



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE

CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS

**UTILIZAÇÃO DE CORRETIVOS E PLANTAS EM SOLOS
DEGRADADOS POR SAIS**

Patos - PB

2007



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE

CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS

**UTILIZAÇÃO DE CORRETIVOS E PLANTAS EM SOLOS
DEGRADADOS POR SAIS**

ELESNEI RODRIGUES DE OLIVEIRA

Monografia apresentada a
Unidade Acadêmica de
Engenharia Florestal, para a
obtenção do Grau de
Engenheiro Florestal.

Orientador; prof. Rivaldo Vital dos Santos, Dr.

Patos – PB

2007



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2022.

Sumé - PB

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO
CAMPUS DE PATOS - UFCG

O48u
2007

Oliveira, Elesnei Rodrigues.

Utilização de corretivos e plantas em solos degradados por sais. / Elesnei Rodrigues Oliveira. – Patos-PB: CSTR/UFCG, 2007.

47 p.: il.

Inclui bibliografia

Orientador: Rivaldo Vital dos Santos.

Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1 – Reação do solo - Monografia. 2 - Solo – recuperação. I – Título.

CDU: 631.415



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE

CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS

ELESNEI RODRIGUES DE OLIVEIRA

Monografia submetida ao curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para
à obtenção do grau de Engenheiro Florestal.

APROVADO EM

12 / março / 2007

Banca Examinadora

Prof. Rivaldo Vital dos Santos, Dr.

Orientador

Prof. Jacob Silva Souza, Dr.

1 - Examinador

Prof.ª Alana Candeia de Melo, MSc.

2 - Examinadora

AGRADECIMENTOS

A Deus. .

Aos meus pais Jose Rodrigues de Oliveira e Eva Antonia de Oliveira e as minhas irmãs, Elissandra Rodrigues de Oliveira e Elisangela Rodrigues de Oliveira, que me incentivaram nos momentos mais difíceis, para que não desistisse dos meus objetivos, por todo carinho e compreensão, muito obrigado.

Ao meu orientador Prof. Rivaldo Vital dos Santos, por todos os ensinamentos, orientação, compreensão e amizade.

Aos professores Jacob e sua esposa Patrícia, Alana, Romilson, Eder, Paulo Bastos, Joedla, enfim, a todos que contribuíram para a minha formação acadêmica.

A todos os funcionários do CSTR, e em especial, á Edinalva e Damião pela grande amizade e ajuda.

Aos amigos, Gago (Rênio), Gago (Amintas), Marcio, Cauê, Petley, Rafael, Junior, Charles, Luciano, Cesinha, Adriano, Gêmeos, Karla, Arajane, Tatiane, Débora, Mara, enfim a todos que contribuíram de forma direta ou indireta em minha formação

MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

LISTAS DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISAO DE LITERATURA.....	5
3.1 Manejo e Recuperação de Solos Salinos – Sódicos	5
3.2 Uso de Corretivos em Solos Salinizados	5
3.2.1 Efeitos do Gesso Sobre as propriedades químicas do solo Salino - Sódicos	10
3.3 Ácidos.....	14
3.4 Avaliação e Monitoramento da Salinidade do Solo.....	14
3.5 Efeitos dos Sais no Solo e nas Plantas	15
3.6 Disponibilidade de Nutrientes.....	18
4. MATERIAL E METODOS	20
4.1 Localização do experimento	20
4.2 O Solo; localização, amostragem e caracterização	20
4.3 Aspectos gerais da pesquisa.....	20
4.4 Ensaio preliminar	21
4.5 Aplicação de Corretivos	21
4.6 Delineamento Experimental.....	22
4.7 Cultivo.....	22
4.8 Análise Estatística.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Caracterização Química dos solos.....	23
5.1.1. Extrato de Saturação.....	23
5.1.2. Teores Trocavéis	24
5.2. Estudos de correlação.....	25

5.3. Experimento I	26
5.3.1. No pH	26
5.3.2. Nas Plantas	29
5.4. Experimento II.....	31
5.4.1. Caracterização Química.....	31
6. Efeitos dos Corretivos	32
6.1. No pH	32
6.2. Nas Plantas	34
7. CONCLUSÕES.....	37
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos cinco grupos de solos coletados em São Gonçalo	23
Tabela 2. Caracterização Química dos cinco grupos de solos, segundo PST, utilizado no experimento.....	24
Tabela 3. Doses de ácido que deixaram o pH á 6,5	28
Tabela 4. Efeito do ácido sulfúrico e de diferentes PST no crescimento das mudas de Algaroba	30
Tabela 5. Caracterização Química do experimento II	31

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1.** Variação dos valores de pH, CE e dos teores de Ca e Mg, segundo diferentes valores de PST dos solos 26
- Figura 2.** Variação do pH em relação a aplicação de níveis crescentes de ácido sulfúrico em solos com diferentes PST 28
- Figura 3.** Efeito das doses crescentes de gesso sobre o pH do solo do experimento II 33
- Figura 4.** Efeito das doses crescentes de ácido sulfúrico no pH do solo do segundo ensaio 34
- Figura 5.** Relação entre os níveis crescentes de tratamento gesso na produção de material vegetal seco 36
- Figura 6.** Relação entre os níveis crescentes de tratamento ácido na produção de material vegetal seco..... 36

RESUMO

A degradação ambiental é um grave problema de abrangência mundial, dentre os problemas existe a salinização e sodificação dos solos que limita a disponibilidade de nutrientes e reduzem o desenvolvimento das plantas. O objetivo do trabalho foi estabelecer a dose de ácido sulfúrico a ser utilizada na correção das propriedades químicas de solos salinizados com reação básica, efetuar análise comparativa entre os corretivos gesso e ácido sulfúrico, quando aplicados em solos salinizados e analisar a influência de doses crescentes de gesso e ácido sulfúrico no crescimento de plantas cultivadas em solos salinizados. O solo foi coletado no perímetro irrigado de São Gonçalo, a uma profundidade de 20 cm. O experimento constou de dois tipos de corretivos (gesso e ácido sulfúrico), com quatro doses e três espécies (algaroba, moringa e feijão vigna). Concluiu-se que a aplicação de ácido em solos salino-sódicos reduz o pH do solo mais fortemente que o gesso. A aplicação de doses crescentes de gesso e ácido sulfúrico no solo proporcionou aumento na produção de matéria seca vegetal tanto da algaroba, moringa e feijão vigna.

ABSTRACT

The environmental degradation is a serious problem of world inclusion, among the problems the salinity and of sodium of the soils that it limits the readiness of nutrients exists and they reduce the development of the plants. The objective of the work was to establish the sulfuric acid dose to be used in the correction of the chemical properties of saline-sodics soils with basic reaction, to make comparative analysis between the punishments gypsum and sulfuric acid, when applied in soils saline-sodics and to analyze the influence of growing doses of gypsum and sulfuric acid in the growth of plants cultivated in soils. The soil was collected in the irrigated perimeter of São Gonçalo, the a depth of 20 cm. The experiment consisted of two types of amendments (gypsum and sulfuric acid), with four doses and three species (*Prosopis*, *Moringa* and *Vigna*). The acid application in saline-sodic soils reduces the pH of the soil more strongly than the gypsum. The application of growing doses of plaster and sulfuric acid in the soil provided increase in the production of vegetable dry matter so much of the *Prosopis*, *Moringa* and *Vigna* .

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um problema de abrangência mundial que ocorre, sob várias intensidades, principalmente nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, sendo resultante de vários fatores, entre os quais as variações climáticas e as atividades humanas. Pela degradação das terras entende-se a redução ou perda, nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das terras agrícolas irrigadas, das pastagens naturais, das pastagens semeadas, das florestas e das matas nativas devido ao sistema de utilização da terra ou a um processo ou combinação de processos, incluindo os que resultam da atividade do homem e das suas formas de ocupação do território, tais como: a erosão do solo causada pelo vento e/ou pela água; a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo, e a destruição da vegetação por períodos prolongados.

A salinidade e a sodicidade são condições do solo que ocorrem principalmente nas regiões áridas e semi-áridas da terra, às quais situam-se entre as latitudes 10° e 40°, em ambos os hemisférios, e perfazem aproximadamente 55% da área total afetada das terras do globo. Uma avaliação nessas áreas revelam que os solos afetados por sais ocupam uma superfície de 952,2 milhões de hectares, constituindo 7% da área total das terras ou 33% dos solos potencialmente aráveis do mundo (GUPTA & ABROL, 1990).

No Brasil as áreas salinas localizam-se na região Nordeste ou mais especificamente nos perímetros irrigados, encontrados no Polígono das Secas, que perfazem 57% da área total da região semi-árida. PEREIRA et al. (1986) citam um levantamento segundo o qual a área de solos afetados por sais no Brasil é superior a 9,1 milhões de hectares. São vários os perímetros irrigados no Nordeste: Morada Nova- CE (3611 há), Lima Campos- CE (3553 há), Moxotó-Pe (2462 há), Curu Paraibana-Ce (1941 há), São Gonçalo- PB (4600 há), Sumé- PB (147 há) e capoeira- PB (320 há). Na Paraíba a avaliação de 850 há no perímetro irrigado de São Gonçalo, revela que 40% da área é afetada por sais (CORDEIRO et al, 1988).

A precipitação limitada nessas regiões, associada à baixa atividade bioclimática, ao menor grau de intemperização, a drenagem deficiente e a utilização de água de má

qualidade, conduzem à formação de solos com alta concentração de sais. Além das modificações químicas e físicas dos solos sódicos, a irrigação desses solos com água que nem sempre é indicada para a agricultura irrigada proporciona aumento da concentração de sais. Por isso sempre a qualidade de água se constitui um ponto de estrangulamento, que compromete o sucesso dos empreendimentos agrícolas irrigados, como observou Freire (1992). Nesse sentido Gões (1978) ao estudar o nível dos problemas de sais em diversos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro, chegou a conclusão de que cerca de 25% das áreas irrigadas são salinizadas. O excesso de sais e de sódio trocável, o alto pH, as propriedades físicas indesejáveis e a reduzida disponibilidade de nutrientes limitam o desenvolvimento das culturas em tais solos. As culturas desenvolvidas nesses solos, invariavelmente, sofrem desordens nutricionais.

O nível de alcalinidade do solo está relacionado com o aumento da concentração de sódio trocável no complexo sortido do solo. De acordo com Mozheiko (1969), Szabolcs (1971) e Tanji (1990), os solos salino- sódicos e sódicos (alcalinos) ao provocar a dispersão das argilas, paulatinamente estas vão sendo carreadas para as camadas adensadas ou impermeáveis. Quimicamente o material de solo dessas camadas é rico em sódio intercambiável, bicarbonatos, carbonatos e com pH alcalino (Kodva & Samoilova, 1969; Silva, 1978 e Sabolcs, 1983). Do ponto de vista físico os solos alcalinos na grande maioria dos casos, possuem reduzida taxa de infiltração e alta capacidade de retenção de água, baixa porosidade, permeabilidade e drenagem, o que dificulta a lixiviação dos sais. Essas situações fazem com que o manejo desses solos seja complexo, interferindo negativamente na produção dos cultivos (Kodva, 1964; Carter, 1973; Abrol & Bhumbla, 1973 e Oster & Frankel, 1980). A baixa produtividade das culturas, principalmente nos perímetros irrigados é de ocorrência comum e o subsequente abandono das terras é uma prática rotineira. A utilização de corretivos neutros, o gesso, ou de reação ácida, o H_2SO_4 , constituem alternativas para a recuperação desses solos, além disso, é imprescindível que se desenvolvam estudos no sentido de buscar espécies que mais se adaptem sob as condições salinas, de modo que áreas degradadas voltem a ser produtivas. Só assim pode-se justificar o elevado investimento inicial nos perímetros irrigados, evitar um grave problema social para as famílias de agricultores que exploram tais áreas, e também reduzir o impacto ambiental provocado pelo acúmulo de sais na superfície do solo.

A salinidade é um dos fatores mais severos e prejudiciais que limitam o crescimento das plantas, devido a sua intrínseca interrelação com a absorção de água e de

nutrientes pelas plantas, e por seus efeitos se fazerem presentes, mesmo a baixa e moderada concentrações na solução do solo. O crescimento vegetal é adversamente afetado quando a concentração de íons específicos (Cl, B, Na etc.) excedem um certo limite e se tornam tóxicos. Os sais podem também reduzir o crescimento das plantas devido a uma significativa redução do potencial de água ou por interferir na disponibilidade de nutrientes. A concentração de sais ou de íons específicos nos quais esses efeitos se verificam depende da capacidade genética das espécies, do estágio de crescimento, das espécies, das interações ambientais e das espécies de íons predominantes na solução do solo. A literatura cita tabelas relacionando espécies tolerantes à salinidade (TANJI, 1990), mas em sua maioria são culturas agrícolas anuais.

2. OBJETIVOS

Quantificar a dose de ácido sulfúrico que provoca a redução do pH a 6,5.

Estabelecer um procedimento para recomendar a dose de ácido sulfúrico a ser utilizada na correção das propriedades químicas de solos salinizados com reação básica.

Efetuar análise comparativa entre corretivos, gesso e ácido sulfúrico, quando aplicados em solos salinizados, no que se refere a disponibilidade de nutrientes.

