



Universidade Federal
de Campina Grande

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PEDRO JORGE DA SILVA SEVERO

**INCUBAÇÃO E DOSES DE ENXOFRE ELEMENTAR SOBRE OS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO COM EXCESSO DE SAIS
E SÓDIO**

Pombal, PB

2017

PEDRO JORGE DA SILVA SEVERO

**INCUBAÇÃO E DOSES DE ENXOFRE ELEMENTAR SOBRE OS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO COM EXCESSO DE SAIS
E SÓDIO**

Trabalho de conclusão de curso (TCC), requerido pelo curso de Bacharelado em Agronomia pela Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Josinaldo
Lopes Araújo Rocha

POMBAL, PB
2017

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG**

MON
S498i

Severo, Pedro Jorge da Silva.

Incubação e doses de enxofre elementar sobre os atributos químicos de um solo com excesso de sais e sódio / Pedro Jorge da Silva Severo. – Pombal, 2017.

30f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha".

1. Solo salinizado. 2. Correção do solo. 3. Enxofre elementar. 4. Recuperação do solo. I. Rocha, Josinaldo Lopes Araújo. II. Título.

UFCG/CCTA

CDU 631.413.3(043)

PEDRO JORGE DA SILVA SEVERO

**INCUBAÇÃO E DOSES DE ENXOFRE ELEMENTAR SOBRE OS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO COM EXCESSO
DE SAIS E SÓDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Universidade Federal de Campina Grande -
CCTA, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.
Pombal - PB, 04 de setembro de 2017.
BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha
(Orientador)
UFCG/ CCTA

Prof. Dr. Anielson dos Santos Souza
UFCG/CCTA

Prof. Dr. Adriana Silva Lima
UFCG/CCTA

POMBAL, PB
2017

Resumo

A recuperação de solos com elevada salinidade e alcalinidade requer a utilização de produtos que promovam a redução do pH e diminuam os teores de Na trocável, para melhorar a sua fertilidade. Objetivou-se avaliar o efeito do enxofre elementar sobre os atributos químicos de um solo com altos teores de sais solúveis e Na trocável. Um experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, utilizando-se amostras de um Neossolo Flúvico sódico sálico de textura franco-arenosa. Os tratamentos compreenderam um arranjo fatorial 4 x 5, sendo quatro doses de enxofre elementar (0, 400, 800 e 1.200 mg dm⁻³) e cinco períodos de incubação (0; 7, 14, 21 e 28 dias), sendo realizadas avaliações a cada 7 dias. Foram avaliados os teores de Ca+Mg, K, Na e os valores de pH, CE_{1:5}, PST e a CTC do solo. O enxofre elementar influenciou positivamente os atributos químicos do solo, proporcionando melhor fertilidade. Os períodos de incubação influenciaram positivamente na ação do enxofre. Apesar da eficiência do corretivo no solo, aumentado os teores de Ca, há a necessidade de uma fonte adicional desse elemento no solo.

Palavras-chave: Períodos de incubação, enxofre elementar, correção de solo.

ABSTRACT

The recovery of soils with high salinity and alkalinity requires the use of products that promote the reduction of pH and decrease the levels of exchangeable Na, to improve its fertility. The objective was to evaluate the effect of elemental sulfur on the chemical attributes of a soil with high soluble salts and exchangeable Na. An experiment was conducted in a greenhouse, using samples of a Flavic Sodium Neosol with a sandy loam texture. The treatments consisted of a 4 x 5 factorial arrangement, four elemental sulfur (0, 400, 800 and 1,200 mg dm⁻³) and five incubation periods (0, 7, 14, 21 and 28 days), being evaluated every 7 days. The values of Ca + Mg, K, Na and the values of pH, CE_{1.5}, PST and soil CTC were evaluated. The elemental sulfur positively influenced the chemical attributes of the soil, providing better fertility. Incubation periods influenced positively the sulfur action. Despite the efficiency of the corrective soil, increasing the Ca content, there is a need for an additional source of this element in the soil.

