

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MESTRADO

RECUPERAÇÃO DE SOLO SALINO-SÓDICO E RENDIMENTO
DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.)

DISSERTAÇÃO

EVERALDO MARIANO GOMES

Campina grande – Paraíba

Agosto - 1998

EVERALDO MARIANO GOMES
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

RECUPERAÇÃO DE SOLO SALINO-SÓDICO E RENDIMENTO DA CULTURA DE
ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa L.*).

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR - HANS RAJ GHEYI

Campina Grande - PB

Agosto/1998



G633r

Gomes, Everaldo Mariano.

Recuperação de solo salino-sódico e rendimento da cultura de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) / Everaldo Mariano Gomes. - Campina Grande, 1998.

58 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1998.

Referências.

"Orientação : Prof. Hans Raj Gheyi".

1. Arroz (*Oryza Sativa* L.). 2. Arroz Irrigado - Cultura. 3. Solo Salino-Sódico - Recuperação. 4. Dissertação - Engenharia Agrícola. I. Gheyi, Hans Raj. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 633.18(043)



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

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

EVERALDO MARIANO GOMES

Título: "Recuperação de Solo Salino-Sódico e Rendimento de Cultura de Arroz Irrigado (Oryza sativa L.)".

COMISSÃO EXAMINADORA

PARECER

Prof. Hans Raj Gheyi-Orientador

Prof. João Gil Luna-Examinador

Eng. José Geraldo R. dos Santos-Examinador

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 :

A meus queridos pais Vicente Mariano
Gomes e Terezinha Rodrigues Gomes,
OFEREÇO. Com muito amor, à minha
esposa Eugênia e aos meus filhos Arthur,
Marina e Lucas, **DEDICO**.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, Inspiração, força de vontade e graças alcançadas.

À Escola Agrotécnica Federal de Sousa - EAFS - PB, pela oportunidade e confiança a mim depositada para realização desta missão.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UFPB, pela oportunidade e ensinamentos proporcionados.

À EMBRAPA, pelo apoio ao trabalho de campo.

Ao prof. Hans Raj Gheyi, pela Paciência, ensinamentos transmitidos e orientação do trabalho.

A todos os amigos pela ajuda e, principalmente por sua luz, compreensão e amizade.

A minha esposa Eugênia, Pela paciência, incentivo e carinho nas horas mais difíceis durante a realização deste trabalho.

Aos meus filhos Arthur, Marina e Lucas pelos irrecuperáveis momentos de atenção, furtados de uma convivência mais plena naquela fase de nossas vidas.

Enfim, a todos as pessoas que de alguma forma, por acreditar, colaboraram trabalhando, incentivando, sugerindo ou mesmo torcendo para que os resultados possam de alguma forma , contribuir a sociedade.

RESUMO

Foi instalado um experimento num solo salino-sódico no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, durante o período de novembro 1996 a abril 1997, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes produtos nas propriedades químicas e seus posteriores reflexos nos componentes de produção e rendimento de grãos na cultura de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos estudados foram: T₁ - Gesso (20 t ha⁻¹); T₂ - Casca de arroz (15 t ha⁻¹); T₃ - Testemunha; T₄ - Vinhaça (40 m³ ha⁻¹) e T₅ - Esterco de curral (40 t ha⁻¹).

Após a preparação do solo, os produtos foram incorporados ao solo e lixiviados durante 40 dias, mantendo uma lâmina de água de 8cm. Em seguida, foram transplantados três mudas por cova, com um espaçamento de 0,25 x 0,10 m, mantendo a lâmina de água inicial.

Os tratamentos estudados mostraram efeitos significativos nas propriedades químicas do solo (percentagem de sódio trocável, condutividade elétrica e pH). O esterco de curral e gesso, proporcionaram apreciável decréscimo nos seus valores em comparação aos outros tratamentos. Todos os produtos utilizados mostraram efeitos significativos na produção de arroz e componentes de produção, tendo o rendimento variado entre 3,3 e 8,8 t ha⁻¹, dependendo do tratamento. A análise de solo indicou que a cultura contribuiu também para redução da percentagem de sódio trocável, em todos os tratamentos.

ABSTRACT

An experiment was installed in the saline sodic soil in Irrigated Perimeter of São Gonçalo, during the period of November 1996 at April 1997, with the objective to evaluate effects of different products in chemical properties and posterior reflexes on the production components and grain of irrigated rice crop (*Oryza sativa L.*).

A completely randomized experimental design with five treatments and five replications was adapted for the experiment. The following treatments were studied: T₁ - Gypsum (20 t ha⁻¹); T₂ - Rice husk (15 t ha⁻¹); T₃ - Control; T₄ - Stillage (40 m³ ha⁻¹) and T₅ - Farmyard manure (40 t ha⁻¹).

After the soil preparation the products were incorporated to soil and leached during 40 days, maintaining a water layer of 8cm. Afterwards rice seedlings were transplanted 3 per whole, with a spacing of 0,25 x 0,10 m, maintaining a initial water layer.

The evaluated treatments studied showed significant effects on chemical soil properties (exchangeable sodium percentage - ESP, electrical conductivity and pH), application of farmyard manure and gypsum, resulted in appreciable decrease in comparison to other treatments. All the products utilized showed significant effect on components of production and yield of rice which varied between 3.3 and 8.8 t ha⁻¹, depending on treatment. The soil analysis after the rice crop, indicated that the crop too promoted a reduction in ESP of soil in all the treatments.

LISTA DE TABELAS

	pág
TABELA 1 - Síntese da classificação segundo Richards (1977)	08
TABELA 2 - Composição química da vinhaça de diferentes tipos de mosto,	13
TABELA 3 - Quantidades de fertilizantes minerais por metro cúbico de diferentes tipos de vinhaça	14
TABELA 4 - Valores limites de condutividade elétrica do extrato de saturação para algumas culturas	16
TABELA 5 - Tolerância relativa de algumas culturas ao sódio trocável	16
TABELA 6 - Características químicas do solo utilizado no experimento	21
TABELA 7 - Resultados dos quadrados médios obtidos das análises de variância, coeficiente de variação (CV), estimativas das médias e diferenças mínimas significativas (DMS) calculadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade relativas às variáveis CP, NP, NR, PP, NG, DP, P ₁₀₀ e REND.	43

LISTA DE FIGURAS

	pág
FIGURA 1 - Aspectos gerais do solo da área experimental.	23
FIGURA 2 - Corte, destorroamento e nivelamento do terreno.	24
FIGURA 3 - Diques para contenção.	24
FIGURA 4 - Variação temporal da percentagem de sódio trocável - PST no perfil do solo.	32
FIGURA 5 - Variação temporal da condutividade elétrica no perfil do solo.	35
FIGURA 6 - Variação temporal do pH no perfil do solo.	37

SUMÁRIO

	pág
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. Processo de Salinização e Sodificação	3
2.1.1. Origem de solos afetados por sais	6
2.1.2. Classificação de solos afetados por sais	7
2.2. Recuperação de Solos Salinos e Sódicos	8
2.3. O Arroz como Cultura Tolerante e sua Contribuição na Recuperação de Solos Salinos e/ou Sódicos	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Localização e Caracterização do Experimento	19
3.2. Delineamento Experimental e Tratamentos	20
3.3. Condução do Experimento	22
3.4. Características Agronômicas Estudadas	25
3.5. Amostragem de Solos para Análises	26
3.6. Análises Estatísticas	27

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1. Efeito da Aplicação dos Corretivos nas Propriedades Químicas do Solo	29
4.1.1 Efeito da lavagem	29
4.2. Efeito dos Diferentes Corretivos sobre Componentes de Produção e Rendimento de Grãos	38
5. CONCLUSÃO	42
6. BIBLIOGRAFIA	44
APÊNDICE	52

1. INTRODUÇÃO

A origem dos solos salinos e sódicos é um fenômeno observado particularmente sob condições de aridez. A alta taxa de evaporação e baixa precipitação, associadas às características do material de origem e às condições geomorfológicas e hidrológicas, condicionam a formação de solos com teores elevados de sais solúveis e sódio trocável que comprometem o crescimento e desenvolvimento das culturas (Whitemore, 1975).

Um dos objetivos primordiais da agricultura é satisfazer as necessidades alimentícias da humanidade que aumentam à medida que a população cresce. Segundo UN (1991), a população atual no mundo é cerca de 5,5 bilhões e com perspectiva de atingir 8,5 bilhões no ano 2025. Neste contexto, a incorporação de áreas afetadas por sais no processo produtivo de alimentos é de fundamental importância do ponto de vista social e econômico.

De acordo com estimativa de Kovda & Szabolcs (1979), cerca de 954 milhões de hectares de terras no mundo estão com problemas de salinidade. Chapman (1975), avaliou a salinidade no mundo e destaca que, nos Estados Unidos, ocorre principalmente na bacia do Great Salt Lake, nos vales da Califórnia, nas bacias de drenagem do Colorado e Rio Grande, além de partes das bacias do Colúmbia e do Missouri. Na Europa, ocorre em extensas áreas da Hungria e Romênia. No continente africano, o Egito

se destaca por apresentar cerca de 121,5 mil hectares salinizadas devido à irrigação ao longo do rio Nilo. Na América do Sul, além do Brasil, destacam-se Argentina e Paraguai.

No tocante ao Brasil, existe aproximadamente 4,5 milhões de hectares salinizados (Kovda & Szabolcs, 1979), localizados principalmente na região Nordeste, em áreas pertencente ao polígono das secas, onde se concentram os perímetros irrigados. Segundo Goes (1978), aproximadamente 25% das áreas irrigadas nos perímetros irrigados do Nordeste apresentam problemas de salinidade. Cordeiro et al. (1982), mostra que 24% da área do projeto de irrigação de São Gonçalo - PB, está afetada por sais, isto sem considerar as áreas já abandonadas em virtude de altos teores de sais.

De acordo com FAO/UNESCO (1973), a utilização de corretivos, tais como gesso, ácido sulfúrico, enxofre ou aplicação de grandes quantidades de matéria orgânica, é solução para solos com problemas de sodicidade. Trabalhos realizados por Azevedo (1983), Leite (1990), Gheyi (1993), Silva (1997) mostram resultados satisfatórios com a utilização desses produtos. Almeida (1994), trabalhando com a vinhaça, conseguiu excelentes resultados em solos salinos-sódicos. Esses trabalhos mostram a possibilidade de recuperação desses solos com grandes quantidades de resíduos orgânicos e a possibilidade do cultivo de arroz no primeiro ano. Fato este que em decorrência da disponibilidade dos produtos na região e tradição no cultivo do arroz, justifica-se a utilização dos mesmos na recuperação de solos afetados por sais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos diversos produtos de procedência orgânica, tais como esterco de curral, vinhaça e casca de arroz nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e seus reflexos posteriores sobre os componentes de produção e rendimento de grãos da cultura do arroz irrigado, comparando com os obtidos com aplicação de gesso e na testemunha.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Processo de Salinização e Sodificação.

Altas taxas de evaporação e baixas precipitações, associadas às características do material de origem e às condições geomorfológicas e hidrológicas, condicionam a formação de solos com teores elevados de sais solúveis e sódio trocável (Whitemore, 1975). Esses solos, geralmente, são formados de materiais transportados resultantes da intemperização das rochas. Parte significativa dos solos afetados por sais no mundo são de origem aluvional e ocorre principalmente em regiões áridas e semi-áridas, onde os processos de salinização e sodificação são freqüentemente acelerados por irrigações pouco eficientes e drenagem insuficiente em áreas planas, deltas e bacias fechadas (Kovda, 1973).

Segundo Barrios (1976), as causas que influenciam diretamente a salinização dos solos irrigados são o uso de água de irrigação com alta concentração salina elevação do lençol freático em decorrência do manejo inadequado da irrigação, vazamento em canais e reservatórios e falta ou deficiência de drenagem. Normalmente, a combinação de dois ou mais desses fatores é a causa da salinidade das áreas irrigadas.

Os sais solúveis do solo consistem em várias proporções dos cátions sódio, cálcio e magnésio, e dos ânions cloreto e sulfato. O cátion potássio e os ânions carbonato, bicarbonato e nitrato se encontram geralmente em quantidades menores e no processo de acumulação e concentração desses elementos, como consequência da evaporação, geralmente, o sódio se torna um dos principais cátions da solução do solo, devido à precipitação do cálcio e do magnésio sob a forma de carbonato e sulfato de cálcio (Richards, 1977). Durante o processo de intemperização química dos minerais primários, que constituem a crosta terrestre, estes constituintes são gradualmente liberados por serem de maior solubilidade e transportados mediante água, tornando-se fonte original e direta dos sais solúveis presentes no solo. No entanto, só a decomposição química das rochas raramente tem originado solos com problemas de sais solúveis, pois não tem-se verificado acumulação de grandes quantidades de sais no local de origem. Normalmente, os sais liberados são transportados pelas águas até os oceanos ou carreados para outras áreas, que sofrem o processo de salinização (Richards, 1977 ; Pizarro, 1978).

Nas regiões áridas e/ou semi-áridas, devido as precipitações serem baixas na maior parte do ano, associado a existência de lençol freático pouco profundo, intensa evaporação, drenagem deficiente ou inexistente e topografia relativamente plana, torna-se o principal motivo da salinidade, que compromete o crescimento e desenvolvimento das culturas. Em regiões de clima úmido, os sais solúveis formados pelo intemperismo dos minerais primários, geralmente, são levados pela água subterrânea e transportados para os oceanos. Geralmente, solos salinos em regiões úmidas são de origem marinha e deltas de rios. (FAO/UNESCO, 1973 ; Richards, 1977 ; Bohn et al., 1985).