Analisar a influência de doses crescentes de gesso e ácido sulfúrico no crescimento de plantas cultivadas em solos salinizados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Manejo e recuperação de solos salino-sódicos

El- Swaify & Swundale (1968) ao estudarem a dispersão de argila em solos irrigados verificaram que os efeitos da concentração salina é menos prejudicial que o sódio adsorvido ao complexo argílico do solo. Para Emerson et al. (1978) e Fassbender & Bornemista (1987) os solos salino-sódicos sofrem maiores efeitos dos sais sobre a dispersão e sobre a floculação das argilas do que os solos sódicos. Do ponto de vista de recuperação os salino-sódicos são menos problemáticos que os sódicos, uma vez que estes apresentam menor grau de floculação que se reflete numa menor dinâmica de água.

Qualquer que seja a técnica de recuperação de um solo alcalinizado ela está sempre associada ao manejo atribuído. Dessa forma não se pode recuperar as condições agrícolas de um solo alcalinizado (salino- sódico ou sódico) sem a doação de um sistema de drenagem, aplicação de corretivos químicos, ou de matéria orgânica, ou de todos conjuntamente, sem utilizar uma metodologia de revolvimento do solo, método de fornecimento de água, turno de rega, seleção de cultura, além de outras doações tecnológicas a cada situação.

Independente da técnica de manejo e recuperação, o objetivo é transformar o solo salino- sódico num solo normal, isto é, sem riscos de sais, ou em um solo ainda com problemas de natureza tóxica e osmótica, mas que permitam a germinação, crescimento e produção da maioria das plantas cultivadas como verificaram Pereira & Silva (1977) e Pereira et al. (1986).

3.2 Uso de corretivos em solos salinizados

Solos salino- sódicos apresentam em seus perfis sais solúveis diversos que elevam a pressão osmótica do solo, e também o acúmulo específico de sais de sódio que acarretam deteriorações química e física, representadas especificamente, por desbalanços iônicos e dispersão de argila. A presença de camadas adensadas reduz a macroporosidade do solo, restringindo o fluxo d'água e de nutrientes e, conseqüentemente, o crescimento das plantas.

Diversas são as técnicas utilizadas para a redução dos riscos de alcalinidade dos solos. Kodva (1964) e Damaceno (1978) enfatizaram que qualquer tratamento de um solo salino-sódico ou sódico não terá efeito significativo caso não haja drenagem que permita a lixiviação dos sais resultantes do processo de troca catiônica, entre o sódio adsorvido no complexo sortido e o cálcio do corretivo. Dentre as técnicas, existem as de natureza física ou mecânica que tratam da melhoria da estrutura do solo, como subsolagem, aração e gradagem (Pizarro, 1978); e as de natureza química, que consistem na aplicação de corretivos químicos, como cloreto de cálcio, enxofre, ácido sulfúrico, gesso agrícola, além de outras como sulfato de alumínio. Esses corretivos são usados com a finalidade de transformar o sódio trocável em solúvel e portanto, passível de ser lixiviado (Tanji, 1990). Existe ainda o uso de plantas de sistema radicular profundo e ativo, com o objetivo de auxiliar na melhoria físicas dos solos.

Na recuperação dos solos salino-sódicos, por apresentarem teores elevados de sódio trocável, além da aplicação de corretivos químicos necessita de um sistema de drenagem eficiente para permitir a lixiviação dos sais (Richards, 1954 e Daker, 1970).

Para a correção dos solos salino- sódicos e sódicos por conveniência de custos econômicos e disponibilidade, o corretivo mais utilizado, apesar da baixa eficiência, é o gesso agrícola (Govinda Rajan & Murthy, 1969).

O gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sal neutro com solubilidade de aproximadamente 2.1g/litro, a 25°C. é utilizado por todo mundo como fonte de cálcio, responsável pelo deslocamento do sódio trocável durante a correção dos solos sódicos ou salino- sódicos (SHAINBERG et al., 1989). O íon sulfato tende a neutralizar o sódio em solução, originando o sulfato de sódio decahidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) que após a adição de água, é lixiviado.

A literatura que trata dos efeitos do gesso na correção do solo sódico ou salino - sódico é ampla. Os trabalhos são unânimes que a aplicação do gesso ao solo propicia um rápido deslocamento inicial do sódio nos pontos de troca, e que sua ação continua a existir ao longo do tempo, porém mais lentamente. (GRAVELAND & TOOGOOD, 1963) concluíram, em estudos de laboratório, que o gesso é eficaz corretivo em solos solonéticos, onde o sódio trocável não excede 20-25% da capacidade de troca de cátions. Constataram que a solubilidade efetiva do gesso no solo foi a metade de sua concentração em solução saturada. Para Szabolcs (1974) conforme a concentração de argila, um solo

salino-sódico pode apresentar elevado teor de microporos que resulta numa alta força de retenção de água. Nesse sentido a aplicação do gesso provoca, apesar de lentamente, a troca de sódio trocável do solo pelo cálcio do corretivo promovendo a dispersão da argila floculada e conseqüentemente, há uma melhoria na capacidade de drenagem do solo, reduzindo a força de retenção da água, como observaram Kanwar & Bhumbla (1969).

Pratter et al. (1978) avaliando a eficiência de vários produtos na correção de solos sódicos, constataram que a quantidade de sódio na solução eluída, em valores acumulados, aumentou no decorrer do tempo, principalmente quando o melhorador utilizado foi o gesso. A quantidade de gesso dissolvido é função linear dos moles de Na^+ trocável substituídos. Tal constatação foi verificada por (Oster & Frenkel, 1980) após homogeneização do gesso em soluções de sais sódicos. Acrescentam que há uma redução na eficiência de dissolução do sulfato de cálcio com o decréscimo da concentração de sódio trocável. Os autores sugerem que há uma reação do sódio com o sulfato formando o complexo NaSO_4^- . Durante a correção de solos salino- sódicos a solubilidade de gesso é aumentada pela redução do coeficiente de atividades do cálcio e sulfato na solução. O aumento da força iônica da solução, com o tempo tende a reduzir a solubilidade. QUIRK & SHOFIELD (1955) afirmaram que a solubilidade do gesso, durante o processo de lixiviação de sais, tende a apresentar valores que equivalem a metade daquela de seu ponto de saturação. Outros autores citam a disponibilidade do gesso aumenta na presença de NaCl até o limite de 3N (GLEW & HAMES, 1970).

HIRA & SINGH (1980) relatam que a concentração de sulfato na solução eluída de colunas de solo tratados com o gesso aumentou juntamente com o PST do solo, indicando maior solubilidade do gesso a valores de 94% do Na^+ trocável. Relatam, ainda que a adição de 40mm de água foi suficiente para solubilizar o gesso de $\phi < 0.26$ mm. KEREN & SHAINBERG (1981) testando a eficiência de três fontes de cálcio (gesso, fosfogesso e sulfato de cálcio), na permeabilidade de um solo com PST 30, concluíram que a taxa de dissolução do gesso e a permeabilidade do solo aumentaram com a concentração de NaCl das soluções a que foi submetido. A solubilidade do gesso, a 20°C , varia de 2,10 para 7,3g/l respectivamente, quando na ausência e presença de solução NaCl de concentração 131,6 g/l (DURANG, 1983). MANN et al. (1982), após aplicação de 40t/há de gesso em solos sódicos, verificaram uma substituição de 7,4 meq/100g de Na. Acrescentaram que houve inicialmente redução mais acentuada da PST, diminuindo em seguida. Explicaram que a permuta de sódio pelo cálcio dentro das unidades estruturais das argilas é um

processo lento. CHHABRA & ABROL (1977) estudaram o efeito das plantas na correção de solos sódicos com crescente PST (0;10,5; 29,9;46,0 e 93,3). Constataram que na dose máxima de sódio ocorreu lixiviação de 317 e 162 meq/100g de sódio, respectivamente nas parcelas com e sem cultivo de arroz. Além disso, relataram que o simples aumento da permeabilidade não é suficiente para a correção de solos sódicos, pois o sódio adsorvido será lixiviado por fluxo de massa apenas após ser deslocado pelo cálcio. Já SWARUP (1985) observou substancial redução na PST após cultivo de arroz, em solo sódico calcário. SHARMA & GUPTA (1986) estudaram o efeito do gesso na correção de solos vérticos (pH=8,5 CE=7,2 mmhos/cm e PST=60). Aplicaram gesso nas doses 25,50 e 75% da sua necessidade máxima e constataram redução do pH e da CE com o aumento da dose. A inundação das parcelas testemunhas com água também resultou numa redução da CE de 7,2 para 5,2mmhos/cm e aumentou os teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ em 85%. A incorporação do gesso em solo salino - sódico normalmente revela maior eficiência de substituição de sódio trocável e no efeito eletrólito.

TIWARI et al (1983) incorporaram quatro níveis de gesso (0, 11, 22 e 33t/há) em vertissol salino- sódico (pH= 9,1; CE=6,1 ds/m e Na^+ = 55,6 meq/100g). As doses crescentes de gesso reduziram os teores de sódio trocável, respectivamente para 45,32 e 24meq/100g. CAVALCANTE & SILVEIRA (1983) utilizaram duas doses de fosfogesso na correção de um solo salino- sódico. Verificaram efeitos promissores do corretivo na redução do cloreto e condutividade elétrica do solo e aumento na concentração de cálcio e sulfato nas soluções eluídas. Após análise de solução eluída de solo sódico, previamente corrigido cm 00, 25, 50, 100 e 200% da necessidade máxima de gesso, CHHABRA et al. (1981) observaram que nas soluções que receberam os níveis 100 e 200% o pH foi inferior a 9, enquanto aquelas cm 25 e 50% o pH foi de 10. A drenagem subsuperficial em solos sódicos, sem aplicação prévia de gesso, revelou dois anos menor eficiência na redução da condutividade elétrica, pH e PST do que quando foi incorporado o gesso (FIRAKE & PAMPATTIWAR, 1991). EMERSON (1994) conclui, em revisão de literatura, que quando o cálcio é substituído pelo sódio, as ligações entre as partículas de argila são enfraquecidas. Explica que nesse caso os íons de sódio são ligados fracamente às superfícies das argilas. O maior grau de hidratação do sódio acentua esse processo.

Além de participar nos processos relativos às trocas, o gesso aplicado em solo salino- sódico acarreta a concentração de eletrólitos na solução do solo. Na realidade os dois processos ocorrem simultaneamente. Sua ação conjunta proporciona maior

neutralização e remoção, tanto de sódio trocável quando de outros íons, tais como magnésio e cálcio. Portanto, após a percolação de água em solo salinizado, outros sais, além dos de sódio, são lixiviados. A mineralogia predominante no solo influi na correção de solos afetados por sais.

A aplicação de vários níveis de gesso (0,05 1,0 e 2,0%) em solo salinizado com solução NaCl-MgCl₂ revelou que o CaSO₄ · 2H₂O teve pouco efeito no movimento de sódio no solo, obtendo-se maior deslocamento no magnésio (DUTT, 1964). Outros trabalhos indicam substituição parcial do sódio e magnésio após aplicação de soluções com crescentes concentrações de gesso (CHAUDHRY & WARKENTIN, 1986). Estes acrescentaram que solos com predominância de ilitas e montmorilonitas tendem a apresentar menor remoção de Na⁺ trocável.

O gesso aplicado em solos salino-sódicos além de fornecer cálcio para substituir o sódio trocável, também influi positivamente na lixiviação dos sais diversos por elevar a concentração de eletrólitos na solução do solo, aumentando sua permeabilidade. Há possibilidade que grande parte da resposta inicial do gesso resulta de seu efeito na concentração de eletrólitos. McNEAL & COLEMAN (1966) observaram que a velocidade de percolação da água através do solo foi reduzida com decréscimo na concentração de salina na solução utilizada. Tal efeito foi mais pronunciado nos solos com predominância de argila, minerais 2:1 especialmente montmorilonita. LOVEDAY (1976) verificou que adição de gesso (12,5t/há) em solos sódicos provocou aumento significativo infiltração devido ao aumento da condutividade elétrica (efeito eletrólitos), o qual é rapidamente reduzido após a lixiviação do gesso. Acrescenta que seu efeito nas trocas iônicas é mais lento e prolongado, e que 1/3 a 1/2 do cálcio usado desloca o magnésio. Tais resultados estão de acordo com aqueles de ARMSTRONG & TANTON(1992), os quais citam que 64-74% do cálcio aplicado via fosfogesso foi usado em processo de trocas, e que 1/3 do cálcio adsorvido deslocou o magnésio trocável. Outros trabalhos também indicam que o cálcio do gesso substitui o magnésio trocável (EMERSON & CHI, 1977). Acrescentaram que esse processo é de menor importância e seus benefícios práticos são insignificantes comparados com o deslocamento do sódio trocável. AYLMORE & SILLS (1982) observaram efeito prejudicial do magnésio trocável, quando comparado com o cálcio, na estruturação do solo, independente dos valores do PST das amostras de solo analisadas. A aplicação de 15t/há de gesso resultou em significativa redução na concentração de sódio trocável nos primeiros 25cm do solo (GREENE & FORD, 1985). Relatam que do gesso

dissolvido 53% estava envolvido em trocas iônicas, o qual representa uma eficiência de troca de 26-34% no que refere a substituição do sódio pelo cálcio. Comentam ainda que a remoção do sódio, quando o PST é inferior a 10, é lenta, porque parte do cálcio aplicado desloca o magnésio trocável.