Keywords: Incubation periods, elemental sulfur, soil correction.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo aos meus pais José Severo Neto e Elieuda Maria da Silva Severo e ao meu irmão Dário José da Silva Severo por todo incentivo e dedicação para que nunca faltassem motivos para continuar essa caminhada. Estendo os agradecimentos aos meus familiares avôs, avós, tios, tias, primos e primas que também colaboraram para a minha formação, a todas as amigas que criei durante esse período, com os nossos esforços diários motivando uns aos outros, e a todos os bons momentos que compartilhamos ao decorrer da graduação.

Aos Professores deixo meu muito obrigado pela dedicação e competência em sala de aula e a todo o conhecimento partilhado durante esses anos, um agradecimento especial ao prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha pela disponibilidade, dedicação e a qualidade em seu trabalho tanto como professor como orientador no desenvolvimento do trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	15
Figura 2	16
Figura 3.....	17
Figura 4.....	18
Figura 5.....	19
Figura 6.....	20
Figura 7.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.....	13
Tabela 2.....	22
Tabela 3.....	22

SUMÁRIO

TERMO DE APROVAÇÃO.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1. Salinização dos Solos	3
3.2 Classificações dos solos afetados pela salinidade e sodicidade	5
3.3 Efeitos da salinidade sobre os atributos do solo e sobre as plantas	6
3.4 REMEDIAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS POR SAIS E SÓDIO.....	8
3.4.1 Uso de produtos com ação corretiva	8
3.4.2 Uso de enxofre elementar	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da humanidade é tornar as atividades de exploração dos recursos naturais sustentáveis. Atualmente são evidentes os problemas de degradação dos solos relacionados com atividades antrópicas. Um solo se degrada quando são modificadas as suas características físicas, químicas e biológicas. O desgaste pode ser provocado por esgotamento, desmatamento, erosão, compactação, salinização e desertificação (MAJOR & SALES, 2012). De acordo com Kobiyama et al. (2001) isso acontece em decorrência da adoção de técnicas de exploração dos recursos naturais inadequadas à manutenção do meio ambiente.

. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentos (FAO), aproximadamente 50% das terras irrigadas mundialmente já possuem problemas de salinização e 10 milhões de hectares são abandonados anualmente, em virtude desses problemas. Estima-se que no Brasil há uma ocorrência de 4,5 milhões de hectares comprometidos pela salinização concentrados, sobretudo, no semiárido nordestino.

A agricultura irrigada é uma excelente opção para o crescimento da produção de alimentos principalmente em áreas que tem como característica a irregularidade da distribuição temporal das precipitações. Contudo, em muitos casos a irrigação vem sendo trabalhada de forma inadequada, culminando em vários problemas para o solo que tem refletido diretamente na queda de sua fertilidade causando o conseqüente declínio da produtividade das culturas e até mesmo o abandono da terra (SILVA NETO et al., 2012).

O processo de salinização dos solos é típico de regiões áridas e semiáridas, geralmente resultantes da associação da formação geológica predominante na paisagem, má distribuição das chuvas, drenagem deficiente e exploração agrícola inadequada. A exploração dos recursos naturais com o uso de técnicas inadequadas tem favorecido o aumento do grau de degradação dos solos que, por afetarem a produção agrícola e o meio ambiente, causam uma série de problemas de ordem social e política (PEDROTTI et al., 2015).

No nordeste brasileiro, o fato tem transformado extensas áreas em um deserto de sal. Sendo o solo da caatinga raso e pedregoso, o clima muito quente, colaboram para o processo de salinização. Mas as ações humanas têm influenciado negativamente com as práticas de manejo inadequado da água, desmatamento da vegetação original que deixa o

solo exposto a altas temperaturas da região forçando a transpiração do mesmo, monocultura e pecuária (INACIO, 2013).

