2,92	0,95 b	4,36	5,96 b
Ácido Polimaleico		2,13 ab	8,87 ab	3,34	1,04 b	4,46	6,91 b
Testemunha		2,09 ab	8,70 ab	2,77	1,22 ab	4,80	7,65 ab
Gesso		2,90 a	8,81 ab	2,80	1,48 a	4,89	9,16 a
DMS		1,14	3,49	0,80	0,41	0,59	2,21
Tratamentos		Médias originais					
Esterco de Curral		5,59	101,00	8,19	1,77	23,52	69,10
Ácido Sulfúrico		1,99	45,00	8,62	0,94	19,06	37,09
Ácido Polimaleico		3,92	78,40	11,18	1,11	20,03	48,49
Testemunha		3,56	76,20	7,72	1,57	23,10	60,17
Gesso		7,41	77,20	7,90	2,20	23,87	84,49

CV % = Coeficiente de variação

\*\* Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste de F

\* Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

ns Efeito não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de F

<sup>1</sup> As médias seguidas por letras diferentes, na vertical, diferem significativamente entre si ao nível 0,05 da probabilidade pelo teste de Tukey

DMS Diferença mínima significativa ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.