A capacidade do solo em responder à correção em gesso é uma decorrência da intensidade com que o solo libera eletrólitos para a solução do solo. SHAINBERG et al. (1982) constataram que em solos menos intemperizados, ricos em CaCO_3 , o gesso tem menor efeito na redução da condutividade hidráulica. Já em solos menos concentrados em eletrólitos, o melhorador químico foi mais eficaz na melhoria da permeabilidade do solo. SILVA et al. (1991) verificaram, em três solos aluviais de diferentes texturas, equilibradas em 25 soluções salinas, haver maior afinidade pelo sódio trocável e remoção do mesmo com o aumento da concentração eletrolítica da solução em equilíbrio. Adicionando soluções salinas com diferentes RAS em amostras de terra provenientes de áreas sob pastagens, cultivo anual e do horizonte, BLACK & ABDULHAKIN (1984) verificaram que as maiores diferenças entre as permeabilidades das amostras ocorreram nas menores concentrações de eletrólitos. A 5meq/litro de sais não ocorreu diferenças entre as permeabilidades dos três solos. Acrescentaram que a permeabilidade decresceu na ordem: pastagens>cultivo>superfície. Aplicando solução salina em colunas de solo, OSTER & SHROER (1979), verificaram que a concentração de cátions afetou significativamente a velocidade de infiltração d'água no solo, mesmo a baixos níveis de RAS (2 <RAS> 5). Comentam que a taxa de infiltração diminui com o aumento do RAS e com a redução da concentração iônica. O efeito da concentração de eletrólitos na taxa de infiltração foi estudada por AGASSI et al. (1981), constataram que a infiltração d'água no solo foi de 2,3; 0,7 e 0,6 mm/hora, respectivamente a 2,2; 4,6 e 11,6% PST do solo. MISOPOLINOS (1985) adicionou água salina com a mesma concentração de cálcio, na correção de solos sódicos. Constatou redução na concentração de sódio trocável na solução eluída à medida que a diluição da solução foi aumentada.

3.2.1. Efeito do gesso sobre as propriedades químicas dos solos salino-sódicos

A melhoria química dos solos salino- sódicos está relacionada com a diminuição dos teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos e, além de outros sulfatos. A redução na concentração iônica, induz a queda na condutividade elétrica da solução do

solo, objetivando, com o tempo a germinação das sementes, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

De acordo com Rhoades (1968) citado por Anjos (1993) a aplicação do gesso agrícola em solos alcalinizados, como salino- sódico, reduz o pH, a percentagem de sódio trocável e a melhoria química. Conforme vários pesquisadores, essa melhoria está na dependência da melhoria física, para que haja lixiviação dos sais solúveis através da drenagem (Silva, 1987 e Khosla et al., 1979).

A correção de solos salino- sódicos objetiva eliminar excessos de sais solúveis e sódio trocável. No caso específico de solos sódicos a neutralização e lixiviação do sódio é meta prioritária. Nesse processo exige-se a aplicação de gesso que, seja através de substituições iônicas ou por elevar a concentração de eletrólitos na solução do solo, reduz o efeito prejudicial do sódio no solo e conseqüentemente a dispersão de argilas. Tal dispersão é influenciada ainda pela presença de outros íons no complexo de troca principalmente o magnésio, e também pela mineralogia e reação do solo. O cálcio, que reduz a dispersão das argilas, pode ser fornecido através da aplicação do gesso, ou pode ser oriundo de processos de intemperismo do solo.

Segundo Rhodes et al. (1968) solos de formação recente liberam de 3 a 5mmol/l de cálcio e magnésio para a solução como resultado da dissolução de plagiocásios, hornblenda e outros minerais. Resultados obtidos por Emerson & Bakker (1973, demonstraram que as diferenças na dispersão de agregados em água são devidos principalmente à composição de cátions nos sítios de troca. Acrescentaram que em agregados saturados com Na-Ca o valor foi de 5. A mesma tolerância foi verificada por outros pesquisadores. Esses comentam que em solos com predominância de magnésio adsorvem mais sódio que àqueles com cálcio (RAHMAN & ROWELL, 1979), reduzem a condutividade hidráulica do solo (MCNEAL et al., 1968).

Outros relatos (ROWELL & SHAINBERG, 1979; ALPEROVITCH et al., 1981; RENGASAMY, 1983) sugerem que os solos com fração argiloso com predominância de magnésio podem dispersar mais àquelas com cálcio, isso quando a concentração de eletrólitos é baixa. O efeito específico dos íons de magnésio deve-se a sua capacidade de proporcionar maior concentração de sódio no complexo de troca do solo, quando comparado com o cálcio. A presença de sódio acelera a dispersão das partículas do solo, restringindo sua porosidade. Tal efeito é reduzido quando a composição da solução da solução do solo aproxima-se da concentração crítica de eletrólitos (QUIRK, 1994). A presença do cálcio no complexo de troca após substituir o sódio reduz a espessura da dupla

camada difusa e a dispersão de argilas (RIMMER & GREELAND,1976). A dispersão e agregação das argilas em solos esmestíticos são determinadas principalmente pela presença de sódio no complexo de troca e muito pouco pelo pH do sistema, mas em solos cauliniticos a dispersão é predominante determinada pelo pH (CHURCHJMAN et al., 1993) e pela presença de ânions derivados da matéria orgânica (SHANMUGANATHAN & OADES,1983). GUPTA et al. (1984), após saturar solos com soluções que apresentavam crescentes alcalinidades (pH 6,0 a 10,8), concluem que a elevação do pH e do RAS aumentou a dispersão da argila. Segundo OSTER et al. (1980) a dispersão da argila é aumentada pelo sódio trocável e a presença do cálcio tende a aumentar a floculação, principalmente quando a solução do solo apresenta baixa concentração iônica. Comentam também que os valores de floculação para argilas ilíticas, saturadas por cálcio e sódio, foram respectivamente 0,25 e 55mol./m³. Nestes casos o gesso é mais eficiente na melhoria da permeabilidade do solo sódico (SHAINBERG et al., 1982), especialmente quando os solos exibem menor capacidade de liberar eletrólitos para a solução.

FRENKEL et al.(1982) verificaram que a quantidade de cloreto de sódio exigido para flocular uma suspensão com caulinita e sódio é menor que àquela para flocular suspensão com montmorilonita e sódio. Já GOLDBERG & FORSTER (1990), estudando floculação de argilas de solos oriundos do semi-árido, constataram que o valor de floculação aumentou juntamente com o pH e o RAS, independente do mineral de argila predominante. Esses acrescentaram que a dispersão da argila do solo é influenciada apenas pela presença de sódio mas por sua reação: houve aumento na dispersão da argila quando o pH variou de 6,5 para 10,5 em solo saturado por sódio.

Conforme Bakker & Emerson (1973) a aplicação de gesso agrícola em solos salino-sódicos, que por serem ricos em sódio trocável possuem uma dupla camada iônica mais espessa, promove com a ação do cálcio, redução dessa camada que se reflete numa maior concentração salina na solução do solo através da lavagem e lixiviação, esses solos poderão atingir níveis que permitam a sobrevivência de vegetais mais sensíveis à salinidade. Outra função do gesso é transformar em sulfatos parte dos carbonatos de sódio que são precipitados ou lixiviados (Khosla & Abrol, 1972).

O grau de floculação dos solos afetados por sais diminui com o aumento da condutividade elétrica da solução. Assim um solo sódico possui menor grau de floculação de argila que um solo salino-sódico e portanto menor permeabilidade e movimento de água ao longo do perfil, como observaram Szabolcs (1983) e Melo et al., (1988). Para

Fassabender & Bornemisza (1987) a lavagem carrega os sais solúveis e afeta negativamente a espessura da dupla camada iônica, que é o fator responsável pelos processos de floculação e dispersão das argilas. Esses problemas nas áreas irrigadas da região semi-árida, conforme Chandhry & Warkentin (1968) torna-se mais graves porque, em geral, os solos possuem argilas do grupo montmorilonita, onde o processo de troca iônica desses solos é lenta. Enquanto na argila caulinita são necessários 2 meq de cálcio para substituir 1 meq de sódio, na montmorilonita a relação é de 6 meq para 1 meq de sódio.

Morais (1990) forneceu gesso agrícola a um solo salino- sódico de condutividade elétrica (CE) de 26,0 dS/m e percentagem de sódio (PST) da ordem de 50%, teor de sódio 236 meq/l, de carbonato 6,38 meq/l e de bicarbonato 13,41 meq/l e ao final do ensaio os referidos valores foram reduzidos para, CE até 8,6 dS/m; PST=10,16; Na^+ =33,95; Cl^- = 9,58 meq/l; CO_3^{2-} = 1,33 meq/l e HCO_3^- = 9,58 meq/l respectivamente.

Araújo (1992) num dos tratamentos submetidos a um solo salino- sódico incorporou gesso e constatou que a condutividade elétrica do solo foi reduzida de 22 dS/m para 4,01 dS/m e a PST de 45,54% para valores abaixo de 15%, indicando melhoria nas propriedades químicas do solo.

Sampaio (1993) ao tratar um solo salino-sódico com gesso verificou que apesar do corretivo Ter promovido melhoria da condutividade hidráulica e redução da dispersão de argila e retenção de água, a diminuição da condutividade elétrica (CE) e da percentagem de sódio trocável do extrato de saturação, não foram suficientes para garantir melhoria das características físicas do solo.

Para Sampaio (1988) nem sempre a aplicação de gesso agrícola, a um solo salino-sódico ao nível de 100% de sua exigência de cálcio, produz resultados positivos, na melhoria das propriedades físicas. Concluiu o autor que o maior declínio na retenção de água, 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.

Morais (1990) forneceu gesso agrícola a um solo salino- sódico, incorporando-o a 10cm de profundidade e aplicando-o na superfície e verificou maior eficiência sobre a condutividade hidráulica e lixiviação dos sais, quando o corretivo foi incorporado. Verificou também, aumento mais significativo para este método de aplicação do gesso sobre o aumento da macro e redução da microporosidade quando a umidade foi mantida próxima ao valor da capacidade de campo.

3.3 Ácidos

Além do emprego dos sais, tais como CaCl_2 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, podem ser utilizados ácidos neutros ou produtos de reação ácida visando estudar o seu efeito no crescimento das plantas. Entre esses destacam-se o H_2SO_4 , a pirita e o enxofre elementar. YAHIA et al. (1975) aplicaram H_2SO_4 (1, 5, 10, 15 e 20 t/há) e gesso (1,75; 8,75; 17,5; 26,2 e 35t/ha) em solos com PST variando de 0,4 a 100. Os resultados indicaram que o H_2SO_4 superou o gesso quanto ao efeito na melhoria da permeabilidade do solo à água, especialmente nos valores mais alto de PST. NIAZI et al (1992) avaliaram a influência do H_2SO_4 (100 e 200kg/há) e HCl (325 e 650kg/há) em solo salino-sódico, em combinação com sulfato de amônio e cloreto de amônio como fonte de nitrogênio (126kg/ha de N), na produção de arroz. Os resultados obtidos indicaram que ambos os corretivos misturados com as fontes nitrogenadas e superfosfato simples (50kg/ha) aumentaram significativamente a produção de arroz, com clara superioridade do H_2SO_4 . JONES et al (1993) constataram, 28 dias após aplicação do soro (ácido) de requeijão em solo sódico, que ocorreu aumento na produção de matéria seca de cevada. A adição de 0, 25, 50 e 100 mm de soro proporcionou, respectivamente, valores de produção de matéria seca de 0,54; 0,72; 2,0 e 1,4 kg/m². Constataram ainda redução no PST, RAS e pH do solo devido a aplicação do corretivo. ZAITER & SAADE (1993) estudando a interação com o fósforo (1, 10 e 100µM de H_3PO_4) e salinidade (10, 50 e 100mM de NaCl) constataram que a tolerância do feijão a salinidade com os níveis de fósforo, resultando em uma maior produção de matéria seca e redução de injúria da parte aérea.

3.4 Avaliação e monitoramento da salinidade do solo

O monitoramento da salinidade requer a aplicação de técnicas rápidas e apropriadas de avaliação e análise dos dados. A avaliação tem como objetivo identificar os fatores que contribuíram e/ ou estão contribuindo para aumentar o grau de salinidade. Esta é uma propriedade bastante variável no espaço e no tempo devido a natureza dinâmica dos efeitos e interações de diversos fatores edáficos (permeabilidade do solo, nível do lençol freático, etc.), climáticos (quantidade de distribuição das chuvas, umidade relativa, temperatura, etc.) e ação do homem (irrigação, práticas culturais, etc.). Devido a grande variabilidade normalmente encontrada nos parâmetros de avaliação da salinidade, análise

dos dados requer habilidade, conhecimento, muita experiência e utilização de recursos computacionais, além de técnicas estatísticas adequadas (QUEIROZ et al.,1997).