Cavalcante (1980) e Klar (1984) afirmam que é importante avaliar a qualidade da água a ser utilizada na agricultura, principalmente, nas regiões áridas e semi-áridas, onde os solos, em geral, são mais sujeitos aos problemas de salinidade. O aumento nas concentrações de sais solúveis e de sódio trocável pode ocorrer nos solos irrigados, mesmo com água de boa qualidade, pois todas as águas apresentam um certo potencial de salinização em condições de pluviosidade e/ou drenagem insuficiente. Portanto, toda água de irrigação contém sais solúveis, em maior ou menor quantidade, e que, dependendo das condições, podem ser acumulados no solo e, com o tempo atingem níveis que limitam o desenvolvimento das plantas. Desde que o solo tenha uma boa drenagem interna, qualquer aumento no teor de sais solúveis e sódio deve ser atribuído à presença destes na água de irrigação (Scaloppi & Brito, 1986). O cálcio e o magnésio são os principais cátions que se encontram tanto na solução do solo quanto no complexo de troca dos solos das regiões áridas, porém, com o aumento da concentração salina na solução do solo, em consequência da evapotranspiração, os limites de solubilidade do sulfato de cálcio e carbonato de cálcio e magnésio, geralmente, são excedidos e, como consequência, estes se precipitam, promovendo um aumento da concentração relativa do sódio solúvel (Richards 1977 ; Pizarro 1978). Logo, as substituições do cálcio e magnésio pelo sódio só passarão a ser significativa quando este atingir mais de 50% na solução do solo (van Bladel & Gheyi, 1980), embora Palácios (1974), afirme que este efeito é mais acentuado se existirem carbonatos e bicarbonatos na solução do solo. Sob condições de predominância de sódio na solução do solo, o cálcio e o magnésio trocáveis são substituídos pelo sódio, dando origem ao processo de sodificação. O sódio trocável, aumentando com o tempo, provoca a

dispersão dos colóides e forma uma camada impermeável, provocando problemas de drenagem no solo (Ayers & Westcot, 1991).

2.1.1. Origem de solos afetados por sais.

Segundo Richards (1977), a origem dos solos afetados por sais pode ocorrer das seguintes maneiras:

- **Natural**

- **In Situ:** são solos formados pela decomposição das rochas no seu local de origem, cuja ocorrência é rara

- **Bacias Fechadas:** são locais onde correm as águas de chuva e riachos que carregam grandes quantidades de sais e que, ao evaporarem, o conteúdo de sais aumenta no solo, dando origem aos solos salinos e sódicos.

- **Marinho:** existem quatro modalidades:

- ◇ **Geológico** - o material de origem é constituído por depósitos marinhos;

- ◇ **Costeiro** - ocorre onde as águas do mar invadem as zonas baixas;

- ◇ **Fenômenos Meteorológicos** - transporte de água do mar através do vento;

- ◇ **Por Intrusão** - avanço da água do mar através das camadas do subsolo.

- **Induzida** - surge geralmente, devido ao manejo inadequado do solo e da água nos terrenos agrícolas irrigados, sendo a origem principal dos problemas de salinidade em áreas irrigadas.

2.1.2. Classificação de solos afetados por sais.

Existem várias classificações de solos afetados por sais, onde cada uma apresenta vantagens e inconvenientes. As três mais importantes classificações são: a Russa, a Francesa e a Americana. Porém, a classificação mais simples e prática é a Americana, proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (Richards, 1977), sendo atualmente a mais utilizada em vários países, inclusive no Brasil. Baseada no pH da pasta de saturação (pHps), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), que indica os efeitos da salinidade sobre as plantas e percentagem de sódio trocável (PST), que é um indicador dos efeitos do sódio trocável sobre as propriedades do solo.

- **Solos salinos:** caracterizados por apresentarem pHps < 8,5 ; CEes > 4 dS m⁻¹ a 25⁰ C e PST < 15%, sendo conhecidos como solos “Álcali Branco”. Estes solos, mediante lavagem e uma boa drenagem, que permita eliminar os sais solúveis acumulados, voltam a ser solos normais. Em condições de campo, podem ser identificados pela presença de uma crosta branca de sais em sua superfície.

- **Solos salinos-sódicos:** caracterizados por apresentarem pHps < 8,5; CEes > 4 dS m⁻¹ a 25⁰ e PST > 15%. Estes solos contém quantidades de sais solúveis na zona radicular suficientes para restringir o crescimento das plantas e são formados como resultado dos processos combinados de salinização e sodificação.

- **Solos sódicos:** caracterizados por apresentarem pHps > 8,5; CE < 4 dS m⁻¹ a 25⁰ e PST > 15%. O pH geralmente varia entre 8,5 e 10. Em condições naturais, são reconhecidos pela presença de manchas enegrecidas ou escuras na superfície, devido a dissolução da matéria orgânica dando origem ao termo “Álcali Negro”. Devido a grande

dispersão provocada pela saturação com sódio, a argila pode ser transportada, depositada e acumulada logo abaixo da superfície do solo, resultando numa camada dura, densa e impermeável. Para a recuperação desses solos, a aplicação de corretivos químicos é considerada indispensável. (Richards, 1977).

Em algumas áreas, os solos sódicos, mesmo contendo uma PST > 15 podem apresentar pH baixo, em torno de 6, especialmente na superfície, sendo conhecidos como solos "Sódicos Degradados", cujas propriedades físicas estão dominadas pelo sódio trocável (Richards, 1977 ; Pizarro, 1978).

Tabela 1. Síntese da classificação segundo Richards (1977).

SOLOS	CE (dS m ⁻¹) a 25 ⁰ C	PST	pH
Normais	< 4	< 15	< 8,5
Salinos	> 4	< 15	< 8,5
Salinos-sódicos	> 4	> 15	< 8,5
Sódicos	< 4	> 15	> 8,5
Sódicos degradados	< 4	> 15	< 8,5

2.2. Recuperação de Solos Salinos e Sódicos.

As práticas de recuperação dos solos salinos diferem daquelas dos solos salinos-sódicos e/ou sódicos. Os solos salinos dependem apenas do processo de lavagem dos sais do perfil, acompanhada de uma boa drenagem, enquanto que os solos salinos-

sódicos e sódicos dependem ainda da aplicação de corretivos químicos, que reduzem a quantidade de sódio adsorvido na micela (Pizarro, 1978). O uso de corretivos tem como finalidade fornecer cálcio ou liberá-lo, quando presente no solo, para substituir o sódio trocável do solo (Santos & Hernandez, 1997).

Segundo Richards (1977), os principais corretivos químicos usados para recuperação dos solos são os sais solúveis de cálcio (gesso e cloreto de cálcio); ácido ou formadores de ácido (ácido sulfúrico, enxofre, sulfato de ferro e alumínio, polissulfito de cálcio) e sais de cálcio de baixa solubilidade (calcário e resíduos dos engenhos de cana-de-açúcar). O tipo e quantidade do corretivo químico utilizado para correção do solo depende das características do solo, velocidade de recuperação desejada e condições econômicas (FAO/UNESCO, 1973 ; Richards, 1977).

A profundidade de recuperação depende, evidentemente, do tipo de cultura a ser explorada, devendo ser de aproximadamente 1,5 m para culturas com sistema radicular profundo e em torno de 60 cm no caso de culturas com sistema radicular superficial (Gheyi, 1993).

A quantidade de água a ser usada, o tempo de recuperação de solos salinos, entre outros fatores, depende da salinidade inicial do solo, quantidade e tipos de sais, da salinidade final desejada e da profundidade do solo a ser recuperado (Gupta & Abrol, 1990).

O gesso, denominado de sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), apresenta-se na forma de pó branco, revelando em sua composição aproximadamente 15 - 16% S ; 26 - 28% CaO e uma solubilidade em água de $2,04 \text{ g l}^{-1}$ (Vitti, 1986). Sua solubilidade e tamanho das partículas constituem-se como fatores limitantes na eficiência de

recuperação de solos com problemas de sodicidade. Bons resultados são obtidos com partículas < 2 mm de diâmetro, no entanto, é um dos corretivos mais utilizados devido ao seu baixo preço, fácil manuseio e disponibilidade. A aplicação do gesso aumenta a infiltração e a condutividade hidráulica do solo (Abrol & Bhumbra, 1973 ; Freitas et al., 1984 ; Melo et al., 1988). A aplicação do gesso num solo com alto teor de sódio trocável tem como finalidade principal deslocar o sódio do complexo sortivo do solo que poderá ser lixiviado através de lâminas de lavagens (Cavalcante, 1984).

O gesso incorporado nos primeiros centímetros do solo apresenta maior eficiência do que quando misturado em todo o perfil, uma vez que a água que flui por essa camada durante a irrigação permanece saturada com sulfato de cálcio por um período de tempo maior do que quando o corretivo é distribuído ao longo do perfil (Abrol et al., 1975 ; Gobran et al., 1982).

Luz (1983), trabalhando com diversas cultivares de arroz (*Oryza sativa*, L.) em solo salino-sódico sob 3 tratamentos (gesso, matéria orgânica e testemunha), observou que a cultivar BR - IRGA 409 mostrou melhores produções que as outras no tratamento testemunha (sem corretivo), apresentando, portanto, características de tolerância à salinidade e a sodicidade.

Sampaio (1988) concluiu que a maior lixiviação de sais e o maior volume de água drenada foram obtidos para a dose equivalente a 50% da necessidade de gesso do solo. Sampaio (1993), utilizando gesso num solo salino-sódico, observou que o corretivo promoveu melhoria da condutividade hidráulica, redução da dispersão de argila, diminuições da condutividade elétrica e da percentagem de sódio trocável. Araújo (1992), constatou que, em solo salino sódico, o gesso reduziu a condutividade elétrica de 22 dS m^{-1}

para $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e a PST de 45,5% para valores abaixo de 15%, indicando melhoria nas propriedades químicas do solo.

Em relação ao uso de diferentes corretivos químicos no deslocamento do sódio trocável e aumento nos valores de condutividade hidráulica, é importante salientar que, quando o solo possui carbonato de cálcio, o ácido sulfúrico tem apresentado melhores resultados do que qualquer outro corretivo (Richards, 1977). Azevedo (1983) e Azevedo & Gheyi (1983), também observaram que o ácido sulfúrico foi mais eficiente em relação aos demais tratamentos (gesso, gesso + ácido sulfúrico e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico). No entanto, Silva (1997), avaliando diversos produtos na recuperação de solos salinos-sódicos, observou que o ácido sulfúrico não apresentou bons resultados nos parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção da cultura do arroz, bem como na recuperação do solo, podendo ter sido ocasionado pela baixa dosagem utilizada. Segundo Pizarro (1978), o ácido sulfúrico é um melhorador de ação muito rápida que, em presença de carbonato de cálcio, reage com este produzindo o gesso que, por sua vez, proporciona o cálcio para substituição do sódio. Na ausência de carbonato de cálcio, o ácido sulfúrico pode provocar acidez excessiva nos solos.

O cloreto de cálcio, devido à sua alta solubilidade (427g l^{-1}), é um corretivo químico de efeito muito rápido e de grande eficiência, no entanto, seu emprego está limitado por seu elevado custo (FAO/UNESCO, 1973 ; Pizarro, 1978). Em face de sua maior solubilidade, tem se revelado mais eficiente que o gesso na recuperação dos solos sódicos e salinos-sódicos (Freitas et al., 1984).

A utilização da matéria orgânica, em suas diversas formas, tem sido bastante estudada com o objetivo de avaliar a sua importância na recuperação de solos com

problemas de sais e de sódio trocável. A mesma exerce uma notável influência nas características físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente no que se refere à capacidade de troca de cátions e estabilidade dos agregados.

Segundo Kiehl (1985), a matéria orgânica é uma importante fonte de nutrientes no solo para as plantas, principalmente nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes. Sua presença no solo exerce três funções distintas, ou seja, fornece nutrientes, corrige a toxidez e melhora ou condiciona o solo. O carbono e o nitrogênio são os dois elementos químicos incorporados pela matéria orgânica que não existem no material de origem. Os esterco em muitas circunstâncias podem substituir completamente o adubo mineral e, em outras, a combinação de adubos é a melhor medida para se obter altos rendimentos das culturas (Holanda, 1981). Segundo Leite (1990) O esterco de curral proporcionou um aumento considerável na eficiência do gesso para recuperação do solo.

A vinhaça, vinhoto ou restilo, é um resíduo líquido da fabricação do álcool, com predominância nos seus sólidos de substâncias orgânicas, contendo em média 93% de água e um alto teor de potássio (Almeida, 1952). Para Demattê (1992), a vinhaça é produzida, em média, na proporção de 13 litros por litro de álcool e que, em função de sua riqueza em matéria orgânica e a elevada flora microbológica, ela apresenta elevado índice de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). De acordo com Kiehl (1985), a vinhaça tem alto poder corrosivo devido ao fato do pH se encontrar geralmente abaixo de 4,0, caracterizando-se, portanto, como material poluente quando descartada em cursos de água. Felizmente, essa maneira de se considerar o vinhoto exclusivamente como poluente vem mudando gradativamente, pois, assim como ocorre com outros resíduos, procura-se reconhecer o seu valor econômico. Na indústria sucro-alcooleira aparecem três tipos de

vinhaça. O primeiro é proveniente do mosto de caldo de cana, o segundo proveniente do mosto de melão e o terceiro de mosto misto, resultante da mistura dos dois mostos (Kiehl, 1985).

A composição química da vinhaça indica que a matéria orgânica é o principal constituinte da vinhaça e, dentre os elementos minerais, o potássio, o nitrogênio e o cálcio aparecem com destaque (Demattê, 1992), como mostra a Tabela 2:

Tabela 2. Composição química da vinhaça de diferentes tipos de mosto.

Elemento	Mosto de melão				Mosto misto				Mosto de caldo			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
----- kg m ⁻³ vinhaça -----												
N ₂	0,57	0,79	0,70	0,60	0,48	0,43	0,36	0,33	0,28	0,35	0,26	0,25
P ₂ O ₅	0,10	0,14	0,34	0,22	0,09	0,14	0,61	0,24	0,09	0,11	0,49	0,18
K ₂ O	3,95	5,50	7,59	5,08	3,34	2,61	2,59	2,18	1,29	1,15	1,72	1,94
CaO	1,95	2,25	2,41	2,10	1,33	1,46	0,57	0,84	0,13	0,76	0,17	0,56
MgO	0,98	1,02	1,40	0,84	0,58	0,52	0,54	0,33	0,21	0,30	0,41	0,33
SO ₄			1,05				1,60				2,03	
M. O	37,20	56,90	54,68	47,40	28,97	45,10	31,67	19,10	22,31	34,70	25,24	15,30
pH	4,2	4,2	4,4	4,2	4,4	3,8	4,0	3,6	3,7	3,6	3,6	3,5

Fonte: Orlando Filho et al. (1983)

Vários trabalhos publicados em torno desse assunto demonstraram cabalmente o valor da vinhaça como fertilizante, corretivo e condicionador do solo (Glória & Orlando Filho, 1983; Silva & Orlando Filho, 1981). Atualmente, a vinhaça é utilizada como fertilizante em substituição total ou parcial à adubação mineral e trata-se de um material que contém, entre seus componentes sólidos, alta percentagem de matéria orgânica e potássio, além de apreciáveis quantidades de micronutrientes para as plantas (Glória,

1976). A elevação da atividade microbiológica favorece a agregação em tratamentos com vinhaça (Demattê, 1992).