Essas características, de forma direta ou indireta, proporcionam desequilíbrios fisiológicos e nutricionais nas plantas, ocasionando diminuição no crescimento e produtividade das culturas (SOUSA et al., 2012, Sá et al., 2015).

A reversão do processo de degradação, bem como a minimização dos impactos ambientais e sociais proporcionados pelas áreas degradadas pelo excesso de sais e de sódio, em áreas irrigadas passa necessariamente pela adoção de técnicas de remediação. Dentre as técnicas disponíveis para este propósito, as mais indicadas são o cultivo de espécies tolerantes e o uso de produtos, cuja reação no solo, proporciona diminuição dos teores de sódio trocável, nos valores de CECs e no pH e aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo (QADIR et al., 2007). Para recuperação dos solos salino-sódicos e sódicos podem ser utilizados alguns corretivos sendo o gesso a fonte de cálcio mais utilizada no Brasil em razão de apresentar menor custo, fácil manuseio e maior disponibilidade no mercado (MELO et al., 2008; Araújo et al., 2011).

O enxofre elementar tem sido igualmente relatado na literatura pertinente como um importante corretivo de solos salinizados, principalmente aqueles afetados por excesso de sódio (STAMFORD et al., 2007; MOHAMED et al., 2007). Seus efeitos são semelhantes aos proporcionados pelo ácido sulfúrico, uma vez que quando o produto é oxidado no solo por intermédio de bactérias *Thiobacillus thiooxidans* ocorre à produção do ácido sulfúrico cujo modo de ação no solo é idêntico ao ácido sulfúrico industrializado, entretanto, em condições de solos salino-sódicos semiárido, poucos trabalhos foram realizados com este produto.

A escolha da técnica ou estratégia adequada para a recuperação ou remediação de solos afetados pela salinidade depende do tipo de problema a ser enfrentando. No Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Distrito de Sousa (PB), onde se estima que 40% dos lotes estão afetados pela salinidade, quase sempre, o excesso de sais está associado com o excesso de sódio trocável, o que exige o uso de corretivos e, ou técnicas capazes de eliminar este cátion da zona radicular das plantas.

2. OBJETIVOS

- Avaliar a influência das doses do enxofre elementar sobre os atributos químicos do solo com excesso de sais e de sódio trocável;
- Avaliar a influência dos períodos de incubação do enxofre elementar sobre as propriedades químicas de um solo com excesso de sais e de sódio trocável.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Salinização dos Solos

A exploração dos recursos naturais é recorrente e está num elevado grau de crescimento, constituindo-se em um dos fatores negativos fomentadores da depleção da diversidade do meio ambiente, aqueles que contaminam o solo figuram como os principais. Existe uma variedade de agentes da contaminação e, entre esses, estão os sais, os quais ocorrem em excesso predominantemente nas regiões áridas e semiáridas.

Em razão do manejo inadequado das práticas de irrigação e drenagem, estas áreas afetadas pela salinização tem se expandido e degradado as áreas anteriormente utilizadas na agricultura. De acordo Freire e Freire (2007), essas áreas só deixarão de expandir no Brasil somente quando houver maior preocupação com os efeitos da irrigação sobre a capacidade produtiva dos solos, com a adoção de práticas de manejo adequadas pra evitar a salinização de locais ainda não atingidos pelo problema, como também com a melhoria das condições dos solos já afetados.

Salinidade do solo é o termo utilizado para se designar o processo de acúmulo de sais na camada superficial do solo, sendo estes prejudiciais para as culturas que nele crescem, tanto cultivadas como nativas. O que pode levar a salinização de um solo é vários fatores ocorrendo em áreas úmidas ou semiáridas, que tem como influencia o solo, e temperaturas da região. Esses seriam os processos naturais, mas a salinização também pode ocorrer através das intervenções antrópicas (INACIO, 2013).