Segundo RAIJ (1991) diversas medidas de laboratório são usadas para avaliar a salinidade do solo, sendo as mais importantes o pH, CEes e a PST. Para avaliar o perigo de sodificação do solo pelo uso da água de irrigação utilizam-se outro índice chamado relação adsorção de sódio (RAS). Para CAVALVANTE (1980) um diagnóstico para ser criterioso deve conter o máximo de informações do solo e das amostras coletadas, para análises físicas (textura, infiltração, permeabilidade, condições de drenagem natural e artificial) e químicas (dados do complexo sortido e dos obtidos do extrato de saturação como condutividade elétrica, pH, teores de K^+ , Na^+ , Ca^{++} , SO_4^- , CO_3^- , HCO_3^- e Cl^- , RAS e PST.

A determinação da salinidade é geralmente feita a partir de medidas da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) ou da condutividade elétrica em diferentes relações solo; água. A condutividade elétrica de uma solução varia proporcionalmente à sua concentração iônica, sendo sua magnitude dependente da temperatura da solução, cargas das espécies iônicas, mobilidade de cada íon, distância entre eletrodos usados na medida e área efetiva de eletrodos (FERREIRA, 1997). À medida que o solo perde umidade, o valor da condutividade elétrica tende à aumentar devido o aumento da concentração da solução. Por esta razão, em estudos sobre o efeito da salinidade sobre as plantas é necessário determinar a CE na faixa de umidade do solo na qual a planta se desenvolve.

O nível de sais na zona radicular deve ficar abaixo do nível nocivo às plantas cultivadas. Assim, o monitoramento direto da salinidade na zona radicular é recomendado para avaliar a eficiência dos diversos programas de manejo na área irrigada (Rhoades, citado por Queiroz et al.,1997)

3.5 Efeitos dos sais no solo e nas plantas

Muitos problemas relacionados com excesso de sais e sódio trocável são inerentes ao solo no estado virgem. Outros, entretanto, aparecem após terem sido submetidos a irrigação. Assim, nas áreas irrigadas é comum o surgimento de salinidade provocada pela água de irrigação contendo concentrações elevadas de sais decorrentes de práticas inadequadas de manejo. Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas constituem um dos fatores limitantes da produção agrícola devido principalmente ao aumento do potencial

osmótico do solo e toxidez resultante da concentração salina e dos íons específicos. Em solos sódicos o efeito é mais sobre as características físicas do solo, a dispersão dos coloides, provocando desestruturação do solo e criando problemas na compactação, diminuindo conseqüentemente a aeração e dificultando o movimento de água e desenvolvimento radicular, além do efeito tóxico do sódio (CORDEIRO, 1985).

Os sais exercem efeitos de forma direta ou indireta, lenta ou brusca, total ou parcial sobre o desenvolvimento e produção das culturas. Para Richards (1954) essas adversidades são conseqüências da solubilização do material mineral alimentadoras dos reservatórios de água que são utilizados na irrigação.

A salinidade diz respeito a concentração de sais solúveis presentes na solução do solo e esta pode causar efeitos tóxicos a germinação e a planta, diminuir a absorção de água e nutrientes pelas raízes, além de afetar a qualidade agrícola dos solos, devido a dispersão das argilas, conforme observaram Strogonov (1964), Wallace et al. (1965), Ravikovith e Porath (1967).

O efeito dos sais sobre o solo ocorre basicamente pela interação eletroquímica existente entre os sais e a argila. A intensidade deste fenômeno depende da natureza da argila e do cátion presente. A caracterização principal deste efeito é a expansão da argila quando umedecida e a concentração quando a água é evaporada ou retirada das plantas. Se a expansão for exagerada pode ocorrer a fragmentação das partículas provocando dispersão da argila (LIMA, 1996).

Os solos salino - sódicos geralmente limitam o crescimento das plantas pelo seus altos níveis de sais solúveis. Os principais efeitos da salinidade nas propriedades do solo são expansão de argilas, dispersão das partículas finas, formação de crostas na superfície e diminuição na capacidade de transmissão de água (ROLSTON et al., 1984).

O sódio, cátion monovalente, ao ser adsorvido expande a dupla capa difusa (campo elétrico e de distribuição de íons entre a partícula de solo e no ponto da solução do solo de equilíbrio entre as partículas do solo e tornado a estrutura estável). Diferentes tipos de sais têm efeitos diferentes; assim carbonatos de magnésio tem reação alcalina de efeitos similares ao sódio adsorvido. O efeito de Na_2CO_3 pode ser anulado pelo gesso normalmente presente nos solos de regiões áridas. Em solos afetados por sais o sódio trocável pode figurar em grandes percentagens, produzindo um rearranjo das partículas de

argila que favorece a peptização das partículas do solo e a conseqüente deterioração da estrutura (STROGONOV, 1964).

Durante o processo de intemperização química, que implica em hidrólise, hidratação, redução, oxidação e carbonização, os constituintes das rochas são liberados gradualmente e tornam-se mais solúveis. As áreas irrigadas situadas em regiões desérticas ou semi - desérticas, em lugares de pouca drenagem natural, terras baixas de zonas lacustres e costeiras, cedo ou tarde experimentam um aumento de águas freáticas e seus solos ficam expostos a salinidade (KOVDA, 1964).

As plantas sensíveis à salinidade tendem, em geral, a excluir os sais na absorção da solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico, levando ao estresse hídrico por osmose. As plantas tolerantes a salinidade são designadas como plantas halófitas e sua tolerância pode atingir até cerca de 15g l^{-1} de cloreto de sódio equivalente a metade da concentração da água do mar. Essas plantas absorvem, por exemplo, o cloreto de sódio em altas taxas e o acumulam em suas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com baixo potencial da água presente no solo. Embora o crescimento da parte aérea das plantas se reduza com o acentuado potencial osmótico do substrato onde vivem, a redução da absorção de água não é necessariamente a causa principal do reduzido crescimento das plantas em ambiente salino. (LAUCHI & ESPTEIN, 1984).

Para MEIRE & SHALHEVET (1973) o efeito dos sais nas plantas caracterizam-se efeito - osmótico um aumento da pressão osmótica diminui a disponibilidade de água. Em iguais condições de umidade no mesmo solo, a planta terá que fazer maior esforço para obter água onde a concentração salina for maior. Logicamente o suprimento de nutrientes (através da planta) vê-se limitado também, ou seja, a redução da água diminui o crescimento (efeito hormonal) e interfere no metabolismo reduzindo a fotossíntese; efeito de íons específicos- geralmente com danos às células e citoplasma. Íons sódio e cloreto são absorvidos pelas plantas e depositadas nas folhas e tecidos do que produzirá queimaduras e desprendimento (queda) das folhas.

O efeito dos sais no crescimento das culturas estão mais relacionadas com a salinidade total do que as concentrações individuais de algum constituinte específico. As culturas mostram geralmente uma diminuição progressiva na taxa de crescimento com o aumento da salinidade; flutuações naturais no regime de salinidade sob condições normais de campo podem afetar o crescimento de forma semelhante (RHOADES, 1972).

Para HEBRON (1976) o comportamento das plantas com relação a salinidade pode variar de acordo com seus estágios de desenvolvimento. Segundo MASS & HOFFMAN (1977) a salinidade afeta as plantas em todos seus estágios, sendo que, em culturas mais sensíveis, o comportamento das plantas pode variar dos primeiros estágios para os últimos. A capacidade dos vegetais superiores desenvolverem-se satisfatoriamente em solos salinos depende de vários fatores interligados com destaque para contribuição fisiológica da planta, seu estágio de crescimento e seus hábitos radiculares.

3.6 Disponibilidade de nutrientes

A extensiva salinização em solos de regiões áridas e semi-áridas ocasiona elevação do pH, causando deficiências de nutrientes e, em alguns casos, a toxicidade de íons. Acentuadas deficiências de nitrogênio e fósforo são comuns e freqüentemente estão associadas com deficiências de outros nutrientes, especialmente do enxofre e dos micronutrientes, molibdênio, cobre, zinco, manganês e ferro.

Em solos salinizados as plantas são adversamente afetadas pela baixa absorção de água pelas raízes devido a efeito do potencial osmótico. Quando a salinidade é dada principalmente por cloreto de sódio, a toxicidade de íons é o principal aspecto responsável pela redução na produção vegetal. Em solos sódicos, quando a concentração salina fica abaixo do limite crítico, há um aumento nos teores de sódio, com um aumento na dispersão das argilas e na redução na disponibilidade de nutrientes com as propriedades químicas dos solos com excesso de sódio.

Dentre os nutrientes que têm sua disponibilidade reduzida em solos sódicos alcalinos destacam-se o fósforo, quando o pH encontra-se entre 8 e 9, e os micronutrientes cobre, ferro, zinco e manganês, em valores de pH superiores a 9. Em qualquer uma das faixas de pH citadas é comum o aparecimento de sintomas de deficiências em plantas cultivadas nesses solos. A aplicação de corretivos que alteram a reação do solo e proporcione uma maior absorção desses nutrientes pelas plantas torna-se indispensável. Além disso a aplicação de gesso, corretivo comumente usado em solos com excesso de sódio, tem provocado redução na disponibilidade de fósforo. A busca de novas alternativas é uma meta de suma importância.

Apesar de existir, segundo a literatura, uma maior concentração de fósforo disponível com o aumento da sodicidade e dos níveis de CaCO_3 nos solos, CHHABRA et

al.(1981) relatam que o fósforo extraído pelo método de Olsen reduziu à medida que a dose de gesso aplicada ao solo foi aumentada. Resultado similar foi obtido por SANTOS (1995), em um solo salino-sódico, utilizando como extrator de fósforo a resina trocadora de ânions.

Devido a complexa dinâmica do fósforo e os resultados conflitantes da literatura, quanto a sua disponibilidade em solos aluviais salinizados, com ou sem a aplicação de corretivos, torna-se necessário pesquisas para identificar o extrator de fósforo que apresente melhor correlação coma absorção pelos vegetais.

4. MATERIAL E METODOS

4.1 Localização do experimento

A pesquisa compreendeu etapas de campo e de laboratório. A etapa referente ao experimento foi realizado no telado, do viveiro florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Campus, Patos-PB.

4.2 O solo: localização, amostragem e caracterização

O solo foi coletado nos setores 10 e 7, do Perímetro irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km da cidade de Souza-PB, e delimitada pelas coordenadas geográficas Latitude 6°45'00'' a 6°50'00''S, Longitude 38°10'00''N Gr e altitude de 220 metros. O clima da região de Souza- PB é segundo a classificação de Koppen quente e seco, tipo Bsh, com precipitação pluvial média de 800 mm, e um período chuvoso que abrange os meses de janeiro à maio. As amostras foram coletadas de 0-20 cm de profundidade, totalizando cinco amostras, em seguida as mesmas foram secas ao ar e destorroadas em peneira com malha de 2mm de abertura, e finalmente, homogeneizadas, aonde foram encaminhadas à laboratório para a caracterização química e física, incluindo também a caracterização química do extrato de saturação. O extrato de saturação foi feito no laboratório de solo, no campos de Areia-UFPB-PB.

4.3 Aspectos gerais da pesquisa

Inicialmente foi conduzido um ensaio preliminar visando obter a dose do corretivo ácido, a ser aplicado segundo a variação da sua porcentagem de sódio trocável (PST). Na fase seguinte a pesquisa compreendeu três etapas. A primeira etapa referiu-se a aplicação dos produtos no solo salino- sódico, deixando-o por um período de 15 dias de incubação, mantendo 70% da capacidade de campo (CC); a segunda etapa correspondeu a amostragem da terra contida nos vasos em todos os níveis dos produtos aplicados e a posterior caracterização química da terra; a terceira etapa relacionou o cultivo de moringa (*Moringa oleifera*) e feijão vigna (*Vigna unguiculata*) nos vários tratamentos, com a quantificação do material seco na parte aérea das culturas.

4.4 Ensaio preliminar

A princípio foi conduzido um ensaio preliminar visando obter a dose de corretivo ácido, o ácido sulfúrico, a ser aplicado para proporcionar a manutenção do pH de solos, com diferentes PST, ao valor de 6,5.

A princípio os solos coletados no perímetro irrigado de São Gonçalo, tiveram o seu PST calculado, formando então cinco grupos de solos, diferenciados entre si pela porcentagem de sódio trocável. Em cada grupo foram aplicados 4 níveis crescentes de H_2SO_4 concentrado (0, 2, 4, 6 ml kg^{-1}), com três repetições. A terra foi mantida úmida (70% da capacidade de campo) por 15 dias, em seguida foi homogeneizada e amostrada aproximadamente 200 gramas do solo para determinação de seu pH. Em seguida o solo contido nos vasos foi lavado com 50% além da sua capacidade de campo por um período de cinco dias totalizando cinco lavagens, posteriormente o solo foi semeado utilizando a Algaroba (*Prosopis juliflora*), para avaliar o seu desenvolvimento em solo salino tratado com diferentes níveis de H_2SO_4 com diferentes PST. A dormência da Algaroba foi quebrada através de um choque térmico aonde as mesmas são colocados durante 10 segundo na água quente e em seguida na água fria. Semearam-se seis sementes por vaso e 15 dias após a germinação foi realizado o desbaste, mantendo-se apenas 3 plantas por vaso¹, deixando sempre a terra úmida com metade da sua capacidade de campo. Durante dois meses o ensaio foi acompanhado com visitas diárias para avaliações sobre o seu comportamento e tendo como parâmetro a avaliação da altura das mudas, realizadas semanalmente.