Tabela 3. Quantidades de fertilizantes minerais por metro cúbico de diferentes tipos de vinhaça.

TIPO DE VINHAÇA	Sulfato de amônio(kg)	Superfosfato triplo(kg)	Cloreto de potássio(kg)
Mosto de melaço	6,0	0,4	13,0
Mosto de caldo	1,5	0,4	2,0
Mosto misto	3,5	0,4	7,7

Fonte: Kiehl (1985)

Nunes et al. (1981), verificou aumento dos teores de K, Ca e Mg com os níveis crescentes de vinhaça 0, 50, 100, 150, 200 e 400 m³ ha⁻¹ adicionados às amostras de solo, enquanto que os teores de sódio mantiveram-se praticamente constantes, tendo também observado decréscimo do pH do solo com a aplicação de 50 a 100 m³ ha⁻¹ de vinhoto, enquanto que com a aplicação de 200 e 400 m³ ha⁻¹ não houve diferença significativa de pH em relação à testemunha.

Conforme Ayers & Westcot (1991), a incorporação aos solos dos resíduos de culturas ou mesmo de outro tipo de matéria orgânica é uma prática cada vez mais aceita e que favorece a infiltração da água. Os resíduos fibrosos e de difícil decomposição, como a própria casca de arroz, cevada, milho e sorgo melhoram a infiltração. Os resíduos mais eficazes são aqueles que não se decompõem rapidamente e mantêm a porosidade do solo. Subprodutos, como casca de arroz e outros produtos, têm sido utilizados em grandes volumes e com vários graus de êxito. Ensaio de campo na Índia, utilizando casca de arroz,

produziram aumento na produção de arroz, que regrediu ao seu nível original quando se interromperam os tratamentos (Ayers & Westcot, 1991). Vieira & Cavalcante (1997), visando aumentar a disponibilidade de água em dois solos, argiloso e outro arenoso, conseguiram resultados satisfatórios utilizando casca de arroz.

2.3. O Arroz como Cultura Tolerante e sua Contribuição na Recuperação de Solos Salinos e/ou Sódicos.

A adaptação das plantas a condições adversas de ambiente tem crescido de importância nos últimos anos. Isto deve-se, principalmente, aos custos cada vez maiores para a produção de alimentos, como também à exploração de áreas menos férteis ou áreas problemáticas. Desta forma, tem-se dado enfoque tanto para a adaptação das plantas ao solo como do solo às plantas (Fagéria & Filho, 1981). Geralmente, as plantas têm comportamentos diferentes diante dos problemas de salinidade e sodicidade e estes comportamentos dependem do tipo de sais solúveis, conteúdo de sódio trocável e presença de íons tóxicos. Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos e esta diferença deve-se à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzirem rendimentos economicamente aceitáveis, mesmo em níveis relativamente altos de salinidade. (Ayers & Westcot, 1991).

O arroz apresenta moderada tolerância aos sais e alta tolerância ao sódio trocável (Ayers & Westcot, 1991). As Tabelas 4 e 5 mostram a tolerância de algumas culturas a CEes e PST.

Tabela 4. Valores limites de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) para algumas culturas.

Cultura	CEes (dS m ⁻¹)	Cultura	CEes (dS m ⁻¹)
Abacate	1,3	Feijoeiro	1,0
Arroz	3,0	Tomate	2,5
Alface	1,3	Laranja	1,7
Algodão	7,7	Limão	1,7
Amendoim	3,2	Maçã	1,7
Milho	1,7	Cenoura	1,0
Pimentão	1,5	Cebola	1,2
Batata doce	1,5	Repolho	1,8
Beterraba	4,0	Soja	5,0
Cana-de-açúcar	1,7	Sorgo	4,0

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1991).

Tabela 5 Tolerância relativa de algumas culturas ao sódio trocável¹.

Sensíveis	Semitolerantes	Tolerantes
PST<15	15<PST<40	PST>40
Feijão	Tomate	Beterraba
Algodão(germinação)	Arroz	Algodão
Milho	Cana-de-açúcar	Cevada
Laranja	Cenoura	Alfafa
Abacate	Cebola	Capim angola
Tangerina	Trigo	Capim bermuda

Fonte: Adaptado de Ayers & Westcot (1991)

A toxicidade origina-se da acumulação pela planta de certos íons acima dos limites permissíveis, sendo acumulados nas folhas durante a transpiração em quantidades

suficientes para provocarem danos. A toxicidade é um problema que ocorre internamente na planta e não é provocada pela falta de água (Ayers & Westcot, 1991). A concentração de um determinado íon que provoca a toxicidade pode variar de espécie para espécie ou ainda com a variedade e a idade da planta (Maas, 1986).

O aumento da PST do solo causa elevação do pH do solo, provocando diminuição da disponibilidade de vários elementos essenciais, tais como: zinco, ferro, manganês, cobre, etc. (Russel, 1980).

Fagéria et al. (1981), trabalhando com cento e sessenta e duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), para tolerância à salinidade, concluiu que 11% foram tolerantes, 11% moderadamente tolerantes, 17% moderadamente susceptíveis e 61% susceptíveis. Gheyi & Barros (1987), estudando cultivares de arroz irrigado para solos salino-sódicos, nos ensaios de germinação e crescimento, observaram que, embora todas as cultivares mostrassem uma boa percentagem de germinação, IR 4573-4-3-7-14, IR 9698-48-3-3-2 e IR 8 destacaram-se das demais. No que refere-se ao critério de crescimento, observaram que as cultivares 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 foram consideradas as mais tolerantes, enquanto IR 9129-192-2-4-3, IR 13385-48-1 e IR 11933-299-2-3-1 estiveram entre as mais susceptíveis ao meio salino sódico. Em ensaios de campo, utilizando 13 cultivares de arroz, Gheyi et al. (1987), observaram que as variedades testadas apresentaram diferenças quanto à tolerância à salinidade, com produtividades variando entre 1,62 e 6,12 t ha⁻¹, com a cultivar M 1-48 sendo uma das mais susceptíveis, enquanto as cultivares IR 2958-78-1-3-2-3, IR 2053-436-1-2, IR 2145-20-4 e BG 94-1 apresentaram as melhores produtividades.

Em experimentos realizados com arroz irrigado por inundação, Abrol & Blumbla (1979), verificaram que, mesmo sem utilizar o gesso como corretivo, a PST do solo foi reduzida de 87% para 50% na camada de 15 cm e de 94% para 63% na profundidade de 15 - 30 cm do solo. Azevedo (1983) constatou redução da PST na testemunha, de 86,5% para 62,7% na camada de 0 - 20 cm. Os pesquisadores atribuem que a presença de raízes de arroz no solo cria canais que melhoram a permeabilidade do mesmo, permitindo uma maior lixiviação dos sais. O arroz é a principal cultura utilizada em solos com excesso de sódio em processo de recuperação nos países tropicais (Holanda, 1996).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Localização e Caracterização do Experimento.

O presente trabalho foi desenvolvido no estado da Paraíba, mais especificamente na Estação Experimental da EMBRAPA, localizada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, próximo a cidade de Sousa - PB, no vale do Rio Piranhas, à margem da BR - 230 distando 440 km da capital do estado, durante o período de novembro 1996 a abril de 1997. A altitude média do perímetro é de 235m acima do nível do mar e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude sul $6^{\circ} 50'$ e longitude $38^{\circ} 19'$ a oeste do meridiano de Greenwich.

A estação experimental situa-se numa região de clima semi-árido, quente do tipo Bsh da classificação de Koppen, ou seja, a evaporação é superior à precipitação, com média anual registrada em torno de 984 mm ano^{-1} , com o período chuvoso coincidindo com os meses de janeiro a maio. A temperatura média anual é de 27°C , com máxima de 38°C e mínima de 12°C , enquanto que a umidade relativa média é de 64 %.

O suprimento hídrico é assegurado pelos Açudes Eng^o Ávidos, com capacidade de 255 milhões de metros cúbicos de volume máximo de água, e São Gonçalo, com 44,6 milhões.

A rede de irrigação de uso geral é constituída pelos canais principais e secundários, que conduzem a água até o limite dos lotes agrícolas. O sistema de drenagem é constituído por drenos abertos (coletores, principais e secundários). Os drenos coletores são compostos pelos leitos dos rios Umari e Piranhas, com trechos de 14,2 e 13,3 km, respectivamente. A exploração agrícola é feita através de um sistema de colonização, onde as principais culturas exploradas são: banana, coco, arroz, feijão e tomate. A área total do projeto é de 4.100 ha, dos quais 1.623 ha são de sequeiro (DNOCS, 1997).

3.2. Delineamento Experimental e Tratamentos.

O estudo foi realizado numa área com problemas de salinidade. As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 6. O experimento foi instalado num delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 5 repetições, onde a área de cada unidade experimental (parcela) foi de 100 m² perfazendo uma área experimental de 2500 m². Os tratamentos foram os seguintes: T₁ - Gesso (20 t ha⁻¹); T₂ - Casca de arroz (15 t ha⁻¹); T₃ - Testemunha (sem corretivo); T₄ - Vinhaça (40 m³ ha⁻¹) e T₅ - Esterco de curral (40 t ha⁻¹).

Tabela 6. Características químicas do solo utilizado no experimento.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	VALORES
¹ pHps		9,80
EXTRATO DE SATURAÇÃO		
Conductividade Elétrica (CE)	dS m ⁻¹ a 25 ^o C	8,90
Cátions Solúveis	mmol _c L ⁻¹	
Sódio (Na)	"	83,40
Potássio (K)	"	0,29
Cálcio (Ca)	"	1,60
Magnésio (Mg)	"	3,20
Ânions	mmol _c L ⁻¹	
Carbonato (CO ₃)	"	35,40
Bicarbonato (HCO ₃)	"	15,80
Cloreto	"	41,00
Sulfato (SO ₄)		Ausente
COMPLEXO SORTIVO	cmol _c kg ⁻¹	
Sódio	"	3,50
Potássio	"	0,11
Cálcio	"	1,00
Magnésio	"	0,82
CTC	"	5,50
PST	%	65,00
Carbonato de cálcio (CaCO ₃)		Presente

¹pHps = pH da pasta de saturação do solo

3.3 Condução do Experimento.

Para diagnóstico dos problemas de salinidade e sódio trocável na área experimental foram utilizados os dados apresentados na Tabela 6, que identificam o solo da área como sendo salino-sódico. A Figura 1 mostra o aspecto geral do solo original. As amostras foram coletadas em 4 pontos aleatórios e em 3 profundidades (0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm) e, posteriormente, foi feito todo o trabalho de preparo do solo para implantação do experimento.

Ao iniciar os primeiros trabalhos de implantação do experimento, fez-se o nivelamento do terreno para facilitar as irrigações e manter a uniformidade da lâmina de água, uma aração à profundidade de 30 cm e duas gradagens niveladoras para destorroar e nivelar o terreno (Figura 2). No entanto, antes de iniciar o ensaio, foram providenciados a limpeza e aprofundamento dos drenos coletores (1,2 m), situados à uma distância de 50 m no sentido norte e 75 m no sentido oeste. Em torno dos tratamentos e repetições, construiu-se diques de contenção de água para facilitar a manutenção da lâmina de lavagem na superfície do solo (Figura 3).

A aplicação dos produtos (gesso, esterco de curral e casca de arroz) foi feita manualmente, tendo-se o cuidado de aplicá-los uniformemente no interior das parcelas. No tratamento destinado a vinhaça, colocou-se inicialmente uma lâmina de água de aproximadamente 5 cm e, em seguida, fez-se a aplicação do produto e, posteriormente, provocou-se turbulência na mistura vinhaça + água, possibilitando uma melhor uniformização da mesma.

Durante 40 dias, fez-se a lavagem do solo através de uma lâmina de água de 8 cm, mantida na sua superfície para lixiviação dos sais e/ou substituição do sódio trocável. Simultaneamente, plantou-se a lanço em 50 m² de canteiro, 2 kg de arroz da variedade Diamante, sendo feita uma adubação de cobertura com sulfato de amônio, colocando 0,2 kg de N, uma semana após a germinação. As mudas foram transplantadas para o local definitivo quando estavam com 40 dias, adotando-se o espaçamento 25 cm entre linhas e 10 cm entre covas, deixando 03 mudas por cova.



(a)



(b)

Figura 1. Aspectos gerais do solo da área experimental.



(a)



(b)

Figura 2. Corte, destorroamento e nivelamento do terreno



Figura 3. Diques para contenção de água

Foram feitas adubações de cobertura com sulfato de amônio, utilizando-se dose equivalente a 100 kg ha^{-1} de N, parceladas em 02 aplicações, metade no início do perfilhamento e a outra metade no início da fase de emborrachamento.

Foram retiradas amostras do solo em todas as parcelas, antes da incorporação dos corretivos, após a lavagem (40 dias) e após a colheita do arroz, para determinação das características químicas do solo visando verificar a eficiência dos corretivos e a contribuição da cultura do arroz na recuperação do solo com problemas de sais e sódio.

3.4. Características Agronômicas Estudadas.

O estudo procurou-se verificar o efeito dos tratamentos sobre o número de panículas, comprimento da panícula, número de ramificações/panícula, peso da panícula, número de grãos/panícula, densidade da panícula, peso de 100 grãos e rendimento de grãos, obedecendo, conforme EMBRAPA (1981), os seguintes procedimentos:

- **Número de panículas por metro linear (NP)** - obtido pela contagem do número de panículas contidas num metro linear no interior da área útil das parcelas.
- **Comprimento da panícula (CP)** - distância, em centímetros, do nó inferior à ponta da última espigueta.
- **Número de ramificações por panícula (NR)** - obtido pela contagem das ramificações a partir do eixo da panícula.
- **Peso da panícula (PP)** - efetuada em balança eletrônica com precisão de 0,1 g.