A salinização dos solos pode ocorrer de forma naturalmente (salinização primária), em decorrência de processos pedogenéticos específicos, ou pode ser induzida pela ação do homem (salinização secundária) (AMARAL, 2005).

Segundo Soco (2009), os fatores ambientais (naturais) da salinização e da sodificação são: fenômenos geológicos que aumentam a concentração de sais nas águas subterrâneas e, conseqüentemente, no solo; fatores naturais passíveis de trazerem águas subterrâneas com elevado teor de sais para a superfície, para junto desta ou para cotas acima do nível freático; infiltração de águas subterrâneas em zonas situadas abaixo do nível do mar (microdepressões com drenagem reduzida ou nula); escoamento de águas de zonas com substratos geológicos passíveis de libertarem grandes quantidades de sais; ação do vento, que, nas zonas costeiras, pode transportar quantidades moderadas de sais para o interior.

Os solos salinos encontram-se distribuídos principalmente em regiões de clima árido ou semiárido. Em condições hídricas adequadas, os sais solúveis originalmente presentes nos materiais do solo e os formados pela intemperização dos minerais geralmente são lixiviados para camadas inferiores, atingindo os lenções freáticos e, finalmente, transportados para os oceanos. Portanto, solos salinos não existem em regiões úmidas, exceto quando as águas marinhas. Nas regiões áridas e semiáridas, a baixa precipitação, associada ao efeito da elevada evapotranspiração, dificultado a lixiviação de sais, proporcionando a sua concentração na superfície dos solos e na água superficial (GUARÇONI; SILVA, 2008).

No caso da salinização secundária induzida pela ação humana, o problema de maior importância econômica relativo a solos se apresenta quando, em consequência de irrigação/fertirrigação mal planejada, um solo não salino se torna salino, devido ao excesso de sais na água de irrigação ou de fertilização com altos teores de sais (RICHARDS, 1970).

Os fatores diretamente responsáveis pela salinização dos solos em áreas irrigadas são o uso de água de irrigação com alta concentração salina, elevação do lençol freático por causa do manejo inadequado de irrigação, ausência ou deficiência de drenagem, elevação do lençol freático em decorrência da perda de água por infiltração nos canais e reservatórios e, ou, acumulação de água de irrigação nas partes mais baixas do terreno (GHEYI et al., 1997).

A salinização induzida pelo homem é mais perceptível em ambientes de elevada evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica no curso do ano, manifestando-se de forma mais acentuada nessas áreas em decorrência do manejo inadequado da irrigação, onde o controle da drenagem não é feito ou feito de forma ineficiente (OLIVEIRA, 1997). No Nordeste semiárido atualmente há grandes áreas com

solos salinizados, devido à natureza física e química dos solos, ao déficit hídrico e à elevada taxa de evaporação, com maior incidência do problema nas terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação, nos pólos de agricultura irrigada (SILVA et al., 2011).

Outro fator também responsável pela indução da salinidade é a aplicação excessiva de fertilizantes com índice salino elevado, tais como cloreto de potássio, nitrato de amônia e formulações comerciais, de forma indiscriminada e excessiva, que pode induzir a um incremento da pressão osmótica na solução do solo, prejudicando a germinação das sementes e o desenvolvimento de plantas muito jovens (FIGUEIRÊDO, 2005; WANDERLEY, 2009).

No semiárido nordestino, outro agravante é o despejo no solo de rejeitos ou subprodutos de dessalinizadores sem nenhum tratamento prévio, propiciando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais dos terrenos onde são instalados os equipamentos. A dessalinização por processo de osmose reversa, técnica de purificação de água de poços altamente salina imprópria para consumo humano e animal, produz em média 50% de água potável e 50% de rejeito salino, apresentando baixa qualidade e altos riscos ambientais (PORTO et al., 2001; PORTO et al., 2004; WANDERLEY, 2009).