4.5 Aplicação dos corretivos

O gesso aplicado é um minério moído (gipsita), este produto, após ser peneirado em malha de 1,0 mm de abertura, para uniformizar a granulometria, foi incorporado e homogeneizado aos dois litros de terra contidos em cada vaso. Quanto ao H_2SO_4 foi utilizado produto analítico (PA) concentrado, o qual antes de ser incorporado a todo volume de terra, foi previamente diluído.

Os corretivos utilizados foram o gesso e o H_2SO_4 , para cada corretivo foram utilizados quatro doses crescentes. A dose de gesso, tomada como referência, foi calculada através de equilíbrio dinâmico, como sugere RICHARDS (1954), e a do ácido sulfúrico foi obtida no ensaio preliminar.

4.6 Delineamento experimental

O experimento constou de dois tipos de corretivos, com 4 doses, 2 espécies e 3 repetições. Apresentando, portanto, um total de 48 parcelas. Cada vaso constou de 2,5 kg de terra. As parcelas foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, o quadro de variação foi:

Análise de variância

Causas da variação	Graus de liberdade
Tratamentos	(i-1)
Resíduo	(j- i)
Total	(j-1)

i= tratamentos, j= total de parcelas

4.7. Cultivo

A terra contida em cada vaso foi seca e homogeneizada. As culturas usadas como indicadoras foram a moringa (*Moringa oleifera*) e o feijão vigna (*Vigna unguiculata*). A princípio foram semeadas cinco sementes vaso⁻¹ para cada espécie. Oito dias após a germinação foi efetuado o desbaste, deixando apenas três plantas vaso⁻¹. As plantas foram mantidas por 30 dias. Transcorridos esse período as plantas foram cortadas rente ao solo, separando parte aérea das raízes. As partes aéreas foram condicionadas em saco de papel, secas em estufa com ventilação forçada a 65°C e finalmente pesadas.

4.8. Análise estatística

No ensaio preliminar foi utilizado regressão polinomial para determinar a curva, em cada PST, segundo os níveis crescentes de H₂SO₄.

Quanto ao experimento com plantas, foi utilizado teste de médias (Tukey) para observar possíveis diferenças entre espécies e os tipos de corretivos usados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização química dos solos

5.1.1. Estrato de saturação

Inicialmente foi realizado a classificação das amostras de solo coletadas em cinco locais diferentes no perímetro irrigado de São Gonçalo, segundo o grau de salinidade (tabela 01). A classificação foi baseada na concentração de sais solúveis (expressa pela CE), na percentagem de sódio trocável (PST) e pelo pH, extraídos todos da solução da pasta de saturação.

Tabela 01. Classificação dos cinco grupos de solos coletados no perímetro irrigado de São Gonçalo.

PST	pH (água)	CEes (dS m ⁻¹)	Classificação
99	10,1	16,1	Salino-sódico
95	8,2	2,8	Salino-sódico
95	8,2	3,5	Salino-sódico
98	9,1	5,7	Salino-sódico
96	7,1	2,5	Salino-sódico

Em virtude dos resultados encontrados obtidos da classificação proposta por Bohn et al citado por Queiroz et al. (1997) para a identificação de solos afetados por sais, os cinco grupo de solos foram classificados como sendo solos salino- sódicos, observa-se que os valores do PST variaram de 95 a 99. Essa classe de solos apresenta em seus perfis sais solúveis tais como sais de sódio, que elevam a concentração na solução do solo, e também provocam degradação estrutural, efeitos que se relacionam diretamente ao desenvolvimento das plantas, pois comprometem a absorção de nutrientes pelos vegetais, em razão do desequilíbrio que os mesmos promovem nas propriedades físicas do solo. Tal efeito é relatado por Rolston et al. (1978), que diz que os solos salino- sódicos limitam o crescimento das plantas devido o seu alto nível de sais solúveis e seus principais efeitos

são expansão de argilas, dispersão de partículas finas, formação de crostas na superfície e diminuição da capacidade de percolação da água.

A caracterização química, realizada nos cinco grupo de terra provenientes do perímetro irrigado de São Gonçalo, revelou segundo os resultados encontrados na tabela 02, um pH relativamente alto, superior a 7, demonstrando que os solos apresentam uma reação alcalina, com elevada concentrações de cátions Na^+ adsorvidos no complexo trocável. Solos com reação alcalina tendem a provocar na prática um desequilíbrio nas propriedades físicas e químicas dos solos, ou seja, propriedades desfavoráveis que prejudicam a prática agrícola e o desenvolvimento das plantas de uma forma geral.

5.1.2. Teores trocáveis

Observando a tabela 01, percebe-se que os solos caracterizados possuem alta concentrações dos íons Na^+ , e quando o PST foi superior a 90%, o solo obteve baixas concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} , ou seja, a concentração de Na^+ reduziu à medida que a PST diminui e a concentração de Ca e Mg aumenta. Este tipo de balanço nutricional provoca toxicidade, enquanto que baixas concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} aumentam a RAS (relação de adsorção de sódio) da solução do solo, conduzindo uma deficiência destes elementos para a planta.

Tabela 02. Caracterização química dos cinco grupo de solos, segundo o PST, utilizados no experimento.

PST	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+ Al	CTC	V
	agua		mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³	-----			%
97	10,2	20,7	0,6	0,2	0,47	38,5	0,1	39,9	99
63	8,2	25,8	5,0	0,8	0,6	12,2	0,5	24,9	97
79	8,2	17,8	3,0	1,4	0,26	20,3	0,6	25,5	97
95	9,2	19,5	0,6	0,2	0,42	39,2	0,1	40,5	99
61	7,1	14,3	5,2	2,0	0,44	13,3	0,7	21,6	96

Segundo SANTOS (1995), uma alternativa para solucionar este problema é a aplicação de gesso no solo, como forma de suprir a deficiência existente de Ca^{2+} , e afirmando ainda que solos com alta concentrações de íons Na^+ sofrem também uma deficiência de outros elementos tais como K, Zn, Cu, Mn e que tal deficiência parece estar ligada diretamente com as concentrações de Na^+ .

O principal risco ocorrente para os solos salino- sódicos, é que a lixiviação dos sais, ocorre mais rapidamente do que a remoção do sódio trocável, o que irá causar uma conversão para solos sódicos, podendo ocasionar uma redução na condutividade hidráulica do solo.

5.2 Estudos de Correlação

A figura 01, relaciona a percentagem de sódio trocável (PST), com as valores de pH, CE e as concentrações Ca^{2+} e Mg^{2+} encontrado nos solos dos diferentes setores de coleta, e avalia a variação da PST com esses parâmetros.

A PST, em trabalhos com solos salinizados ou com problema de sais, é de grande importância pois estima a quantidade de sódio adsorvido na solução do solo, e segundo Queiroz et al. (1997), é de extrema significância a relação do Na com os demais cátions adsorvidos no sistema.

A relação da PST com o pH de acordo com a figura 01, mostra que ocorreu uma relação direta entre os dois, como já esclarecido anteriormente, os referidos solos apresentam altas concentrações de Na^+ , e segundo Nakayama (1970) citado por Gupta (1990), diz que o aumento do valor do pH é causado pela presença de carbonatos e bicarbonatos de sódio, explicando assim que solos com estas características (alta concentração de sódio), tendem a possuir um pH mais elevado. Kodva (1905), Dregne (1955) e Abrol et al (1980) obtiveram resultados semelhantes, à medida que o pH se elevava, aumentava também a percentagem de sódio trocável no solo.

A CE, indica a concentração iônica em solos afetados por sais, ou seja ela interpreta a presença de sais solúveis encontrado nos solos, em relação com a figura 01, observou-se que ocorreu um aumento da condutividade elétrica quando a PST dos solos aumentou; era esperado que a curva da CE fosse decrescente em relação a PST, pois com o aumento da concentração de sódio diminui a concentração de sais solúveis, ou seja de cátions no solo, mas como o solo é salino- sódico e é considerado como um sistema extremamente heterogêneo e dinâmico, apesar de esperar-se que a CE fosse reduzida com o aumento da PST, tal tendência não foi observado neste trabalho.

Em relação as concentrações de Ca^{+2} e Mg^{2+} com relação a PST, através da figura 01, verificamos que houve um decréscimo destes elementos com a PST. Os solos salino-sódicos são solos que possuem uma concentração de Ca^{2+} e Mg^{2+} , que se solubilizam mais

facilmente do que a concentração de Na^+ , fazendo com que a relação existente seja inversa, pois à medida que o cálcio e o magnésio se solibilizam mais rápido do que o sódio e se lixiviam, fazendo com que a concentração de Na^+ seja superior no solo.

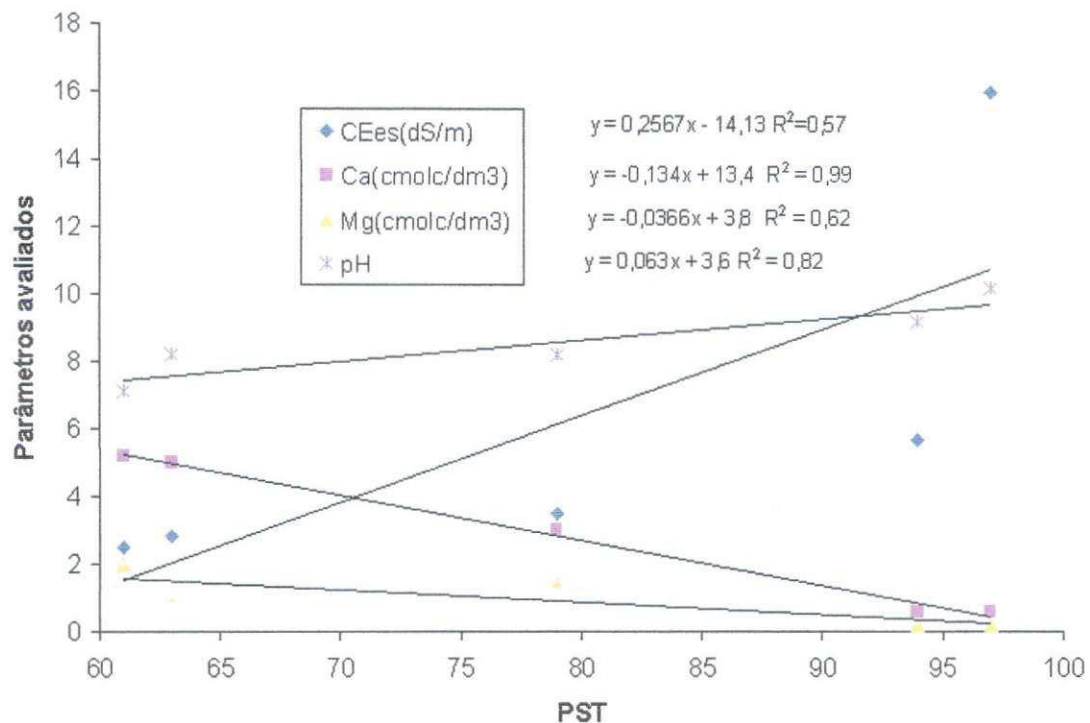


Figura 01. Variação dos valores de pH, CE e dos teores de Ca e Mg, segundo diferentes valores de PST dos solos.

5.3. Experimento I

5.3.1. No pH

Durante o Ensaio I os cinco grupos de solos coletados em São Gonçalo com diferentes PST foram colocados em vasos com capacidade para 1 kg aonde foram aplicados doses crescentes de ácido sulfúrico, em seguida o solo foi deixado incubado por um período de 15 dias, posteriormente foram amostrados aproximadamente 100g de terra de cada vaso para caracterização do seus teores de pH.

Através da figura 02, temos a variação do pH em relação as doses de ácido aplicada. Aonde foi visto que, solos com PST mais elevados possuíam também um pH

elevado, devido então a este fato, os solos com estes PST necessitaram de uma dose maior de ácido para promover a redução de seu pH em torno de 6,5, enquanto que PST com valores intermediários necessitaram de uma menor dose de ácido. Desta forma a curva do pH em relação ao ácido sulfúrico foi decrescente mostrando que quando maior a PST, maior a dosagem de ácido a ser aplicada. A partir então das curvas foram calculadas as doses de H_2SO_4 que deixaram o pH a 6,5.

Como se sabe, o ácido reage com os sais solúveis existente neste tipo de solos, principalmente os carbonatos de cálcio e magnésio, diminuindo desta forma a concentração iônica da solução, fazendo com que o pH do solo diminua.

De acordo com o Ensaio I, percebe-se também que os solos tratados com ácido deferiram daqueles que não obtiveram tratamentos, pois naqueles solos com adição de tratamento, a água percolava mais facilmente e houve uma melhoria na agregação do solo.