- **Número de grãos cheios por panícula (NG)** - obtido de forma indireta através do peso total de grãos e peso de 100 grãos, obtendo-se o quociente entre o número total de grãos e o número de panículas.
- **Densidade da panícula (DP)** - obtida pelo quociente entre o número de grãos cheios/panícula e o seu comprimento.
- **Peso de 100 grãos (P₁₀₀)** - foram utilizados 03 amostras de 100 sementes de cada repetição, sendo as pesagens efetuadas em balança eletrônica com precisão de 0,1 g e o peso corrigido para 13% de umidade, de acordo com a equação utilizada por Medeiros (1995).

$$P_{gc} = \frac{P_{go} \times (100 - U\%)}{100 - UP\%}$$

onde: P_{gc} é o peso de grãos corrigido (g) ; P_{go} é o peso de grãos observados (g) ; U é a umidade observada na amostra (%) ; UP é a umidade padrão (13%)

- **Rendimento (REND.)** - para se avaliar o rendimento, foram colhidas todas as plantas contidas na área útil das parcelas (8 × 8 m) e o peso foi ajustado à umidade padrão de 13%, utilizando-se a mesma equação citada acima, sendo expressado em kg ha⁻¹.

3.5. Amostragem de Solo para Análises.

Inicialmente, foram coletadas amostras de solo no interior da área do experimento em 04 pontos aleatórios, em 03 profundidades, (0 - 20; 20 - 40 e 40 - 60 cm), para caracterização da área. Após a divisão da área em unidades experimentais (parcelas),

antes da aplicação dos corretivos, foram coletadas amostras de solo em 15 pontos, 03 em cada parcela, equidistantes em três épocas distintas (antes do tratamento, após a lavagem e após a colheita).

As amostras foram destorroadas, secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e analisadas em laboratório para determinação da CEes, pHps, PST, CTC, carbonatos alcalinos terrosos, cátions solúveis e ânions, de acordo com metodologia de Richards (1977).

3.6. Análises Estatísticas.

Os efeitos dos diferentes tratamentos nas variáveis de produção da cultura do arroz foram avaliadas através de métodos normais de análises de Variância (teste F), sendo que antes foram testadas as hipóteses de normalidade e de homogeneidade das variáveis. Quando estas hipóteses foram rejeitadas, as variáveis NP, PP e NG foram transformadas em Raiz Quadrada (RQ), enquanto que a variável REND. foi transformada em Logaritmo (L), de modo a viabilizar a análise. As demais variáveis não sofreram nenhuma transformação.

Uma vez identificada a normalidade dos erros experimentais e a estabilidade das variâncias, procedeu-se às análises estatísticas conforme Pimentel Gomes (1978), para estudo dos seguintes contrastes, que foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade:

- Efeito médio da testemunha (T₃) contra o efeito médio dos tratamentos com gesso (T₁), casca de arroz (T₂), vinhaça (T₄) e esterco de curral (T₅).

- Efeito médio do gesso (T₁) contra o efeito médio dos tratamentos com produtos orgânicos (T₂, T₄ e T₅).
- Efeito médio da vinhaça (T₄) contra o efeito médio dos tratamentos com produtos orgânicos sólidos (T₂, T₅).
- Efeito médio do tratamento casca de arroz (T₂) contra o efeito médio do tratamento com esterco de curral (T₅).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da Aplicação dos Corretivos nas Propriedades Químicas do Solo. X

4.1.1. Efeito da lavagem.

Os resultados das análises do solo para as profundidades de 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, antes da aplicação dos corretivos e após a lavagem, estão apresentados nos Apêndices 1 e 2, respectivamente, onde verifica-se que valores de CEes, PST e pHps, mesmo antes da aplicação dos corretivos, variaram de 0,5 a 26,6 dS m⁻¹, 0,86 a 92,5% e 6,6 a 10,6, respectivamente. Esses resultados mostram a grande variabilidade espacial da parcela experimental no que diz respeito às características e diagnóstico do solo. Oliveira (1998), observou que os parâmetros químicos avaliados na mesma área experimental apresentam grande amplitude de variação entre os valores mínimos e máximos, evidenciando a heterogeneidade da mesma, fato comum em solos aluvionais, sobretudo, aqueles afetados por sais.

A CEes, PST e pHps na profundidade de até 60 cm, mesmo após 40 dias de lavagem (Apêndice 2) continua apresentar variação entre 0,34 e 17,1 dS m⁻¹; 1,27 e 82,3%

e 6,7 e 10,6, respectivamente, sob diferentes tratamentos, indicando diferenças no comportamento das camadas (0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm) estudadas.

Analisando a Figura 4, observa-se que, após a lavagem, em todas as profundidades (0 - 20 ; 20 - 40 ; 40 - 60 cm), houve redução nos valores da PST do solo em todos os tratamentos, exceto para testemunha na profundidade 40 - 60 cm, que indicou um aumento da PST de 48 para 57%. Todavia, as reduções foram mais relevantes nas profundidades 0 - 20 e 20 - 40 cm do solo, com destaque para a profundidade de 0 - 20 cm, onde houve diminuições da PST de 48,5 para 14%, no tratamento esterco de curral, de 46 para 29% pelo uso da casca de arroz e de 25 para 17,7% para o gesso. A vinhaça teve ação menor do que os demais corretivos usados após 40 dias de lavagem, tendo a PST passado de 43 para 37,7%. Os condicionadores orgânicos (esterco de curral, casca de arroz e vinhaça), reduziram a PST, provavelmente devido a produção de CO₂ e ácidos orgânicos, produzidos pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica quando submetida à condições de lavagem, mostrando, assim, a possibilidade do uso desses produtos na recuperação de solos salinos-sódicos. De uma maneira geral, estes resultados estão de acordo com os obtidos por Abrol & Bhumbra (1979), Leite (1990), Azevedo (1983), Silva (1997).

Após 40 dias de lavagem, os tratamentos com esterco de curral, nas profundidades 0 - 20 ; 20 - 40 e 40 - 60 cm, mostraram os valores da PST de 14 ; 30 e 35%, respectivamente, enquanto que, para o gesso os valores foram de 17,7 ; 28 e 42,8%. O tratamento vinhaça não apresentou menores valores de PST na profundidade de 0 - 20 cm, comparado com os outros corretivos, no entanto, nas demais profundidades, superou a casca de arroz.

Após a colheita (Figura 4), verifica-se que os tratamentos esterco de curral, casca de arroz e vinhaça tiveram comportamentos semelhantes. De maneira geral, as reduções da PST foram maiores nas profundidades de 0 - 20 cm, intermediárias em 20 - 40 cm e menores na profundidade de 40 - 60 cm. Observa-se que em todos os tratamentos houve diminuição da PST do solo após a colheita exceção para tratamento com esterco de curral, que sofreu um ligeiro acréscimo. A justificativa provável para esta variação pode estar associada a variabilidade espacial natural do solo (Oliveira, 1998), uma vez que as amostras de solo para análises, em diferentes épocas, não foram coletadas exatamente no mesmo local. Ao final do experimento, os menores valores foram verificados no tratamento com gesso 12,8 ; 15,6 e 40% nas profundidades de 0 - 20 ; 20 - 40 e 40 - 60 cm, respectivamente. A hipótese mais provável para esta redução pode ter sido resultado da eficiência do corretivo associado a contribuição da cultura do arroz, que provavelmente proporcionaram aumento da permeabilidade do solo, o que justifica a utilização do arroz é explicado pela ação física de suas raízes que facilitam o movimento da água (Chabra & Abrol, 1977), por causar redução no pH e no conteúdo de Na^+ trocável devido a solubilização de carbonatos (Gupta et al., 1984) e a subsequente incorporação de resíduos orgânicos que influenciam na correção química devido a liberação de CO_2 , que mobiliza o carbonato de cálcio (CaCO_3) presente, o qual após dissociar-se em Ca^{2+} e CO_3^{2-} aumenta a substituição do íon Na^+ (Santos & Hernandez, 1997), resultados semelhantes foram conseguidos por Leite (1990) e Silva (1997), como também a assimilação de sódio pela cultura (McNeal et al., 1966).

A redução da PST no tratamento testemunha, onde não foi aplicado qualquer corretivo, pode ser atribuído a lavagem e a presença no solo de carbonato de cálcio que após a diluição libera o cálcio para substituição do sódio.

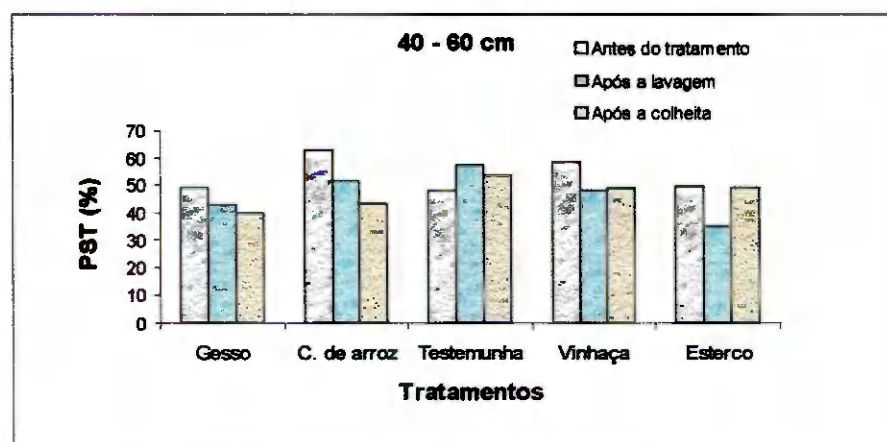
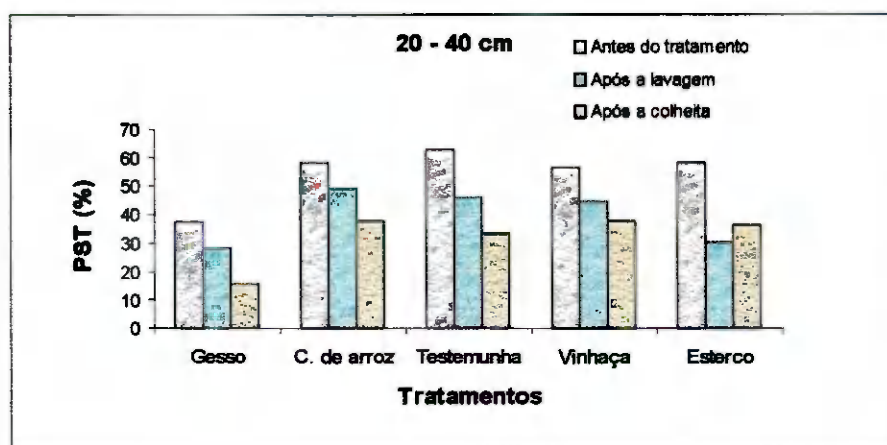
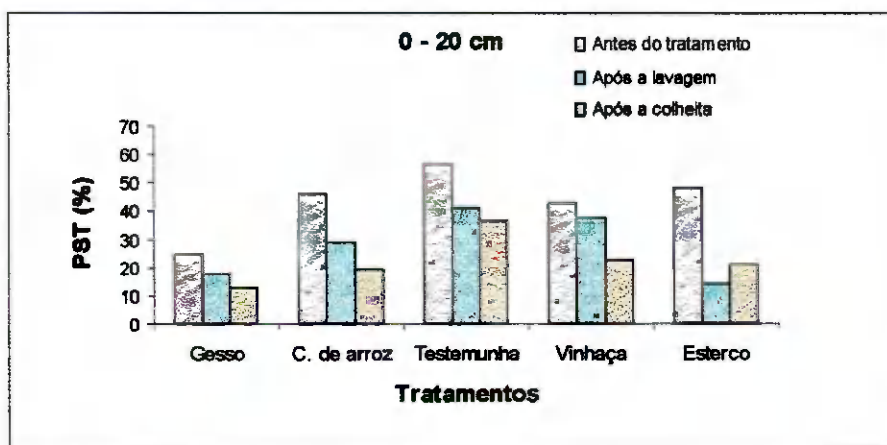


FIGURA 4: Variação temporal da Percentagem de sódio trocável (PST) no perfil do solo.

A concentração de sais, avaliada através dos valores de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), conforme a Figura 5, foi reduzida com o tempo, em todos os tratamentos. Após 40 dias de lavagem, houve um decréscimo significativo da concentração de sais, não havendo uma tendência de aumento e/ou diminuição com a profundidade. A salinidade do solo na camada de 0 - 20 cm, após a lavagem, nos tratamentos com gesso e testemunha manteve-se acima da salinidade limiar ($3,3 \text{ dS m}^{-1}$), para a cultura do arroz, apresentando valores de 5 e $6,8 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, portanto, maiores do que os tratamentos com produtos orgânicos. A hipótese mais provável para explicação desse fato é a baixa solubilidade do gesso, uma vez que as lâminas de água aplicadas e o tempo, provavelmente não foram suficientes para promover a dissolução total do gesso, influenciando diretamente na concentração eletrolítica da solução do solo, resultados que se assemelham com os conseguidos por Holanda (1996) e Silva (1997). No tratamento testemunha, provavelmente, a causa foi a baixa permeabilidade do solo. Após a colheita, houve uma tendência de aumento da salinidade com a profundidade do solo, devido, provavelmente, à lixiviação dos sais, no entanto, com o gesso isto não verificou-se, bem como houve redução menor da CEes neste tratamento, em relação aos demais, na profundidade de 0 - 20 cm. A diminuição da CEes pode ser atribuída ao abaixamento da PST através da substituição do sódio pelo cálcio no complexo sortivo e às práticas de preparo do solo (aração e gradagens) empregadas no início do experimento, que permitiram uma melhor infiltração da água no solo e, conseqüentemente a diluição e eliminação dos sais existentes. Os baixos valores de CEes do tratamento com vinhaça, após a lavagem, foram provavelmente, devido a sua alta concentração eletrolítica e alto teor de matéria orgânica que, possivelmente, proporcionou uma melhoria na infiltração do solo tendo,

consequentemente, contribuído para uma maior eficiência na lixiviação dos sais solúveis. Almeida (1994), estudando o efeito da lavagem com vinhaça, também observou este fato.