3.2 Classificações dos solos afetados pela salinidade e sodicidade

Quando este solo apresenta salinidade elevada, ou seja, condutividade elétrica do extrato de saturação superior a 4dS m⁻¹ e o sódio é o íon predominante, dependendo da cultura, verificam-se toxidez nas plantas, dispersão das argilas e desestruturação do solo, acarretando à diminuição da taxa de infiltração da água no solo e reduzindo a produção agrícola (TAVARES FILHO et al., 2012). Neste sentido, faz-se necessário que algumas ações sejam realizadas visando a recuperação destas áreas para torná-las produtivas novamente.

Conforme o tipo de problema, os solos salinizados podem ser classificados como: salinos, salino-sódicos e sódicos (RICHARDS, 1954). Os solos salinos correspondem a solos com elevado teor de sais de Na, K, Ca, Mg que se acumulam no perfil do solo (RIBEIRO et al., 2003). Nestes solos a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) a 25°C é maior do que 4,0 dS m⁻¹, com uma percentagem de sódio trocável (PST) inferior a 15%, geralmente apresentam valores de pH menor que 8,5. Tais solos quase sempre são reconhecidos no campo pela presença de crostas brancas de sal

em sua superfície. Em tais solos, o estabelecimento de um sistema de drenagem eficiente permite, através da lavagem, eliminar o excesso de sais na zona radicular das plantas (RICHARDS, 1954). Nestes solos o aumento da força iônica da solução do solo pelo excesso de sais diminui a energia livre da água, dificultando sua absorção pelas plantas (GUPTA &GOI, 1992).

Solos salino-sódicos são aqueles que apresentam elevados teores de sais solúveis associados a elevados teores de sódio trocável. Esses solos apresentam CEes a 25°C maior que 4,0 dS m⁻¹, PST superior a 15% e pH raramente maior que 8,5. Nestes solos a simples lavagem não é suficiente para sua recuperação. Nesta condição, o excesso de sódio aliado ao seu elevado raio hidratado, promove dispersão de argilas, que podem ser iluviadas no perfil do solo, entupindo os poros, e promovendo a formação de camadas adensadas ou impermeáveis. Em geral sua recuperação requer o uso de corretivos para a remoção do sódio trocável e melhorar a estruturação do solo antes de ser procedida a aplicação de uma lâmina de lixiviação dos sais (GUPTA &GOI, 1992; SANTOS &MURAOKA, 1997).

O solos sódicos são aqueles cuja PST é maior que 15%, com CEesa 25°C, menor que 4,0dS m⁻¹ e valores de pH que variam de 8,5 a 10,0. Nestes solos, a fração argila e a matéria orgânica encontram-se em geral dispersa, o que causa um escurecimento característico na superfície destes solos. A infiltração e a percolação da água são extremamente afetadas, o que causa uma maior dificuldade na sua reabilitação/recuperação. Assim como nos solos salino-sódicos, sua recuperação envolve o uso de corretivos antes da aplicação de uma lâmina de lixiviação (RIBEIROet al., 2003).

3.3 Efeitos da salinidade sobre os atributos do solo e sobre as plantas

A salinidade proporciona alterações químicas e físicas no solo, as quais em última instância refletem no comportamento das espécies vegetais nos quais são cultivadas. A fertilidade do solo é grandemente afetada pelas condições de salinidade. Os solos salinos apresentam elevados teores de ânions como cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonatos e boratos na solução solam que podem causam distúrbios nutricionais às plantas (SANTOS &MURAOKA, 1997). Sob condições de sodicidade um agravante é o elevado pH (> 8,5), o qual origina toxidez de íons como o sódio e o cloro ou deficiências nutricionais, especialmente de micronutrientes catiônicos como o zinco, cobre, manganês, cobalto e ferro (SUAREZ, 2001). Os íons Na⁺ em solos sódicos ou salino-

sódicos promove o deslocamento dos cátions Mg^{2+} , Ca^{2+} e K^+ , substituindo-os no complexo de troca, diminuindo sua disponibilidade para às plantas, e promovendo dispersão de argilas, uma vez que os cátions bivalentes são substituídos por monovalentes promovendo o aumento da espessura da dupla camada difusa (SANTOS & MURAOKA, 1997).