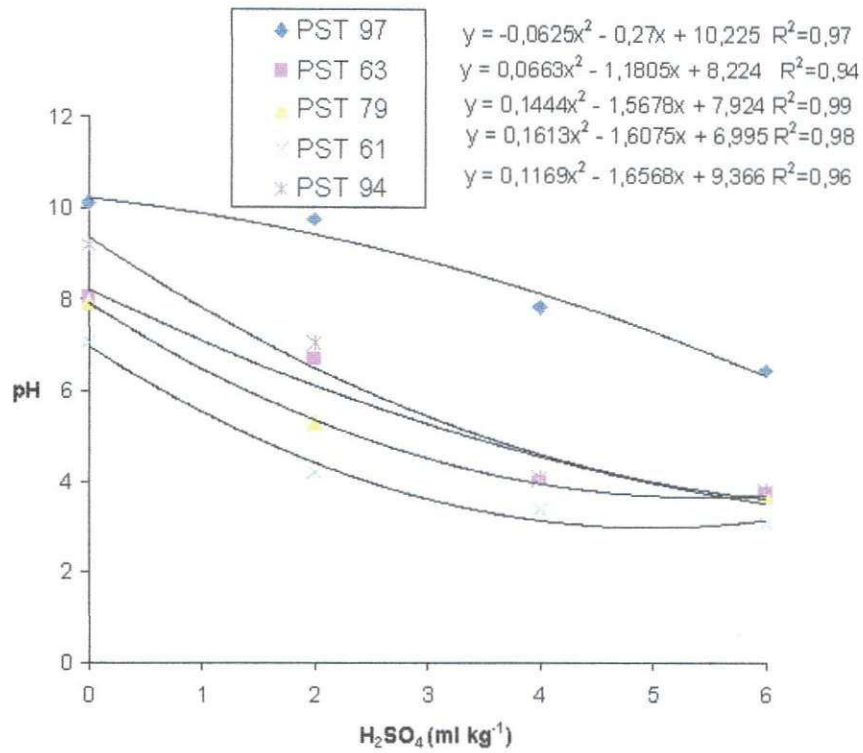


Figura 02. Variação do pH em relação a aplicação de níveis crescentes de ácido sulfúrico em solos com diferentes PST.

Tabela 03. Doses de ácido que deixaram o pH a 6,5.

PST	Dose H ₂ SO ₄ (ml kg ⁻¹)
97	5,8
63	1,65
79	1,34
61	0,33
94	2,04

5.3.2. Nas plantas

Para avaliar o desenvolvimento das plantas em solos salino- sódico tratados com corretivo ácido, foi realizado um experimento utilizando os mesmos solos trabalhados no Ensaio I, tratados com doses crescentes de ácido sulfúrico, utilizando a algaroba (*Prosopis juliflora*), uma espécie arbórea de fácil germinação de grande ocorrência na região de Patos.

Depois de realizada a semeadura não se obteve bons resultados, pois as mesmas não germinaram uniformemente e na maioria dos vasos as mudas vieram a morrer, sendo necessário então, realizar novamente a semeadura, desta última vez, para garantir a germinação, depois de semeados, os vasos foram cobertos com uma camada de esterco bovino ainda assim muitas mudas não germinaram, então alguns vasos foram novamente semeados. Com relação as sucessivas medições observou-se que aqueles vasos com PST mais elevados obtiveram maior correlação com o efeito do ácido sulfúrico do aqueles com PST menores. Isto deve-se estar relacionado com o decréscimo do pH, que foi maior nos PST menores do que nos PST mais elevados, como já discutido anteriormente a relação direta do PST com pH, PST menores necessitam de uma menor dose de ácido, de acordo com a tabela 07, provou-se isto já que naqueles vasos com doses maiores de ácido o desenvolvimento da Algaroba foi inferior aqueles vasos com omissão e com doses menores de ácido.

Tabela 04. Efeito do ácido Sulfúrico e de diferentes PST no crescimento das mudas de Algaroba.

PST	Tratamentos		semanas			
	H ₂ SO ₄	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
		-----cm-----				
97	0	2,05	2,5	5	6	6,5
	2	4,1	5,75	7,55	8,25,	9
	4	6,8	8,68	9,07	10,4	11,6
	6	11,48	13,98	16,45	18,84	23,35
64	0	10,85	13,98	16,45	18,84	22,35
	2	9,51	11,69	15,16	18,68	22,16
	4	10,50	13,49	17,48	20,83	22,75
	6	6,93	9,7	11,95	14,41	17,64
76	0	7,03	8,85	9,55	12,26	17,25
	2	14,33	18,95	22,81	27,61	33
	4	10,83	13,98	17,29	20,89	24,61
	6	5,63	9,45	15,56	18,89	22,14
95	0	7,26	8,58	13,36	16,23	18,55
	2	11,93	15,35	21,28	25,63	29,73
	4	11,75	14,57	18,35	21	24,64
	6	6,86	9,50	11,53	14,91	17,40
61	0	13,46	16,84	20,1	24,1	26,7
	2	7,69	11,13	14,08	17,24	20,46
	4	6,58	9,21	11,30	13,97	16,58
	6	6,83	8,24	9,54	12,26	13,77

5.4. Experimento II

5.4.1 Caracterização química

Inicialmente o solo foi coletado, destorroado e peneirado com peneira de malha de 2mm de diâmetro, para homogeneização granulométrica do solo, em seguida foi encaminhado para laboratório para caracterização química, os resultados se encontram na tabela 05

Tabela 05. Caracterização química do solo do experimento II

PST	PH	P	Ca	Mg	K	Na	H+ Al	CTC	V
	-agua	- mg dm ⁻³		-----		cmol _c dm ⁻³	-----		%
93	8,73	16,01	4,8	2,4	0,0216	95	0,6	18	95

Em seguida foi calculado a dose de gesso a ser aplicado no solo através de equilíbrio dinâmico, como sugere Richards, através do preparo de suas soluções; uma saturada preparada com o gesso que seria utilizado no experimento e outra em equilíbrio preparada com a terra que seria utilizada no ensaio juntamente com a solução saturada preparada anteriormente. Em relação a quantidade de ácido a ser utilizado, esta foi determinada no ensaio preliminar. Tendo então estabelecido as doses de ácido e de gesso para o Experimento II, foi realizado o delineamento experimental com 48 parcelas, aonde as mesmas teriam 4 doses, 2 espécies e 3 repetições.

Os vasos a serem utilizados foram pintados internamente com tinta impermeabilizante de cor escura com objetivo fitossanitário, o gesso utilizado foi seco em estufa e peneirado com peneira fina de 1mm de diâmetro, para homogeneizar a granulometria e o ácido sulfúrico foi diluído 10 vezes por motivos de segurança com o seu manuseio.

Para a instalação do experimento o solo teve sua capacidade de campo calculada em laboratório em seguida o volume de solo foi incorporado com os corretivos sendo 24 vasos utilizados com o tratamento gesso com quatro doses crescentes (0,6,12,e 18 g/Kg de terra) e 24 vasos com tratamento ácido utilizando também quatro doses crescentes (0,1,2 e 3 ml/Kg de terra). O solo foi mantido incubado durante 15 dias, aonde foi mantido úmido segundo sua capacidade de campo, sendo que os últimos quatro dias foi realizado lavagens

com um volume d'água 150% acima da sua capacidade de campo. Durante os quinze dias em que o solo esteve incubado eram realizadas visitas diárias a casa de vegetação para o controle da umidade dos vasos, aonde era também observado que, os solos sem tratamento a água não percolava como os demais vasos com corretivo, ficando a mesma acumulada na superfície um bom tempo para depois percolar. Aonde se conclui que a aplicação de corretivos no caso tanto o ácido quanto o gesso melhoraram a drenagem ao solo e a estrutura dos sólidos, pois aqueles vasos com tratamento eram menos argilosos e menos compactados comparados com os vasos sem tratamento. Resultados estes também verificados por Khosla et al, (1979), Cavalcante & Lucena, (1983), Cavalcante & Silveira, (1985), Anjos et al (1988), citados por Sousa (1995) que trabalhando com solos com problemas de salinidade observaram que o gesso no ponto de vista físico, revelou melhoria na capacidade de infiltração de água, da estrutura, aeração, condição hidráulica e diminuição da força de retenção de água ampliando a capacidade de lixiviação de sais dos solos sódicos e salino- sódicos.

Em seguida o solo foi amostrado para a caracterização do pH.

6. Efeito dos corretivos

6.1. No pH

De acordo com a Figura 03, previu-se que a aplicação de doses crescentes de gesso (0,6, 12 e 18 g/Kg de terra) acarretou uma redução do pH inicial do solo de 8,5 para 7. Em outros trabalhos desenvolvidos por (Rhodes, 1968, Pereira & Silva, 1977, Silva, 1978, Cavalcante & Lima Neto, 1980) citados por Sousa (1995) viu-se que aplicação do gesso agrícola reduziu a percentagem de sódio trocável (PST) em solos salino- sódicos e sódicos, refletindo em quedas de condutividade elétrica do extrato de saturação, concentração de sódio, cloreto, carbonato e bicarbonato que são os constituintes mais agressivos nesses solos e, ainda, elevando os conteúdos de cálcio e enxofre dos solos.

Esse corretivo ou recuperador químico, apesar de sua baixa solubilidade em água da ordem 2,00 g/l (Pizarro, 1978) citado por Sousa 1995, tem apresentado eficiência no deslocamento de sódio trocável dos solos alcalinos, melhorando as propriedades físicas e químicas e, as vezes até proporcionando germinação de sementes e crescimento das plantas em solos antes abandonados, isto é sem função agrícola.

Em relação a figura 04, o efeito ocorrente foi similar, porém o ácido sulfúrico aplicado em doses crescentes no solo (0,1,2 e 3ml/kg de terra), suplantou o efeito do gesso, pois apresentou uma correlação melhor e fez com que o pH inicialmente em torno de 8,5 se reduzisse para um pH em torno 6,5, considerado ideal para o desenvolvimento vegetal.

A aplicação de corretivo ácido pela literatura é ainda muito escasso, podendo apenas citar o trabalho desenvolvido por Costa et al (1997), em condições semelhantes de solo, aonde foi obtido resultados análogos na aplicação do ácido, ocorrendo uma expressiva redução do pH do solo com aplicações de níveis crescentes de ácido sulfúrico. Desta forma observa-se a eficiência do ácido como recuperador químico, uma vez que ocorreu uma forte neutralização do carbonato de cálcio do solo pelo ácido, justificando a importância de se procurar produtos de reação ácida que possa acarretar o mesmo efeito encontrado pelo ácido.

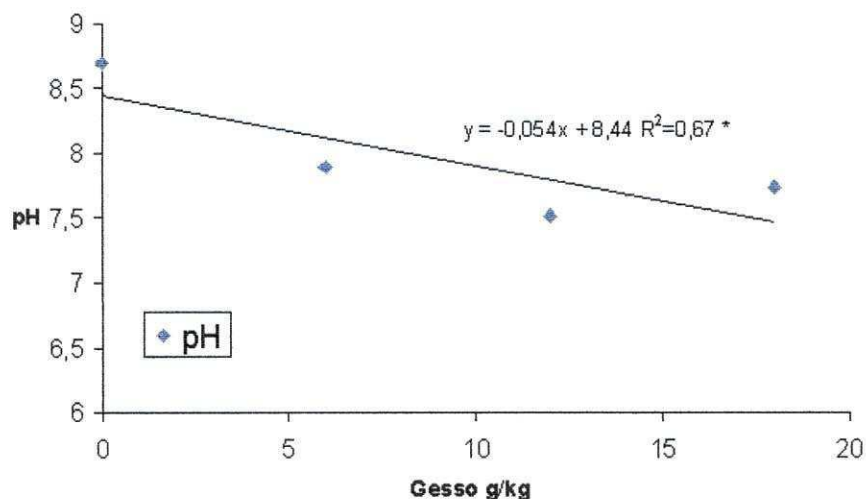


Figura 03. Efeito das doses crescentes de gesso sobre o pH do solo do II ensaio

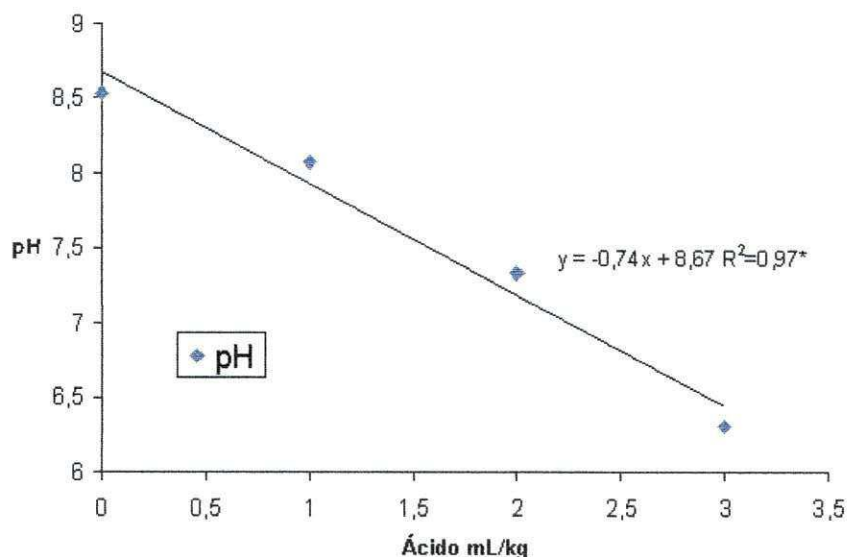


Figura 04. Efeito das doses crescentes de ácido sulfúrico, no pH do solo do II ensaio

6.2. Nas plantas

A salinidade exerce efeitos complexos no desenvolvimento vegetal como um complexo iônico e interações nutricionais, embora os mecanismos fisiológicos não sejam ainda conhecidos.