Na camada 0 - 20 cm, após a colheita (Figura 5), a condutividade elétrica (CEes) indicou valores dentro dos limites da salinidade limiar para cultura do arroz, ($3,3 \text{ dS m}^{-1}$) em torno de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ para vinhaça e 3 dS m^{-1} para gesso e, na profundidade 20 - 40 cm, valores em torno de 2 dS m^{-1} para tratamento testemunha e $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ para o gesso. Os tratamentos vinhaça e testemunha na camada de 0 - 20 e 20 - 40 cm, no final do experimento, indicaram os menores valores de CEes $1,5$ e 2 ; $1,5$ e $1,9 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, possivelmente devido ao efeito combinado da lavagem com vinhaça (Almeida, 1994) e aumento da permeabilidade do solo através da ação física das raízes do arroz, facilitando o movimento da água no perfil do solo e, consequentemente, diminuição da concentração de sais existente. No final do experimento, a CEes mostra uma tendência de aumentar com a profundidade (Figura 5), com exceção do gesso, que apresentou nas camadas 0 - 20 ; 20 - 40 ; 40 - 60 cm, CEes de 3 ; $2,63$ e $2,79 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente.

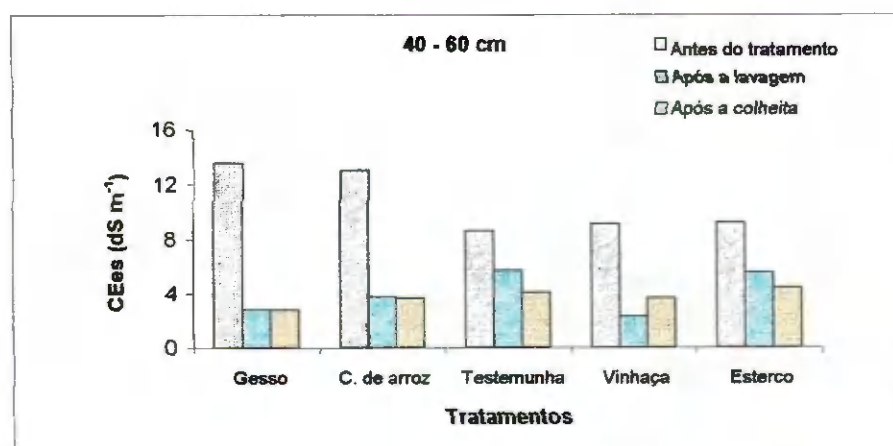
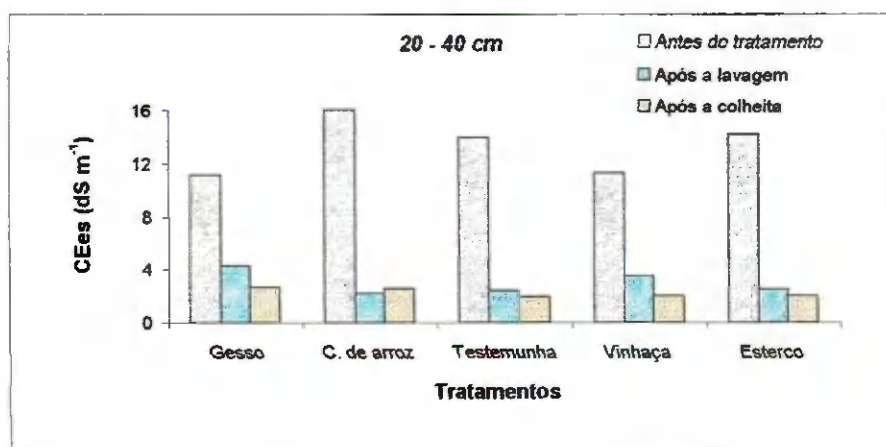
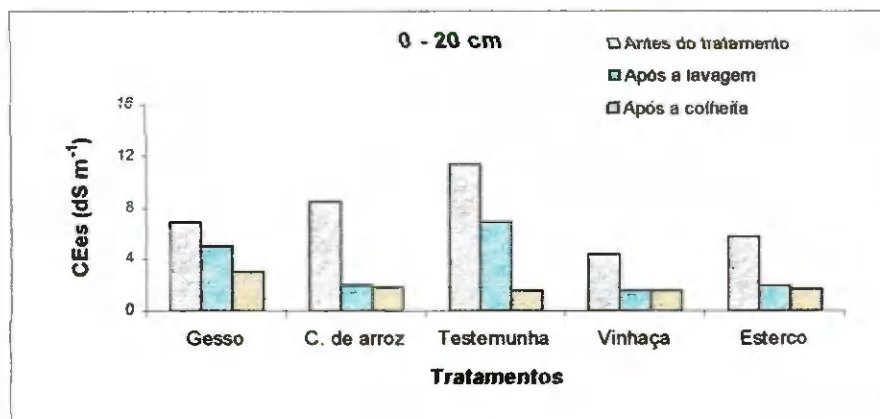


FIGURA 5: Variação temporal da Condutividade elétrica (CEes) no perfil do solo.

Conforme a Figura 6, os resultados de análises de solo revelam que houve modificações em pH da pasta de saturação devido aos tratamentos utilizados. De um modo geral, verificou-se que, após a lavagem, os valores de pH apresentaram uma ligeira tendência para decréscimo com o tempo, sobretudo na camada superficial. De maneira geral, o tratamento com gesso na camada superficial sobressaiu-se dos demais tratamentos, indicando valores de pH menores que 8, tendo, na profundidade 20 - 40 cm, reduzido os valores de pH de 10,2 para 8,7. A diminuição do pH pode ter sido uma consequência da substituição do sódio pelo cálcio no complexo sortivo. Os valores observados de pH concordam com os postulados por Moraes (1973).

O comportamento do pH, na profundidade de 40 - 60 cm, após a lavagem, indica que praticamente não houve alteração, exceto na parcela com gesso, que teve um decréscimo de 11 % nos valores de pH, possivelmente pela melhoria da permeabilidade abaixo da camada arável e o tratamento testemunha, que teve um acréscimo de 12%.

De acordo com a Figura 6, verifica-se que houve redução do pH do solo, após a lavagem, no entanto, as reduções foram menos acentuadas nas camadas mais profundas do solo.

De um modo geral, verificou-se que após a colheita, em todos os tratamentos, os valores de pHs apresentaram uma ligeira tendência para decréscimo em todas as profundidades (Figura 6), principalmente na camada 0 - 20 cm do solo, onde os valores foram entre 7,4 e 7,7, com exceção da testemunha, que ficou com valores acima de 8. Após a colheita o pHs indica valores médios de pH de 7,4 na camada superficial (0 - 20 cm) e 9,6 na camada mais profundas (40 - 60 cm).

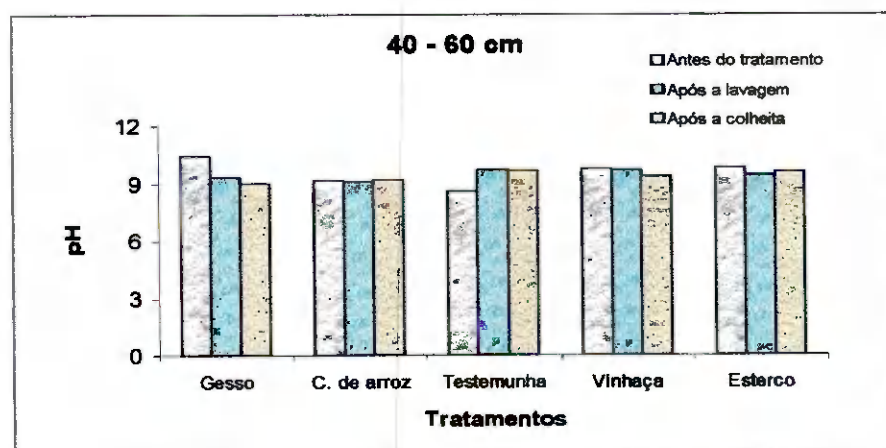
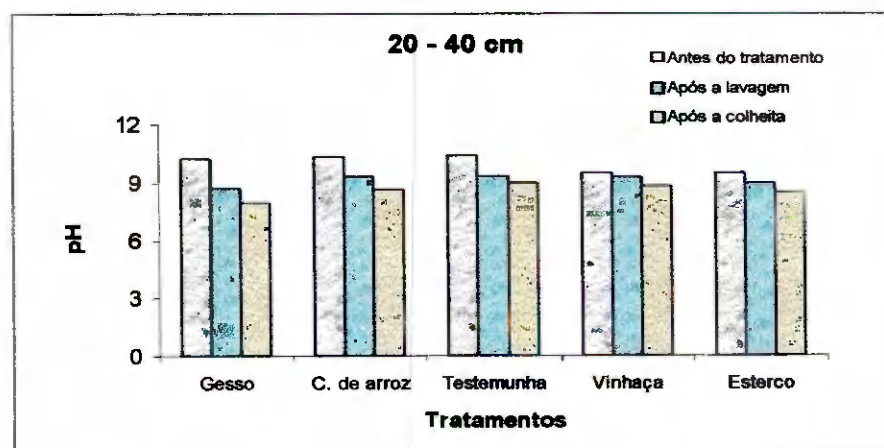
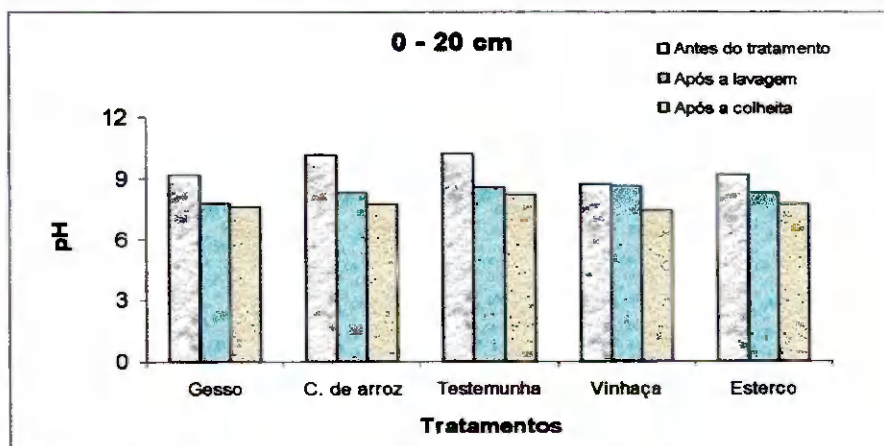


FIGURA 6: Variação temporal do pH no perfil do solo.

Conforme Apêndice 3, os resultados de análise de solo indicam que os mesmos continuam a mostrar variabilidade espacial e temporal da parcela experimental, onde percebe-se que os valores de CEes, PST e pH, após a colheita, variaram de 0,53 a 7,82 dS m⁻¹ ; 0,49 a 73,8% e 6,2 a 10,32, respectivamente.

4.2. Efeitos dos Diferentes Corretivos Sobre os Componentes de Produção e Rendimento de Grãos.

Os resultados da análise de variância (Tabela 7) revelaram efeito significativo dos tratamentos para peso de 100 grãos (P₁₀₀), ao nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F, e ao nível de 0,01 de probabilidade para as variáveis comprimento de panícula (CP), número de ramificações (NR), número de grãos cheios por panícula (NG) e densidade da panícula (DP). As demais variáveis peso da panícula (PP), número de panícula (NP) e rendimento (REND) não foram afetadas pelos tratamentos estudados.

O contraste entre testemunha (T₃) contra o efeito médio da soma dos tratamentos com gesso (T₁), casca de arroz (T₂), vinhaça (T₄) e esterco de curral (T₅) foi significativo, ao nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F, para as variáveis comprimento da panícula (CP), número de panícula por metro linear (NP), número de ramificações por panícula (NR), peso da panícula (PP) e peso de 100 grãos (P₁₀₀) e, ao nível de 0,05 de probabilidade, para as variáveis número de grãos cheios por panícula (NG), densidade da panícula (DP) e rendimento (REND). A comparação das médias dos tratamentos (Tabela 7) pelo teste de Tukey, mostra que o tratamento esterco de curral, para as variáveis NP e CP, diferiu significativamente da testemunha, revelando praticamente o dobro do número de panículas (NP) da testemunha e comprimento de panícula (CP) 36,4% maior do que na

testemunha. Observou-se também que os melhores resultados foram obtidos com esterco de curral e gesso para as variáveis NR e PP, no entanto, para a variável número de ramificações por panícula (NR) superaram a testemunha em 40%, enquanto que, para a variável peso da panícula (PP) o esterco e gesso superaram a testemunha em 141 e 90%, respectivamente. No confronto das médias o tratamento esterco superou todos os tratamentos em todas as variáveis, ficando em segundo lugar o tratamento com gesso. Na variável densidade da panícula (DP) as médias dos tratamentos gesso, esterco e casca de arroz não diferem entre si, no entanto, o esterco supera a testemunha em 56,5%. A comparação de médias entre os tratamentos pelo teste de Tukey não revelou diferença significativas para a variável rendimento de grãos (REND.). No entanto, pode-se afirmar que, em média, as variáveis associadas à produção do arroz nos tratamentos em que se aplicou os produtos, superaram as variáveis associadas à produção do arroz na testemunha.