A alta salinidade e o elevado teor de sódio trocável do solo afetam a germinação e a densidade das culturas, limitando a sua produtividade bem como seu desenvolvimento vegetativo. Nos casos mais graves, causa sérios problemas de ordem econômica, com a morte generalizada das plantas, pois tais solos se tornam inaptos para agricultura, sendo então descartados do sistema de produção, tornando-se desertos salinos (BARROS *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2008; MAJOR & SALES, 2012).

Quanto maior a concentração de sódio no solo e mais baixa for a concentração de eletrólitos, maior será a dispersão das argilas e mais elevada será a viscosidade da água, fatores que juntos contribuem infinitamente para redução da condutividade hidráulica e permeabilidade do solo (KEREN *et al.*, 1988), e conseqüentemente da taxa de infiltração de água no solo.

O alto pH, o excesso de sais e de sódio trocável, as propriedades físicas indesejáveis e a reduzida disponibilidade de nutrientes, invariavelmente, prejudicam o crescimento das culturas nesses solos, embora o efeito ocorra em diferentes intensidades conforme a tolerância das espécies vegetais. As principais alterações fisiológicas incluem redução na taxa de crescimento, fotossíntese, condutância estomática, transpiração, condutividade hidráulica das raízes, além de injúrias e abscisão foliar (UDDIN *et al.*, 2011). Além disso, a salinidade promove alterações hormonais na planta, reduzindo a translocação de citocininas para as folhas e elevando o conteúdo de ácido absísico (MUNNS, 2002). Ambas as alterações reduzem a abertura estomática, interferem nas trocas gasosas, na perda de água pelas folhas e, em última instância, na fotossíntese líquida (TAIZ & ZEIGER, 2004). Também a síntese de proteínas em folhas de plantas submetidas à salinidade pode decrescer devido ao déficit hídrico, pelo efeito osmótico da salinidade ou ao excesso de íons específicos.

O efeito mais comum da salinidade é sobre o crescimento devido à redução da área foliar, com conseqüente redução da fotossíntese. A diminuição da área foliar das plantas em condições de estresse salino é um mecanismo importante para a redução das

perdas de água pela planta (MUNNS, 2002). Entretanto, o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa, o que ocorre diretamente na folha, atuando na formação de carboidratos, que são importantes na formação dos órgãos vegetativos e reprodutivos (TAIZ&ZEIGER, 2004).

As consequências principais do processo de salinização do solo são a perda de áreas agricultáveis, a morte de vegetais cultivados (principalmente o feijão, a cebola, a batata e outros tipos mais sensíveis), além do aumento da possibilidade de desertificação. Há medidas de contenção, como a correção do solo ou até a dessalinização por drenagem, mas o mais correto é prevenir tais ocorrências, com técnicas corretas de irrigação e o monitoramento e controle dos índices de salinidade das águas e dos próprios solos (PENA, 2017).

As plantas sensíveis ou hipersensíveis à salinidade, ou que estão mais adaptadas a ambientes não salinos, são denominadas de glicófitas, e representam a maioria das culturas existentes (LARCHER, 2000; YOKOIetal., 2002; WILLADINO&CAMARA, 2010). Quase a totalidade das plantas assim classificadas apresenta algum tipo de comprometimento de alguma fase do seu ciclo quando a concentração de NaCl supera 40 mM, equivalente a condutividade elétrica no extrato de saturação do solo de aproximadamente 4,0 d.Sm-1(RIBEIRO et al., 2007; MUNNS&TESTER, 2008).