A tolerância à salinidade freqüentemente depende da anatomia e do complexo fisiológico da organização da planta. Estes efeitos fazem com que um largo grau de dificuldade ocorra para encontrar meios para aumentar a tolerância de plantas à salinidade. Porém é esperado que a tolerância à salinidade possa ser aumentada encontrando o fator que mais limite o estresse durante o crescimento e desenvolvimento do vegetal em solos salinos.

Inúmeros pesquisadores tem demonstrado que a tolerância à salinidade é baseado em fatores tais como o acúmulo de íons (Rush & Espetein, 1976. 1981; Tal and Shannon, 1983), a exclusão de íons (Abel, 1969; Noble et al., 1984), produção de solutos compatíveis (Grumet & Hanson, 1986; Wyn Jones et al., 1977), maturação tardia (Bernal et al., 1974), e polinização estéril (Akbar and Yabuno, 1977; Akbar et al., 1972).

Alguns pesquisadores tem sugerido que inúmeros fatores podem ser selecionados e combinados com o rearranjo individual, em um processo de inúmeras características.

Tentando assim selecionar espécies tolerantes à salinidade, no experimento II, foi observado o desenvolvimento de duas espécies, uma florestal e outra forrageira em solo salino-sódico, corrigido com dois tratamentos (gesso e ácido em doses crescentes).

Na figura 05, temos a relação entre os níveis crescentes de aplicação do ácido no solo com a quantidade de material vegetal seco produzido pelas duas espécies cultivadas a Moringa (*Moringa oleifera*) e o feijão vigna (*Vigna unguiculata*), aonde verificou-se que, o aumento das doses de ácido influenciaram significativamente na quantidade de matéria seca produzida.

Em linhas gerais a Moringa e o Feijão vigna não se desenvolveram como era esperado neste tipo de solo, não se sabe ao certo o que ocorreu; se problemas ligados com a qualidade da água aplicada, com o manejo da água aplicada ou a problemas relacionados com patógenos, já que a Moringa e o Feijão apresentaram amarelamento das folhas; clorose e queda das mesmas. Foi acusado a presença de patógenos como ácaros nas folhas da moringa.

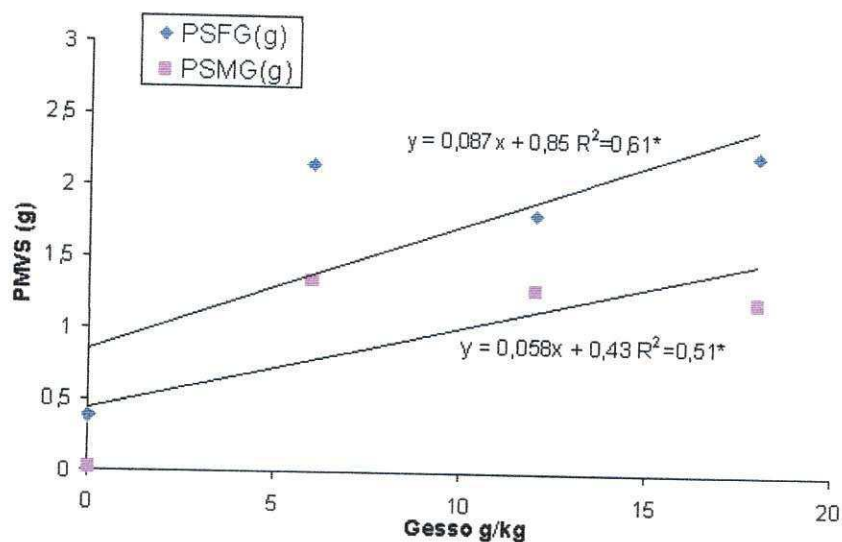


Figura 05. Relação entre os níveis crescentes de tratamento gesso na produção de material vegetal seco.

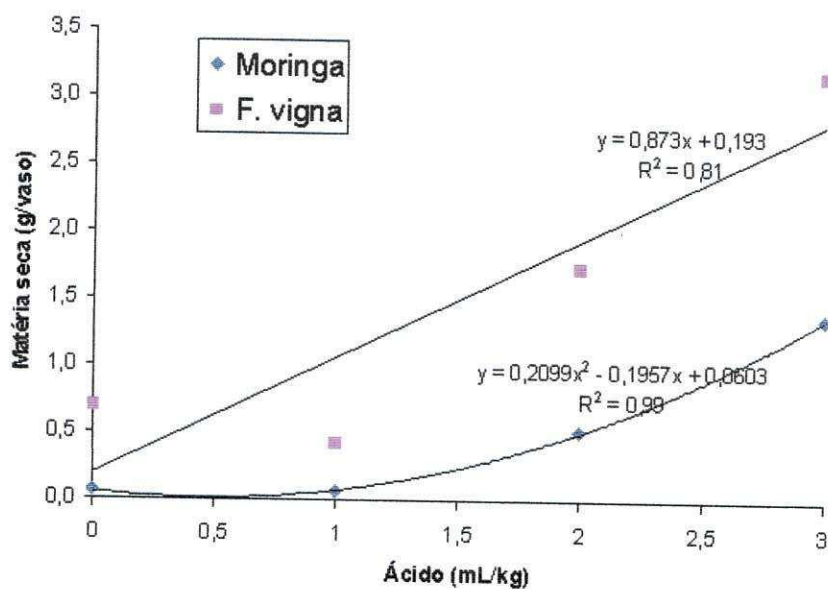


Figura 06. Relação entre os níveis crescentes de tratamento ácido na produção de material vegetal seco.

7. CONCLUSÕES

- ◆ Solos com uma percentagem de sódio trocável elevado, apresentam um pH mais elevado, devido então a este fato, necessitaram de uma dose maior de ácido para a redução do pH em torno de 8,5 para um pH de 6,5.

- ◆ A aplicação de ácido em solos salino- sódicos reduz o pH do solo mais fortemente que o gesso.

- ◆ A aplicação de doses crescentes de gesso e ácido sulfúrico no solo proporcionou aumento na produção de matéria seca vegetal, tanto para algaroba e moringa que são espécies forrageiras, quanto para o feijão vigna, espécie leguminosa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARYA, C. L. ABROL, I.P. Exchangeable sodium and soil water behaviour under field conditions. *Soil Science*, Baltimore, v. 125, n. 5, p.310-19, 1978.

AGASSI, M.; SHAINBERG, I.; MORIN, J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formulation. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.45, p. 848-51, 1981.

AGASSI, M.; SHAINBERG, I.; MORIN, J. Slope, aspect, and phosphogypsum effects on run off and erosion. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.54, p.1102-106, 1990.

ALPEROVITCH, N.; SHAINBERG, I.; KEREN, R. Specific effect of magnesium on the hydraulic conductivity of sodic soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, V. 32, p.543-54, 1981.

ANJOS, M.I. **Recuperação de um solo salino-sódico: efeito de diferentes níveis e formas de aplicações de gesso**, 1993. 65p. Dissertação (mestrado em manejo e conservação dos solos)- Universidade Federal da Paraíba.

ARMSTRONG, A.S.B. & TANTON, T.W. Gypsum applications to aggregated saline-sodic clay topsoils. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.43, p.249-60, 1992.

ARAÚJO, R. C. **Uso de gesso agrícola e matéria orgânica no Manejo de um solo alcalinizado**. Areia, 1992. 54p. Dissertação (mestrado em manejo e conservação dos solos)- Universidade Federal da Paraíba.

AYLMORE, L.A.G.; SILLS, I.D. Characterization of soil structure and stability using nodules of rupture-exchangeable sodium percentage relationships. *Australian Journal of Soil Research*, East Melbourne, v. 20, p.213-24, 1982.

BAKKER, A. C., EMERSON, W.W. The comparative effects of exchangeable calcium magnésio, and sodium on some physical properties and red-brow earth subsoils. *Rust.J. Soils Ver.*, v.11p.159-165, 1973.

BLACK, A.S. & ABDUL-HAKIN, B.M.S. Soil structure effects and leaching of sodium following sodium chloride fertilizer applications. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Willington, v.27, p. 399-403, 1984.

CAMARGO, O.A. de; MONIZ, A.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física do solo do Instituto Agrônômico de Campinas**. Boletim técnico 106, Campinas, 1986, 94 p.

CAVALCANTE, L.F; SILVEIRA, R.I. Importância do fosfogesso como fonte de cálcio, enxofre e na redução de um solo salino- sódico da Paraíba. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 10, Belém, artigo 118, 1985.

CAVALCANTE, L.F. **Sais e seus problemas**. Areia, 1980. 68p. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal da Paraíba.

CHAUDERY, G.H; WARKENTIN, B.P. Studies on exchange of sodium from soils by leaching with calcium sulfate. **Soil Science**, Baltimore, v.105, n.3, p.191-97, 1968.

CHHABRA, R.; ABROL, LP. Reclaiming effect of rice grown in sodic soils. **Soil Science**, Baltimore, v.124, p.49-55, 1977.

CHHABRA, R.; ABROL, LP.; SINGH, M.V. Dynamics of phosphorus during reclamation of sodic soils. **Soil Science**, Baltimore, p.132, n.53, p.19-24, 1981.

CHANDHRY, G.H, WARKENTIN, B.P. Studies on exchange of sodium from soil by leaching with calcium sulfate. **Soil Sci.**, v.105, p. 190-197. 1968.

CHURCHMAN, G.J.; SKJEMSTAD, J.º; OADES, J.M. Influence of clay minerals and organic matter on effects of sodicity on soils. **Australian Journal of Soil Science**, East Melbourne, p.31, n.6, 779-800, 1993.

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. (Documentos 54)

COSTA SILVA, M.C.; SANTOS, R. V.; BASTOS, P.M. Efeito do ácido sulfúrico no pH de um solo salino sódico. In: V ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5. João Pessoa: 1997b.p.130.

DAMACENO, J.H. Informe de drenagem e salinidade no sperímetros irrigados do Departamento de obras contra as secas. Anais da 1ª Reunião sobre salinidade em Áreas Irrigadas. **Anais**. Fortaleza Ceará, 1978. P. 113-123.

DARKER, A . **A água na agricultura**. Manual de Hidráulica agrícola, Irrigação e Drenagem. 5ª ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1970. 45p, 3v.

DURANG, J.H. **Les sols irrigables - étude pedologique**. 1. Ed. Paris, Press France, 1983.352p.

DUTT, G.R. Effect of small amounts of gypsum in soils on the solutes in effluents. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.28, p.754-757, 1964.

EL-SWAIFY, S. A, SWUNDALE, L.D. Hydraulic conductivity of some tropical osils as a guide to irrigation water quality. In **Intrnational Congress of soils Science Transacrions**, 9. Adelaide, 1968. Proceeding...s.n.t. v.1, p.381-389.

EMERSON, W. W., BOND, R, D., DEXTER, A. D. **Modification of soil structure**. John wilwy ans Sons. New York. 1978.

EMERSON, W.W. Aggregate slaking and dispersion class, bulk properties of soil. **Australian Journal of Soil Research**, East Melbourne, v.32, p.173-84, 1994.

EMERSON, W.W. & Bakker, A.C. The comparative effects of exchangeable calcium, magnesium and sodium on some physical properties of red-brown earth subsoils. II. The spontaneous dispersion of aggregates in water. **Australian Journal of Soil Research**, East Melbourne, v. 11, p.151-57, 1973.

EMERSON, W.W. & CHI, C.L. Exchangeable calcium, magnesium and sodium, and the dispersion of illites in water. II, Dispersion of illites in water. **Australian Journal of Soil Research**, East Melbourne, v.15, p.255-62, 1977.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Algumas considerações sobre gramíneas e leguminosas forrageiras**. EMBRAPA-CNPGL, Coronel Pacheco, 1983. 59p. (Documentos 09).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. EMBRAPA-CNPGL, 1979.

FASSBENDER, H.W., BORNEMISTA, E. **Química de suelos**, com ênfase em suelos as América Latina. 2ed. Ver. San José Costa Rica. II Ca, 1987. 420p. il.

FERREIRA, A. P. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROZ, J. F.;ed. **Manejo e controle da salinidade no agricultura irrigada**. 1ed. Campina Grande: UFPB, 1997, cap2, p37-67.

FIRAKE, N.N. & PAMPATTIWAR, P.S. Note on the effect of subsurface drainage and gypsum on leaching of salts in a sodic soil. **Current Agriculture**, Philadelphia, v.15, n.(1-2), P.71-73, 1991.

FREITAS, J.A. de; COELHO, M.A.; FERREIRA, H.F.F. Efeito de corretivos químicos e materiais orgânicos no movimento da água e estrutura de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.3, p.261-64, 1984.

FRENKEL, H.; FEY, M.V.; LEVY, G.J. Organic and inorganic anion effects on reference and soil clay critical flocculation concentration. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.56, p.1762-766, 1992.