Com respeito ao efeito médio do gesso (T_1) contra o efeito médio dos tratamentos com produtos orgânicos casca de arroz (T_2), vinhaça (T_4) e esterco de curral (T_5) não verificou-se efeitos significativos, ao nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F, em nenhuma das variáveis estudadas. No entanto, na comparação de médias pelo teste de Tukey (Tabela 7), o tratamento gesso revela significância com relação a testemunha na variável número de ramificações por panícula (NR) e peso da panícula (PP), superando-a em 40 e 90%, respectivamente. Isto indica que, em média, o efeito da correção com gesso sobre as variáveis estudadas não difere do efeito médio dos produtos orgânicos (casca de arroz, vinhaça e esterco de gado). No entanto, pode-se confirmar que aplicações prévias de gesso e produtos orgânicos, seguida de lavagem para remoção dos sais, melhoram sua fertilidade e produtividade agrícola, através do abaixamento da CEes, PST e consequentemente do pH. Resultados semelhantes foram conseguidos por Leite (1990),

Silva (1997). Por outro lado, o efeito médio da vinhaça contra o efeito médio dos tratamentos com produtos orgânicos sólidos casca de arroz (T_2) e esterco de curral (T_3) foi significativo, ao nível 0,05 de probabilidade, pelo teste F, na variável densidade da panícula (DP). Na comparação de médias com os demais tratamentos difere apenas do esterco de curral para as variáveis peso da panícula (PP), número de grãos cheios por panícula (NG) e densidade da panícula (DP) reforçando resultados conseguidos por Silva & Orlando Filho, (1981) ; Glória & Orlando Filho (1983) ; Almeida (1994) ; Silveira & Oliveira (1997) que atestaram o valor da vinhaça como fertilizante, corretivo e condicionador do solo, sua riqueza em matéria orgânica, potássio e micronutrientes (Tabela 2 e 3). Finalmente, o efeito médio do tratamento casca de arroz (T_2) contra o efeito médio do tratamento esterco de curral (T_3) apresentou efeito estatístico significativo, ao nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F, nas variáveis número de ramificações por panícula (NR), número de grãos cheios por panícula (NG) e densidade da panícula (DP) e, a 0,05 de probabilidade, para a variável comprimento da panícula (CP). A comparação de médias pelo teste de Tukey revelou diferenças significativas para as variáveis peso da panícula (PP) e número de grãos cheios por panícula (NG) com o esterco superando-a em 85 e 71% respectivamente. Porém, demonstra-se que, o efeito do esterco de gado sobre estas variáveis é maior do que o efeito da casca de arroz.

Não foi detectada significância estatística, ao nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F, entre os diferentes tratamentos na variável rendimento de grãos (REND.) É importante observar que as médias originais da produtividade em relação aos tratamentos, variaram de 3.375 kg ha⁻¹ para testemunha e de 8.813 kg ha⁻¹ para esterco de curral.

Tabela 7. Resultados dos quadrados médios obtidos das análises de varância, coeficientes de variação (C.V.), estimativas das médias e diferenças mínimas significativas (DMS) calculadas pelo Teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade, relativas as variáveis CP, NP, NR PP, NG, DP, P₁₀₀ e REND.

Fonte de variação	Quadrado Médio das Variáveis								
	GL	CP	NP*	NR	PP*	NG*	DP	P ₁₀₀	REND. •
T ₃ vs (T ₁ +T ₂ +T ₄ +T ₅)	1	42,0295**	23,3129**	10,2592**	0,4075**	10,1071*	2,6765*	0,6496**	5,1057*
T ₁ vs (T ₂ +T ₄ +T ₅)	1	3,3844	0,0342	3,4034	0,0340	2,0526	0,6912	0,0173	0,0008
T ₄ vs (T ₂ +T ₅)	1	6,7119	0,0263	1,2080	0,1271	4,4612	2,2250*	0,0036	0,7175
T ₂ vs T ₅	1	26,9945*	5,8348	8,2810**	0,4129	12,5372**	3,9564**	0,1323	0,4924
Tratamento	(4)	19,7800**	7,3021	5,7879**	0,2454	7,2895**	2,3873**	0,2007*	1,5791
Resíduo	20	4,3862	2,6898	0,9657	0,0370	1,3165	0,4614	0,0500	0,6946
CV		12,6	20,0	13,8	16,3	15,1	19,4	9,9	12,6

Tratamentos	Estimativas das Médias das variáveis								
	CP (cm)	NP	NR	PP (g)	NG	DP	P ₁₀₀ (g)	REND.	
T ₁ - (Gesso)	18,20ab	8,77ab	8,15a	1,32ab	8,47ab	3,99ab	2,28ab	8,68a	
T ₂ - (Casca de arroz)	15,92ab	7,90ab	6,49ab	1,08bc	7,00b	3,20ab	2,25ab	8,63a	
T ₃ - (Testemunha)	14,08b	6,28b	5,83b	0,93c	6,33b	2,85b	1,93b	7,57a	
T ₄ - (Vinhaça)	16,14ab	8,61ab	6,80ab	1,09bc	6,96b	3,01b	2,33ab	8,39a	
T ₅ - (Esterco de curral)	19,20a	9,47a	8,31a	1,49a	9,24a	4,46a	2,48a	9,08a	
DMS	3,96	3,10	1,86	0,36	2,17	1,29	0,42	1,58	

* Efeito estatisticamente significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F de Snedecor ;

** Efeito estatisticamente significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F de Snedecor ;

♣ Análise estatística realizada com dados transformados em raiz quadrada ;

• Análise estatística realizada com dados transformados em logaritmo;

Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho, desenvolvido em condições de campo, permitiu enumerar as seguintes conclusões:

1 - As propriedades químicas do solo, apresentaram grande variabilidade espacial.

2 - Os tratamentos avaliados mostraram efeitos significativos nas propriedades químicas do solo (Percentagem de sódio trocável, Condutividade elétrica e pH), exercendo influência marcante nos componentes de produção e rendimento de grãos, com resultados variando entre 3,3 e 8,8 ton ha⁻¹.

3 - As propriedades químicas do solo (Percentagem de sódio trocável, Condutividade elétrica e pH), apresentaram tendência de aumentar com a profundidade e de decrescer com o tempo.

4 - A redução da PST, após 40 dias de lavagem, foi mais acentuada nos tratamentos esterco de curral e gesso na profundidade 0 – 20 cm.

5 - O abaixamento da PST após a lavagem, permitiu a substituição do sódio pelo cálcio no complexo sortivo.

6 - A vinhaça por ser líquida e apresentar alta concentração eletrolítica e alto teor de matéria orgânica, pode funcionar como recuperadora de solo salino-sódico.

7 - O cultivo do arroz contribuiu na redução da PST do solo.

6. BIBLIOGRAFIA

- ABROL, I. P. & BHUMBLA, D. R. Field studies on salt leaching in a highly saline sodic soil. *Soil Science*, v. 115, p 429 - 433, 1973.
- ABROL, I. P. ; DAHIYA, I. S. ; BHUMBLA, D. R. On the method of determining gypsum requirement of soils. *Soil Science*, v. 120, p. 30 - 36, 1975.
- 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*, v. 127, nº 2, p. 79 - 85, 1979.
- ALMEIDA, J.R. A vinhaça na agricultura. *Revista Agrícola*, v. 27, p. 269 - 274, 1952.
- ALMEIDA, M. T. **Torta de filtro e vinhaça como alternativa na recuperação de um solo salino-sódico.** Viçosa: UFV, 1994. 52 p. (Dissertação de Mestrado).
- ARAÚJO, R. C. **Uso do gesso agrícola e da matéria orgânica no manejo de um solo salinizado.** Areia: UFPB, 1992. 54 p. (Dissertação de Mestrado).
- 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, 218 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 Revisado).

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

AZEVEDO, N. C. de, GHEYI, H. R. Influência de diversos tratamentos nas propriedades físico-hídricas e químicas de um solo salino-sódico. II: Propriedades químicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13, 1983, **Anais**. Rio de Janeiro: SBEA, 1983.

BARRIOS, J. **Prevención de problemas de drenaje y salinidad de suelos irrigados.** Juazeiro - BA, Convênio MINTER - SUDENE - IICA, 1976. 23 p.

BOHN, H. L. ; McNEAL, B. L. ; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry.** 2ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 341 p.

CAVALCANTE, L. F. Avaliação da qualidade da água de nove açudes paraibanos. **Anais do Curso de Pós Graduação em Manejo e Conservação de solos**, Areia, p. 1 - 8, 1980.

CAVALCANTE, L. F. **Efeito do fosfogesso em solos salinizados da Paraíba cultivados com feijão vigna (*Vigna unguiculata* L. Walp).** Piracicaba: USP/ESALQ, 1984. 97p. (Tese de Doutorado).

CHABRA, R. & ABROL, I. P. Reclaiming effect of rice grown in sodic soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 124, p. 49 - 55, 1977.

CHAPMAN, V. J. The salinity problem in General, Its Importance, and Distribution with Special Reference to Natural Halophytes. In: POLJAKOFMAYBER, A. & J. GALE. **Plants in saline environments.** New York, Springer-Verlag, p. 6 - 24, 1975.

- CORDEIRO, G. G. ; BARRETO, A. N. ; GARRI, A. C. R. C. Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do projeto de irrigação de São Gonçalo. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1982. 51 p.
- DEMATTE, J. L. I. O uso agrônômico de resíduos × fertilizantes na cultura da cana-de-açúcar. In: **XX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. p. 213 - 229, 1992.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as secas. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos da Amazônia Legal, 2^o Distrito de Engenharia Rural, PISG, 1997 (Mimeografado).
- EMBRAPA - CNPAF. Características botânicas e agronômicas de cultivares de arroz (*Oryza sativa L.*). **Circular Técnica**, nº 14, p. 32, 1981.
- FAGÉRIA, N. K. & BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação de cultivares de arroz para maior eficiência na absorção de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, nº 5, p. 777 - 782, 1981.
- FAGÉRIA N. K. ; BARBOSA FILHO, M. P. ; GHEYI, H. R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância a salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, nº 5, p. 677 - 681, 1981.
- FAO/UNESCO. Irrigation drainage and salinity: An: **International sourcebook**. Paris, Hutchison, 1973, 510 p.
- FREITAS, J. A. D. ; COELHO, M. A. ; FERREYRA H. F. F. Efeito de corretivos químicos e materiais orgânicos no movimento de água e estrutura de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 261 - 264, 1984.

- GHEYI, H. R. **Caracterização e Recuperação dos Solos Afetados por Sais do Perímetro Irrigado de Sumé - PB.** Campina Grande: UFPB, 1993, 107 p. (Tese - Prof.: Titular).
- GHEYI, H. R. ; BARRETO, A. N. ; GARRI, A. C. R. C. ; ALMEIDA, A. M. de. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salino-sódicos. II. Ensaio de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, nº 11 e 12, p. 1195 - 1199, 1987.
- GHEYI, H. R. & BARROS, A. D. de. Seleção de cultivares de arroz irrigado para solos salino-sódico: I. Ensaio de germinação e crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, nº 7, p. 719 - 723, 1987.
- GLÓRIA, N. A. **Emprego da vinhaça para fertilização.** Programa Nacional de Melhoramento de Cana-de-açúcar, IAA-PLANALSUCAR, 1976, 43 p. (mimeografado)
- GLÓRIA, N. A. & ORLANDO FILHO, J. Aplicação da vinhaça como fertilizante. **Boletim Técnico. PLANALSUCAR**, 38 p. 1983.
- GOBRAN, G. R. ; DUFÉY, J. E. ; LAUDELOUT, H. The use of gypsum for preventing soil sodification: effect of gypsum particle size and location in the profile. **Soil Science**, v. 33, p. 309 - 316, 1982.
- GOES, E. S. de O. O problema da salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e ação de pesquisa com vistas ao seu equacionamento. In: **Reunião Sobre Salinidade em Áreas Irrigadas.** SUDENE/DNOCS. Fortaleza, p. 1 - 34, 1978.
- GUPTA, R. K. ; BHUMBIA, D. K. ; ABROL, I. P. Effect of sodicity pH, organic matter, and calcium carbonate on the dispersion behaviour of soils. **Soils Science**, Baltimore, v. 137, nº 4, p. 245 - 251, 1984.

- GUPTA, R. K. & ABROL, I. P. Salt - affected soils: their reclamation and management for crop production. *Adv. Soils Science*, v. 11, p. 223 - 228, 1990.
- HOLANDA, J. S. de **Utilização de esterco e adubo mineral em quatro sequências de culturas em solo da encosta basáltica do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 67 p. 1981, (Dissertação de Mestrado).
- HOLANDA, J. S. de **Manejo de solo salino-sódico na região do Baixo Açu-RN**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 84 p. (Tese de Doutorado).
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985, 492 p.
- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.
- KOVDA, V. A. Soil in relation to salinity irrigation and drainage. In : **Irrigation drainage and salinity**. Paris: FAO/UNESCO, 1973, p. 430 - 480.
- KOVDA, V. A. & SZALBOLCS, I. Modelling of soil salinização and alkalization. *Agrokêmia és Talaitan*, v. 28, 1979.
- LEITE, E. J. **Efeitos de diferentes níveis de gesso e matéria orgânica na recuperação de solos com problema de sódio**. Campina Grande: UFPB, 1990, 64 p. (Dissertação de Mestrado).
- LUZ, E. B. **Influência do uso de gesso e matéria orgânica no desenvolvimento e produção de arroz (*Oriza sativa, L.*) irrigado, num solo salino-sódico**. Campina Grande: UFPB, 1983, 66 p. (Dissertação de Mestrado).
- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. *Applied Agric. Research*, v. 1, nº 1, p. 12-26, 1986.
- McNEAL, B.L. ; PEARSON, G.A. ; BOWER, C. A. Effect of rice culture on the reclamation of sodic soils. *Agronomy Journal*, v. 58, nº 2, p. 238 - 40, 1966.

- MEDEIROS, R. D. de **Efeitos do manejo de água e de sistemas de controle de plantas daninhas em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado**. Piracicaba: ESALQ – SP, 1995. 69 p. (Dissertação de Mestrado).
- MELO, F. B. ; COELHO, M. A. ; FERREYRA H. F. F. Efeitos do gesso e da concentração salina da água na condutividade hidráulica do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 12, p. 89 - 92, 1988.
- MORAES, J. F. V. Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de oxido-redução e a disponibilidade do fósforo no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia. v. 8, p. 93 - 101, 1973.
- NUNES, M. R. , VELLOSO, A. C. X. ; LEAL, J. R. Efeito da vinhaça nos cátions trocáveis e outros elementos químicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, nº 2, p. 171 - 176, 1981.
- OLIVEIRA, J. J. de **Variabilidade espacial de características químicas em um solo salino-sódico**. Campina Grande: UFPB, 1998, 97 p. (Dissertação de Mestrado).
- ORLANDO F. J. ; SILVA, J. G. ; LEME, E. J. A. Utilização agrícola dos resíduos da agro-indústria canavieira. In: **Nutrição e adubação da cana de açúcar no Brasil**. Piracicaba, I. A. A. Planalsucar, 1983. p. 229 - 264.
- PALÁCIOS, O. **Prevención y combat del empantanamiento y ensalitramiento de terras agrícolas**. Chapingo - México: Escuela Nacional de Agricultura, 1974.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 8ed. São Paulo: Nobel, 1978.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Española, 1978 521p.

- RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos**. United States Department of Agriculture, 1977, 172 p.
- RUSSELL, E. W. **Soil conditions and plant growth**. London: Longman, 1980, 849 p.
- SAMPAIO, R. A. **Efeito da lâmina de água e dose de gesso agrícola sobre a lixiviação de sais de um solo irrigado**. Arca: UFPB, 1988, 50 p. (Dissertação de Graduação).
- SAMPAIO, R. A. **Manejo da água na recuperação de solos salino-sódicos**. Viçosa: UFV, 1993, 75 p. (Dissertação de Mestrado).
- 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.; QUEIRÓS, J. E. ; MEDEIROS, J. F. (ed.), Campina Grande, UFPB - SBEA, 1997. p. 319 - 355.
- SCALOPPI, J. E. & BRITO, R. A. L. Qualidade da água e do solo para irrigação. **Informe Agropecuário**, v. 12, nº. 139, p. 80 - 94, 1986.
- SILVA, G. M. de A. & ORLANDO FILHO. Caracterização da composição química dos diferentes tipos de vinhaça no Brasil. **Boletim Técnico**. PLANALSUCAR, 1981, 22p.
- SILVA, E. F. de F. **Avaliação da eficiência de diversos produtos na recuperação de solo salino-sódico no desenvolvimento e produção da cultura do arroz (*Oryza sativa L.*)**. Campina Grande: UFPB, 1997, 70 p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVEIRA, K. R. da & OLIVEIRA, F. A. de Efeito do gesso e da vinhaça na recuperação de um solo sódico. **Anais do IV Encontro de Iniciação Científica da UFPB**, v. 3. 1997.
- UN. 1991. **World population prospects 1990**. Population studies Nº 120. United Nations, New York. 607 p.

van BLADEL R. & GHEYI, H. R. Thermodynamic study of calcium-sodium and calcium-magnesium exchange in calcareous soils. *Soil Science Society América Journal*, v. 44, p. 938 - 942, 1980.

VIEIRA, J. E. & CAVALCANTE, L. F. Utilização de duas fontes de matéria orgânica em solos de diferentes texturas. *Anais do IV Encontro de Iniciação Científica da UFPB*, v. 3. 1997.

VITTI, G. C. Utilização do gesso agrícola e calcário. In: *Reunião Sobre Trigo Irrigado*. 1986, Dourados. EMBRAPA - UEPAE.

WHITEMORE, J. *Saline and sodic soils*. USA, 1975, 7 p. (mimeografado).

APÊNDICE

APÊNDICE 1. Características químicas de amostras de solos, nos diferentes tratamentos, coletadas antes do tratamento.

TRAT.	pH pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO									CÁTIONS TROCÁVEIS								
		CE	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	CTC	PST	CaCO ₃		
		dS m ⁻¹	mmol _c l ⁻¹									cmol _c kg ⁻¹							%
Antes do tratamento - prof. 0 - 20 cm																			
T ₁ P ₁	9,28	6,36	1,75	1,38	63,08	0,06	3,00	18,40	46,2	A	0,83	1,13	1,01	0,1	3,07	32,9	P		
T ₁ P ₂	10,38	5,80	1,38	2,00	60,60	0,07	5,60	24,80	31,0	A	1,52	0,66	0,37	0,19	2,74	13,5	P		
T ₁ P ₃	7,82	8,50	1,00	4,63	2,91	0,06	0,00	3,2	5,25	A	1,64	1,10	1,15	0,09	3,98	28,9	P		
T ₂ P ₁	9,68	8,16	1,00	0,75	78,85	0,16	6,20	28,30	53,5	A	1,35	0,57	3,48	0,15	5,55	62,7	P		
T ₂ P ₂	10,43	16,55	1,00	2,50	157,7	0,19	50,0	56,5	60,0	A	1,00	0,64	5,74	0,26	7,64	75,1	P		
T ₂ P ₃	10,28	0,75	0,63	3,50	4,65	0,05	4,00	4,10	1,25	P	2,74	1,78	0,04	0,07	4,63	0,86	P		
T ₃ P ₁	10,09	17,43	1,25	3,00	190,9	0,24	18,00	35,6	124,7	A	0,75	0,66	2,56	0,13	4,11	62,4	A		
T ₃ P ₂	10,42	14,50	1,13	1,63	157,7	0,16	93,00	21,4	45,00	A	0,27	0,34	3,56	0,08	4,26	83,5	A		
T ₃ P ₃	10,16	2,14	0,63	2,25	21,58	0,05	0,00	7,50	14,50	P	1,84	3,36	1,72	0,06	6,98	24,7	A		
T ₄ P ₁	8,37	3,76	1,25	2,50	34,86	0,05	0,00	6,60	29,75	A	0,41	3,90	4,12	0,10	8,53	48,3	P		
T ₄ P ₂	10,07	7,24	1,63	1,25	78,85	0,05	17,00	27,3	43,5	A	1,09	0,70	2,81	0,07	4,67	60,2	P		
T ₄ P ₃	7,89	2,00	0,75	2,25	20,75	0,05	0,00	5,90	16,50	P	2,63	5,70	2,27	0,06	10,66	21,3	A		
T ₅ P ₁	9,62	7,93	0,88	2,88	74,70	0,05	5,60	12,50	60,00	A	1,56	0,74	3,17	0,10	5,57	57,0	P		
T ₅ P ₂	9,79	6,65	1,25	2,38	63,08	0,05	4,40	17,5	41,25	A	0,94	1,09	4,27	0,07	6,37	67,0	P		
T ₅ P ₃	8,16	2,54	0,63	2,63	21,58	0,05	0,00	3,30	20,75	P	2,66	3,08	1,58	0,07	7,39	21,4	P		
Antes do tratamento - prof. 20 - 40 cm																			
T ₁ P ₁	10,00	24,50	0,88	2,25	282,2	0,05	48,00	40,80	154,5	A	0,59	0,76	1,23	0,06	2,64	46,6	A		
T ₁ P ₂	10,44	7,40	0,63	2,25	72,21	0,05	21,20	28,50	27,75	A	0,66	0,30	1,54	0,27	2,77	55,6	A		
T ₁ P ₃	10,36	1,65	0,63	2,38	15,77	0,05	0,00	2,70	14,50	A	1,52	2,36	0,40	0,07	4,35	9,19	A		
T ₂ P ₁	10,00	22,12	0,63	3,00	240,7	0,05	80,6	10,20	154,2	A	0,14	0,94	9,70	0,07	10,87	89,4	P		
T ₂ P ₂	10,44	25,65	0,88	10,13	282,2	0,10	162,8	38,30	91,00	A	0,42	0,14	5,13	0,38	6,07	84,5	P		
T ₂ P ₃	10,45	0,51	0,63	2,50	2,41	0,05	0,00	1,30	4,00	A	1,83	1,05	0,04	0,06	2,98	1,34	P		
T ₃ P ₁	10,42	19,10	0,75	2,13	207,5	0,05	69,40	27,6	104,2	A	0,44	0,51	7,06	0,06	8,07	87,5	P		
T ₃ P ₂	10,49	18,00	0,63	2,13	224,1	0,05	109,6	35,8	81,5	P	0,38	0,35	6,99	0,10	7,82	89,4	P		

T ₃ P ₃	10,34	5,00	0,75	2,63	50,63	0,05	0,00	7,60	44,25	A	1,98	3,70	0,79	0,06	6,53	12,0	P
T ₄ P ₁	9,66	4,28	1,38	1,63	43,16	0,05	3,20	15,60	27,25	A	1,68	0,69	3,56	0,06	5,99	59,4	A
T ₄ P ₂	10,40	19,77	1,88	2,00	207,5	0,05	156,6	13,30	35,5	A	0,28	0,59	5,54	0,09	6,50	85,2	P
T ₄ P ₃	8,50	9,79	1,13	5,50	75,53	0,05	0,00	3,70	83,00	A	1,84	3,66	1,92	0,06	7,48	25,6	P
T ₅ P ₁	10,36	21,73	0,88	2,88	174,3	0,05	90,6	23,30	55,5	A	0,16	0,46	5,09	0,06	5,77	88,2	P
T ₅ P ₂	10,30	16,64	1,00	2,88	149,4	0,05	82,40	31,80	42,00	P	0,46	0,78	2,09	0,04	3,37	62,0	P
T ₅ P ₃	7,80	4,31	0,63	3,13	40,67	0,05	0,00	2,50	43,50	A	2,21	2,84	1,71	0,04	6,80	25,2	P
Antes do tratamento - prof. 40 - 60 cm																	
T ₁ P ₁	10,50	26,63	0,63	1,88	265,6	0,15	57,20	18,90	201,0	A	0,50	0,46	1,54	0,07	2,57	59,9	P
T ₁ P ₂	10,50	10,67	0,63	3,13	71,38	0,09	21,20	28,50	33,00	A	0,57	0,71	4,79	0,24	6,31	75,9	P
T ₁ P ₃	10,30	3,13	0,63	1,88	29,88	0,05	0,00	2,10	27,50	A	1,62	2,28	0,52	0,09	4,51	11,5	P
T ₂ P ₁	10,30	19,78	0,63	3,38	190,9	0,10	70,20	17,60	108,5	A	0,34	0,61	8,19	0,07	9,21	88,9	P
T ₂ P ₂	10,60	18,20	1,00	4,88	249,0	0,05	144,8	23,9	80,00	A	0,40	0,39	6,60	0,36	7,75	85,2	P
T ₂ P ₃	6,60	1,15	0,63	3,13	7,55	0,05	0,00	2,20	9,25	A	3,43	4,51	1,37	0,06	9,37	14,6	P
T ₃ P ₁	7,80	9,70	0,63	2,75	99,60	0,05	30,20	10,40	65,50	A	2,39	1,17	1,71	0,10	5,37	31,8	P
T ₃ P ₂	9,10	11,06	0,75	3,25	124,5	0,06	58,40	14,90	54,25	A	0,19	0,39	8,72	0,13	9,43	92,5	P
T ₃ P ₃	9,00	5,20	0,75	3,13	46,48	0,06	0,00	3,90	50,00	A	2,04	3,03	1,25	0,06	6,38	19,6	P
T ₄ P ₁	9,87	4,06	0,88	2,38	40,67	0,05	5,20	13,70	25,25	A	1,53	0,99	3,98	0,06	6,56	60,6	P
T ₄ P ₂	10,50	12,53	0,63	2,38	132,8	0,05	52,60	14,60	67,00	A	0,29	0,34	3,98	0,04	4,65	85,6	P
T ₄ P ₃	8,97	10,96	1,00	6,38	107,9	0,05	0,00	6,40	107,5	A	1,66	3,98	2,51	0,04	8,19	30,6	P
T ₅ P ₁	10,60	11,75	1,50	0,88	116,2	0,19	36,60	5,70	70,00	A	0,95	0,72	2,24	0,04	3,95	56,7	P
T ₅ P ₂	10,50	7,00	0,75	2,50	68,06	0,05	8,60	15,40	52,50	A	0,72	0,66	2,71	0,04	4,13	65,6	A
T ₅ P ₃	8,30	9,00	1,00	4,75	72,21	0,05	0,00	2,30	78,75	A	1,65	2,86	1,62	0,04	6,17	26,2	A

A = Ausente

P = Presente

APÊNDICE 2. Características químicas de amostras de solos, nos diferentes tratamentos após a lavagem.

TRAT.	pH pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO									CÁTIONS EXTRAÍVEIS						
		CE	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	CTC	PST	CaCO ₃
		dS m ⁻¹	mmol _c l ⁻¹									cmol _c kg ⁻¹				%	
Após a lavagem - prof. 0 - 20 cm																	
T ₁ P ₁	8,5	5,37	11,75	2,5	37,35	0,21	0,0	6,8	40,5	P	5,23	1,23	2,51	0,1	9,07	27,7	P
T ₁ P ₂	8,07	7,1	11,88	6,38	53,95	0,55	0,0	7,2	38,75	P	23,74	1,30	2,54	0,15	27,73	9,15	P
T ₁ P ₃	6,8	2,74	15,0	3,13	9,96	0,49	0,0	3,5	24,0	P	8,60	2,48	2,18	0,08	13,34	16,3	P
T ₂ P ₁	8,56	2,63	0,50	2,50	25,73	0,69	4,8	18,2	4,75	P	2,17	2,01	2,43	0,22	6,83	35,6	P
T ₂ P ₂	9,56	2,87	1,13	0,88	27,39	0,43	4,0	10	16,5	P	1,08	1,73	3,10	0,27	6,18	50,2	P
T ₂ P ₃	6,77	0,5	1,00	1,75	2,24	0,25	0,0	1,6	3,5	P	2,39	2,96	0,07	0,08	5,50	1,27	P
T ₃ P ₁	9,3	17,1	1,25	3,00	174,3	0,24	18	35,6	124,7	P	0,75	0,66	2,94	0,13	4,48	65,6	P
T ₃ P ₂	9,49	2,84	0,75	1,00	29,88	0,55	7,6	12,8	9,25	P	1,30	2,13	3,80	0,10	7,33	51,8	P
T ₃ P ₃	6,96	0,65	1,00	0,63	4,90	0,15	0,0	3,2	3,0	P	2,87	4,69	0,59	0,07	8,22	7,20	P
T ₄ P ₁	9,0	1,86	0,88	0,88	18,26	0,45	1,4	11,2	6,5	P	1,90	1,91	3,38	0,16	7,35	45,9	P
T ₄ P ₂	9,37	1,94	0,75	0,75	19,92	0,34	2,2	10,3	6,75	P	1,38	2,30	4,44	0,15	8,27	53,7	P
T ₄ P ₃	7,62	0,76	0,63	1,25	5,48	0,18	0,0	3,4	4,0	P	2,84	5,34	1,31	0,13	9,62	13,6	P
T ₅ P ₁	9,0	1,67	0,75	1,75	15,77	0,54	3,0	8,8	5,75	A	3,29	2,42	1,54	0,18	7,43	20,7	P
T ₅ P ₂	8,6	3,12	1,00	2,13	30,71	0,46	6,8	16,6	8,75	P	2,80	1,92	0,66	0,11	5,48	12,0	P
T ₅ P ₃	7,4	1,07	0,50	2,63	7,72	0,24	0,0	7,0	3,75	P	3,67	4,52	0,86	0,08	9,13	9,40	P
Após a lavagem - prof. 20 - 40 cm																	
T ₁ P ₁	9,3	4,32	0,63	2,13	40,67	0,13	0,0	5	35	P	1,78	0,88	1,75	0,09	4,50	38,8	P
T ₁ P ₂	9,52	6,72	6,50	3,50	56,44	0,58	0,0	7,7	24	P	1,23	1,59	1,85	0,18	4,85	38,1	P
T ₁ P ₃	7,3	1,68	0,75	2,75	10,79	0,16	0,0	5,5	9,25	P	1,64	3,85	0,41	0,06	5,96	6,87	P
T ₂ P ₁	9,3	0,34	0,63	1,88	0,40	0,13	0,0	1,1	2,0	P	2,41	3,12	10,8	0,07	16,40	65,8	P
T ₂ P ₂	10,15	5,28	0,63	1,38	53,12	0,51	18,2	16,9	19,7	A	0,51	1,48	4,11	0,25	6,35	64,7	P
T ₂ P ₃	8,56	1,00	1,00	0,38	7,47	0,15	0,0	4,2	4,25	P	2,55	4,16	1,43	0,10	8,24	17,3	P
T ₃ P ₁	10,15	3,23	1,00	1,13	35,69	0,39	12,6	10,1	14	P	0,74	1,39	4,87	0,09	7,09	68,7	P

T ₃ P ₂	9,7	3,60	1,00	0,25	37,35	0,25	13,2	13,5	12,25	P	0,87	1,17	4,48	0,08	6,60	67,9	P
T ₃ P ₃	8,04	1,06	2,13	0,13	7,97	0,27	0,0	4,0	6,25	A	3,01	5,09	1,71	0,05	9,86	17,3	P
T ₄ P ₁	9,97	3,28	0,88	0,63	34,03	0,45	11,0	14,3	12,0	P	1,14	1,60	3,99	0,12	6,85	58,2	P
T ₄ P ₂	9,98	2,76	0,63	1,13	28,22	0,21	4,6	11,2	13,5	P	1,22	1,83	3,65	0,08	6,78	53,8	P
T ₄ P ₃	7,9	4,26	0,88	1,5	39,01	0,25	0,0	3,5	42	A	2,72	4,28	2,01	0,06	9,07	22,2	P
T ₅ P ₁	9,55	1,86	0,63	2,00	17,43	0,33	1,6	6,7	10,25	P	1,19	2,21	2,87	0,08	6,35	45,2	P
T ₅ P ₂	9,8	3,74	1,00	1,38	37,35	0,18	12,2	7,6	17,75	P	1,00	1,42	1,11	0,08	3,61	30,7	P
T ₅ P ₃	7,5	1,74	0,75	0,75	16,60	0,06	2,2	6,9	9,5	P	3,46	4,84	1,49	0,06	9,85	15,1	P

Após a lavagem - prof. 40 - 60 cm

T ₁ P ₁	9,5	4,7	0,75	1,25	42,33	0,15	0,0	6,2	35,5	P	2,74	0,54	3,01	0,07	6,36	47,3	P
T ₁ P ₂	9,8	2,37	0,50	0,63	18,26	0,39	2,6	7,4	8,25	A	0,79	2,36	3,96	0,27	7,38	53,7	P
T ₁ P ₃	8,6	1,37	0,75	1,00	12,45	0,07	0,0	4,4	9,75	A	1,75	3,38	2,00	0,10	7,23	27,6	P
T ₂ P ₁	10,06	5,1	0,75	0,63	59,76	0,21	28,2	24,7	10,75	P	0,29	1,31	5,01	0,07	6,68	75,0	P
T ₂ P ₂	10,6	5,58	1,25	0,13	55,61	0,61	37,4	9,8	7,25	A	0,37	1,15	5,17	0,32	7,01	73,8	P
T ₂ P ₃	6,68	0,64	1,00	1,38	3,65	0,37	0,0	1,2	5,50	P	2,63	4,55	0,54	0,05	7,77	6,95	P
T ₃ P ₁	10,63	12,13	0,88	0,75	99,6	0,16	70,4	7,3	14,75	P	0,38	1,55	9,45	0,10	11,48	82,3	P
T ₃ P ₂	10	2,89	0,88	1,00	29,88	0,40	9,0	12,7	12,75	P	1,06	1,31	5,01	0,09	7,47	67	P
T ₃ P ₃	8,37	2,27	1,00	0,88	23,24	0,06	0,0	6,7	18,75	P	2,48	4,66	2,06	0,06	9,26	22,2	P
T ₄ P ₁	10	2,67	0,75	0,63	29,05	0,33	9,8	11,7	7,5	A	1,21	1,81	4,96	0,11	8,09	61,3	P
T ₄ P ₂	10,4	2,71	0,88	0,63	24,90	0,21	4,6	11,2	11,25	A	1,32	1,57	3,82	0,07	6,78	56,3	P
T ₄ P ₃	8,7	1,49	0,63	0,63	13,28	0,22	0,0	5,1	8,75	A	2,58	4,27	2,38	0,06	9,29	25,6	P
T ₅ P ₁	9,8	2,72	0,63	2,13	29,05	0,39	2,8	10,2	17,0	P	1,33	1,83	3,17	0,11	6,44	49,2	P
T ₅ P ₂	9,9	12,5	0,50	1,63	141,1	0,10	15,2	15,2	106,5	A	1,16	1,36	1,44	0,12	4,08	35,3	P
T ₅ P ₃	8,5	1,39	0,88	0,63	12,45	0,09	2,0	7,0	4,75	P	2,77	5,04	2,08	0,07	9,96	20,9	P

A = Ausente

P = Presente

APÊNDICE 3. Características químicas de amostras de solos, nos diferentes tratamentos coletadas após a colheita.

TRAT.	pH pasta	EXTRATO DE SATURAÇÃO									CÂTIONS EXTRAÍVEIS							
		CE	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	CTC	PST	CaCO ₃	
		dS m ⁻¹	mmol _c l ⁻¹									cmol _c kg ⁻¹				%		
Após a colheita - prof. 0 - 20 cm																		
T ₁ P ₁	7,69	3,52	23,63	3,63	18,26	0,34	4,2	8,9	30	P	8,14	1,17	2,77	0,10	12,18	22,8	P	
T ₁ P ₂	7,86	3,20	3,63	2,38	19,09	0,52	0,0	4,7	18	P	3,28	1,65	0,15	0,11	5,19	2,89	P	
T ₁ P ₃	7,20	2,40	6,88	3,50	0,27	0,37	0,0	2,7	9,5	P	10,64	1,19	1,73	0,07	13,63	12,7	P	
T ₂ P ₁	8,14	2,52	10,0	1,25	18,26	0,46	2,0	11,2	15,5	P	2,51	1,93	1,73	0,20	6,37	27,2	P	
T ₂ P ₂	8,80	2,40	1,13	1,00	23,24	0,46	2,6	13,5	6,5	P	1,88	1,51	1,58	0,23	5,20	30,4	P	
T ₂ P ₃	6,20	0,53	1,13	1,63	2,32	0,18	0,0	1,8	3,25	P	2,37	1,64	0,02	0,07	4,10	0,49	P	
T ₃ P ₁	8,80	1,93	1,38	0,88	19,92	0,33	3,2	13,8	5,75	P	2,01	2,01	3,96	0,19	8,17	48,5	P	
T ₃ P ₂	9,50	1,96	0,63	0,75	20,75	0,34	2,4	12,1	5,0	P	1,36	0,96	3,30	0,12	5,74	57,5	P	
T ₃ P ₃	6,25	0,78	0,75	1,38	5,48	0,18	0,0	2,7	3,75	P	2,82	3,29	0,19	0,10	6,40	2,96	P	
T ₄ P ₁	7,60	2,15	0,63	2,00	21,58	0,31	2,4	13,2	5,75	P	3,70	2,05	1,46	0,23	7,44	19,6	P	
T ₄ P ₂	7,80	1,75	1,38	2,63	20,75	0,75	9,2	7,6	5,0	P	1,85	1,48	2,68	0,17	6,18	43,3	P	
T ₄ P ₃	6,76	0,70	1,5	1,63	3,98	0,51	0,0	2,9	4,25	P	4,15	5,35	0,54	0,09	10,13	5,34	P	
T ₅ P ₁	7,80	2,15	1,5	2,0	20,75	0,43	3,4	14,6	5,25	P	2,62	2,31	1,63	0,31	6,87	23,7	P	
T ₅ P ₂	8,10	1,80	1,38	1,63	17,43	0,27	2,6	12,5	5,25	P	2,97	1,77	1,99	0,17	6,91	28,8	P	
T ₅ P ₃	7,20	1,20	0,75	4,38	7,47	0,24	0,0	5,5	6,0	P	3,71	4,04	0,92	0,22	8,89	10,3	P	
Após a colheita - Prof. 20 - 40 cm																		
T ₁ P ₁	8,53	3,08	1,00	2,38	28,22	0,34	0,0	6,5	21,75	P	2,85	5,45	2,46	0,09	10,85	22,6	P	
T ₁ P ₂	8,22	2,65	0,50	0,88	23,24	0,70	3,0	12,5	7,75	P	1,04	1,23	0,60	0,37	3,24	18,5	P	
T ₁ P ₃	7,00	2,15	4,75	6,75	9,96	0,16	0,0	3,2	15,5	P	2,70	3,25	0,37	0,07	6,39	5,8	P	
T ₂ P ₁	8,70	2,25	1,13	0,88	25,73	0,55	2,2	18,1	5,25	P	1,43	1,17	1,88	0,07	4,55	41,3	P	
T ₂ P ₂	10,00	4,32	1,00	1,00	48,14	0,48	3,8	22,2	20	P	0,96	0,83	2,42	0,29	4,50	53,7	P	
T ₂ P ₃	7,26	1,04	0,63	1,75	8,30	0,19	0,0	4,4	5,75	P	4,94	1,13	1,37	0,13	7,57	18	P	
T ₃ P ₁	9,50	2,40	0,63	1,25	29,05	0,61	2,6	12,4	11,5	P	1,35	1,30	1,29	0,07	4,01	32	P	
T ₃ P ₂	9,65	2,30	0,63	0,88	24,07	0,31	2,6	12,9	7,5	P	1,06	1,10	3,84	0,11	6,11	62,8	P	

T ₃ P ₃	7,75	1,08	0,75	0,63	10,79	0,24	0,0	6,5	6,0	P	2,46	4,35	0,38	0,07	7,26	5,23	P
T ₄ P ₁	9,00	2,07	0,88	1,63	19,09	0,37	2,4	9,3	8,75	P	2,91	2,29	2,03	0,23	7,45	27,2	P
T ₄ P ₂	10,00	3,23	1,75	0,38	40,67	0,21	11,2	12,7	14	P	0,67	1,13	3,58	0,13	5,50	65	P
T ₄ P ₃	7,50	0,73	1,13	0,88	6,23	0,31	0,0	6,3	1,25	P	2,60	4,56	1,94	0,06	9,16	21,2	P
T ₃ P ₁	8,90	2,85	1,25	1,13	31,54	0,36	3,8	14	14,25	P	1,06	1,19	2,39	0,14	4,78	50	P
T ₃ P ₂	8,70	2,50	1,38	1,50	26,56	0,22	2,8	12,6	10,75	P	1,46	1,20	1,69	0,08	4,43	38	P
T ₃ P ₃	7,80	0,68	0,75	1,38	5,81	0,21	0,0	4,1	3,0	P	2,90	3,99	1,84	0,17	8,91	20,6	P
Após a colheita - prof. 40 - 60 cm																	
T ₁ P ₁	9,13	3,22	0,88	2,00	31,54	0,12	0,0	8,0	10	P	2,50	1,13	2,69	0,09	6,41	42,0	P
T ₁ P ₂	9,81	3,15	1,00	0,88	24,07	0,36	2,6	13,3	7,25	P	0,65	1,22	2,70	0,48	5,05	53,4	P
T ₁ P ₃	8,20	2,00	0,88	1,88	14,94	0,07	0,00	2,90	14,00	P	1,64	3,09	1,54	0,07	6,34	24,3	P
T ₂ P ₁	9,92	3,65	1,00	0,50	38,18	0,36	6,00	18,60	9,50	P	0,95	0,99	3,34	0,06	5,34	62,5	P
T ₂ P ₂	10,32	6,67	1,50	0,00	68,89	0,51	19,60	28,80	29,75	P	0,59	0,71	2,50	0,33	4,13	60,5	P
T ₂ P ₃	7,30	0,86	0,75	0,63	6,56	0,30	0,00	1,10	7,50	P	3,10	4,18	0,56	0,05	7,89	7,10	P
T ₃ P ₁	10,22	7,82	0,75	0,63	80,51	0,13	27,40	17,00	37,75	P	0,59	0,92	2,32	0,11	3,94	58,8	P
T ₃ P ₂	10,00	3,60	0,63	0,38	39,01	0,27	4,80	21,00	12,25	P	0,56	0,95	4,49	0,08	6,08	73,8	P
T ₃ P ₃	8,70	1,01	1,13	0,13	11,62	0,24	0,00	6,50	4,50	P	3,09	3,87	2,88	0,08	9,92	29,1	P
T ₄ P ₁	10,00	3,75	0,75	0,38	42,33	0,16	2,80	13,10	25,25	P	1,77	1,64	3,27	0,19	6,88	47,6	P
T ₄ P ₂	10,07	6,47	1,25	0,63	79,68	0,09	43,80	4,50	32,25	P	0,35	0,78	2,90	0,09	4,11	70,4	P
T ₄ P ₃	8,00	0,88	0,88	1,00	7,39	0,34	0,00	7,20	2,25	P	2,23	3,48	3,32	0,06	8,09	28,7	P
T ₃ P ₁	10,00	4,96	0,75	0,50	58,43	0,22	21,40	8,60	30,50	P	1,16	1,02	3,87	0,09	6,15	63,0	P
T ₃ P ₂	10,30	6,70	0,50	1,25	76,36	0,12	27,60	11,00	42,50	P	0,63	0,95	2,57	0,08	4,24	60,7	P
T ₃ P ₃	8,50	1,73	0,75	0,63	15,77	0,21	0,00	5,40	12,75	P	2,15	3,51	1,88	0,11	7,65	24,5	P

A = Ausente

P = Presente