GAL, M.; ARCAN, L.; SHAINBERG, I.; KEREN, R. Effect of exchangeable sodium and phosphogypsum on crust structure-canning electron microscope observations. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.48, p.872-78, 1984.

GLEW, D.N. & HAMES, D.A. Gypsum, disodium, pentacalcium sulfate and anhydrite solubilities in concentrated sodium solutions. **Canadian Journal of Chemistry**, Ottawa, v.48, p3733-738, 1970.

GOLBERG, S. & FORSTER, H.S. Flocculation of reference claus and arid-zone soil clays. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.54, n. 714-18, 1990.

GOVINDA RAJAN, S.V., MURTHY, R, S. Physico-chemical properties of some alluvial soil cointainig higg sodium carbonate in the Indo-Gangetic basin. In. **Symposium on the Reclamation of sodic ans soda-saline soil**. Yerevan, 1969.

GRAVELAND, D.N. & TOOGOOD, J.A. Gypsum as an ameliorating agent for solonchic soils in Alberta. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.43, p.1-6, 1963.

GREENE, R.S.B; FORD, G.W. The effect of gypsum on cation exchange in two red duplex soils. **Australian Journal of Soil Research**, East Melbourne, v.23, p.61-74, 1985.

GUPTA, R.K; ABROL, I.P. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. **Advance in Soil Sciences**, New York, v. 11, p.224-88, 1990.

GUPTA, R.K; ABROL, I.P. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. **Advance in Soil Sciences**, New York, v. 11, p.266-67, 1990.

GUPTA, R.K; ABROL, I.P. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. **Advance in Soil Sciences**, New York, v. 11, p.239-41, 1990.

GUPTA, R.K.; BHUMBLA, D.K.; ABROL, I.P. Effect of sodicity pH, organic matter, and calcium carbonate on the dispersion behaviour of soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 137, n.4, p.245-51, 1984.

HIRA, G.S; SINGH, N.T. Irrigation water requirement for dissolution of gypsum in sodic soil. **Soil Science of American Journal**, Madison, v. 44, p.930-33, 1980.

HEBRON, D. **Os problemas de salinização na região Nordeste**. RECIFE: SUDENE, Divisão de Documentação, 1967. 17p.

JONES, S.B.; ROBBINS, C.W.; HANSEN, C.L. Sodic soil reclamation using cottage cheese (acid) whey. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, Ottawa, v.7, n.1, p.51-61, 1963.

KANWAR, J. S. BHUBLA, D. R. Physico-chemical characteristics of sodic soil of the Punjab and Maryana and their amelioration by use of gypsum. In: Symposium on the reclamation of sodic and soda-saline soil. Yerevan, 1969.

KAZMAN, Z.; SHAINBERG, I.; GAL, M. Effect of low levels of exchangeable sodium and applied phosphogypsum on the infiltration rate of various soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 135, n.3, p.184-92, 1983.

KEREN, R. & SHAINBERG, I. Effect of dissolution rate on the efficiency of industrial and mined gypsum in improving infiltration of a sodic soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.45, p.103-07, 1981.

KNUDSEN, D.; PETERSON, G.A.; PRATT, P.F. Lithium, sodium e potassium. In: PAGE, A.L., ed. **Methods of Soil Analysis**, part 2, Madison, SSSA, 1982. P.225-246.

KODVA, V. A. El sistema de drenaje en la lucha contra la salinidad de tierras irrigadas. In: ACADEMIA DE LAS URSS. Institute de suelos V.V. Dukuchaev. La aplicación del drenaje en la recuperación de suelos salinos. México, 1964. 244p.

KLOSLA, B.R., GRUPTA, R.K., ABROL, I.P. Salt-leaching and the effect of gypsum applications in a saline sodic soil. *Agric. Water manage*, Netherland, v.2, p.139-203. 1979.

LAUCHI, A & E EPSTEIN. 1984 Mechanisms of Salt tolerance in Plants. In: *California Agriculture*. V. 8. N.10. p 18-21.

LIMA, R. R & M. M. TOURINHO. 1996. *Várzeas do Rio Pará- Principais Características e Possibilidades Agropecuárias*. Bélem. FCAP. 124p.

LOVEDAY, J. Relative significance of electrolyte and cation exchange effects when gypsum is applied to a sodic clay soil. *Australian Journal of Soil Research*, East Melbourne, v.14, p.361-71, 1976.

MANN, M.; PISSARRA, A.; VAN HORN, J. W. Drainage and desalinization of heavy clay soil in Portugal. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.5, p.227-240, 1982.

MASS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance -Current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, ASCE, v 103, p.115-134, 1977. (proceeding Paper, 1923).

McINTRE, D. S.; LOVEDAY, J.; WATSON, C.L. Field studies of water and salt movement in an irrigated swelling clay soil. III. Salt movement during ponding. *Australian Journal of Soil Research*, East Melbourne, v.20, p.101-105, 1982.

McNEAL, B.L. & COLEMAN, N.T. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. *Soil Science Proceedings*, Madison, v.30, p.308-12, 1966.

McNEAL, B.L.; LAYFIELD, D. A.; NORVELL, W.A.; RHODES, J.D. Factors influencing hydraulic conductivity of soils in the presence of mixed-salt solutions. *Soil Science Society Proceedings*, Madison, v.32, p.187-190, 1968.

MENDES, B.V. *Alternativas tecnológicas para a agropecuária do Semi-árido*. São Paulo: Ed. Nobel, 1986, 171 p.

MEIRE, A; SHALHEVET, J. Crop growth under saline conditions. En: *Arid Zone Irrigation*, Ed: B yaron; E danfors e Y Vaadia- Berlin. 1973.

MELO, F.B., COELHO, M. A, FERREYRA H., F.F. Efeitos do gesso e da concentração da água na condutividade hidráulica do solo. *R.bras.Ci. Solo*, v.12, p.89-92. 1988.

MISOPOLINOS, N.D. A new concept for reclaiming sodic soils with high-salt water. *Soil Science*, Baltimore, v.140, n.1, p. 69-74, 1985.

MORAIS, C.D. *Ação do gesso agrícola no Manejo de um solo irrigado afetado por sais*. Areia, 1990. 47p. Dissertação (Mestrado em Manejo e conservação de solos)- Universidade Federal da Paraíba.

NAIAZI, M.H.K.; HUSSAIN, N.; RASHID, M.; KHAN, G.D. Efficacy of acid reclaimants in combination with nonconventional fertilizers for salinity control. In: PROCEEDINGS OF SIXTH INTERNATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, Mashville, p.387-394. 1992.

OSTER, J.D. & FRENKEL, H. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.44, p.41-5, 1980.

OSTER, J.D. & SCHROER, F.W. Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.43, p.444-47, 1979.

PALIWAL, K.V. & GHANDHI, A.P. Effect of salinity, SAR, Ca:Mg ration in irrigation water and soil texture on the predictability of exchangeable sodium percentage. *Soil Science*, Baltimore, v.122, n.2, p.85-90, 1976.

PEREIRA, E., J. F. DA Silva. Efeito de diferentes níveis de gesso na correção de solos salino-sódicos do Perímetro Irrigado de Poço do Cruz. In: *Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem*. Fortaleza, III: p. 219. 1977.

PEREIRA, J.R.; VALDIVIESO, C.R.; CORDEIRO G.G. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso do gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, 1985, Anais, Brasília, EMBRAPA/DDT, 1986. P.85-105.

PRATTER, R.J.; GOERTZEN, J.O.; RHOADES, J.D.; FRENKEL, H. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.42, p.782-86, 1978.

PIZARRO, F. *Drenaje agrícola Y recuperation de suelos salinos*. Madrid: Agrícola Espanola, 1978. 211p.

PUPPO, N.I.H. *Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação e utilização*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 127p.

QUIRK, J.P. Interparticle forces: A basis for the interpretation of soil physical behaviour. *Advances in Agronomy*, New York, 53: 121-183, 1994.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.; SOUTO, L.C.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoriamento da salinidade do solo. In. GHEYI, H.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F., *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. 1. Ed. Campina Grande: UFPB, 1997. Cap. 3, p. 69-111.

QUIRK, J.P. & SCHOFIELD, R.K. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.6, p.163-178, 1955.

RAHMAN, W.A. & ROWELL, D.L. The influence of magnesium in saline and sodic soils: A specific effect or a problem of cation exchange? *Journal of Soil Science*, Oxford, v.30, p.535-46, 1979.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RENGASAMY, P. Clay dispersion in relation to changes in the electrolyte composition of dialysed red-brown earths. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.34, p. 723-32, 1983.

RENGASAMY, P.; GREENE, R.S.B.; FORD, G.W.; MEHANNI, A.H. Identification of dispersive behaviour and the management of red-brown earths. **Australian Journal of Soil Research**, East Melbourne, v.22,n.413-31, 1984.

RHODES, J.D.; KRUEGER, D.B.; REED, M.J. The effect of soil-mineral weathering on the sodium hazard of irrigation waters. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.32, p.643-47, 1968.

RIMMER, D.L. & GREENLAND, D.J. Effects of calcium carbonate on the swelling behaviour of a soil clay. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.27, p.127-39, 1976.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Agriculture handbook 60, United States Department of Agriculture, Washington, 1954. 160p.

ROWELL, D.L. & SHAINBERG, I. The influence of magnesium and of easily weathered minerals on hydraulic conductivity changes in a sodic soil. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.30, p.719-26, 1979.

ROLSTON, D. E.; BIGGAR, J. W.; NIELSEN, D.R. Effect of salt on Soils. **California Agriculture**, Berkeley, v.2, p.167-70, 1978.

RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. **Soil Science**, Baltimore, v. 113, n.4, p277-84, 1972.

SHAINBERG, I., LETEY, J. Response of soil to sodic and saline conditoins. *Hilgardia*, v. 52, p. 1-57, 1984.

SAMPAIO, R. A. **Efeito da lâmina de água e dose de gesso agrícola sobre a lixiviação de sais de um solo irrigado**. Areia, 1988. 50p. Dissertação de graduação-Universidade Federal da Paraíba.

SANTOS, R.V. dos **Correção de um solo salino sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro vigna**. Piracicaba, 1995. 120 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas), Universidade de São Paulo.

SHAINBERG, I.; KEREN, R.; FRENKEL, H. Response of sodic soils to gypsum and calcium chloride application. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.46, p.113-17, 1982.

SHAINBERG, I.; SUMMER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. Use of gypsum on soils: A review. **Advances in Soil Science**, New York, v.9, p.1-111,1989.

SHANMUGAMATHAM, R.T. & OADES, J.M. Influence of anions on dispersible clay on dispersion and physical properties of the A Horizon of a red-brown earth. *Geoderma*, Netherlands, v. 29, p.257-277, 1983.

SHARMA, O.P. & GUPTA, R.K. Comparative performance of gypsum and pyrites in sodic vertisols. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Dehli, v.56, n.6, p.423-29, 1986.

SILVA, F.R.; FERREIRA, H.F.F.; COELHO, M. A.; AQUINO, B.F. Efeito da relação de adsorção de sódio e da salinidade sobre o coeficiente de seletividade Na-Ca em solos aluviais de diferentes texturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.9-13, 1991.

SROGONOV, B. P. **Physiological bases of salt tolerance of plants.** Jerusalém, Israel: *Prog. Scient Tranl.*, 1964. 279p.

SOUSA R. P de. **Utilização do gesso agrícola e da matéria orgânica na água de irrigação sobre a melhoria de um solo afetado por sódio trocável.** Areia, 1995. 50p. Dissertação de graduação- Universidade Federal da Paraíba.

SUAREZ, D.L.; RHODES, J.D.; LAVADO, R.; GRIEVE, C.M. Effect of pH on saturated hydraulic conductivity and soil dispersion. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, v.48, p.50-5, 1984.

SHARUP, A. Effect of exchangeable sodium percentage and persubmergence on yield and nutrition of rice under field conditions. *Plant and Soil*, The Hague, v.85, p.279-88, 1985.

SZABOLCS, I. The problems of soil salinity and alkalinity in tropical agriculture. *J. Trop. Agric.*, v.2, p. 95-109. 1983.

TANJI, K.K. **Agricultural Salinity Assessment and Management.** American Society of Civil Engineers, Manuals practice No. 71, 1990. 618p.

TIWARI, R.J.; DWIVEDI, K.; VERMA, S.K. Effect of gypsum on leaf-water potential of cottons (*Gossypium hirsutum*, *G. herbaceum* and *G. arboreum*) varieties grown in salt-affected vertisol of pradesh. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Dehli, v.63, n.11, p.734-36, 1993.

YAHIA, T.A.; MIYAMOTO, S.; STROEHLEIN, J.L. Effect of surface applied sulfuric acid on water penetration into dry calcareous and sodic soils. *Soil Science of American Journal*, Madison, v.39, p.1201-1204, 1975.

ZAHOW, M.F.; AMRHEIN, C. Reclamation of a saline sodic soil using synthetic polymers and gypsum. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.56, p. 1257-260, 1992.

ZAITER, H.Z.; SAADE, M. Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition on tepary and common bean cultivars. *Communications in Soil Science*, New York, v.24, n.142, p.109-123, 1993.