No entanto, as plantas glicófitas também apresentam o mecanismo de regulação osmótica celular, contudo são incapazes ou pouco eficientes na compartimentalização dos íons inorgânicos, apresentando assim elevada concentração de sais no tecido fotossintetizante quando submetidas à condição de estresse salino (MUNNS, 2002).

3.4 REMEDIAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS POR SAIS E SÓDIO

3.4.1 Uso de produtos com ação corretiva

O método de recuperação a ser adotado para um solo salinizado pela irrigação depende da porcentagem de sódio trocável do solo. Em porcentagem superior a 15%, recomenda-se a aplicação de corretivos químicos, como gesso ou enxofre elementar, com o intuito de formar sulfato de sódio para lixiviação. Quando a porcentagem de sódio é inferior a 15%, havendo uma boa drenagem da área, apenas a lavagem de sais com água de boa qualidade é suficiente (HOLANDA et al., 1998;

Oliveira et al., 2002). Bons resultados na recuperação de solos salino sódicos têm sido obtidos com o uso de vinhaça (RUIZ et al., 1997; GOMES et al., 2000).

De acordo com Leite et al (2016), o uso de compostos à base de rejeitos de caulim e de vermiculita, associados ou não ao gesso agrícola, contribui para diminuir a salinidade e a sodicidade do solo. Além do emprego de corretivos químicos tem se buscado novas alternativas para a correção da salinidade do solo, em contrapartida o emprego de insumos orgânicos têm mostrado efeitos positivos na recuperação de tais solos (EL-DARDIRY, 2007; MIRANDA et al., 2011).

De acordo com Dias et al. (2016), os solos das regiões áridas e semiáridas podem naturalmente conter sódio trocável em teores suficientes para reduzir significativamente o desenvolvimento e a produtividade das culturas; entretanto, diversos métodos podem ser empregados na recuperação destes solos, sendo a aplicação de melhoradores químicos e material orgânico associado ao emprego de espécies vegetais tolerantes, o meio mais efetivo para amenizar este problema.

Dentre os produtos com ação corretiva da salinidade e da sodicidade destacam-se, resíduos orgânicos, sulfato ferroso, cloreto de cálcio, gesso agrícola, o ácido sulfúrico e o enxofre elementar, os quais têm sido largamente difundidos na literatura (PITMAN&LAÜCHILI, 2002; QADIR et al., 2007; LEITE et al., 2007; SOUSA et al., 2012). Quando empregados corretamente, tais corretivos têm se mostrado eficientes na melhoria das condições químicas e físicas do solo, pela remoção do excesso de sódio trocável, melhoria da estrutura do solo e estabelecimento de um pH mais apropriado para o adequado desenvolvimento das plantas (GILL et al., 2009).

Dos corretivos citados, o gesso tem sido o mais empregado, principalmente devido ao seu baixo custo em relação aos demais. O gesso agrícola é um subproduto da produção do ácido fosfórico, um insumo básico na produção dos diversos adubos fosfatados. O produto também pode ser obtido pela exploração de jazidas de gipsita, o qual quando moído pode ser aplicado diretamente no solo. Seus efeitos positivos na melhoria dos atributos químicos e físicos do solo têm sido verificados em diversos trabalhos (STAMFORD et al., 2007; LEITE et al., 2007; GILL et al., 2008; PAZHANIVELAN et al., 2008; MELO et al., 2008; LEAL et al., 2008). O modo de ação do gesso é bem conhecido. Após sua solubilização, são liberados os íons Ca^{+2} e SO_4^{-2} para a solução do solo. O cátion Ca^{+2} liberado, desloca o sódio do complexo de troca para a solução do solo, enquanto o ânion SO_4^{-2} reage com o Na^+ formado o $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ o

qual, juntamente com uma lâmina de água de percolação, é removido da zona radicular das plantas. A substituição de um íon monovalente (sódio) por um íon divalente (cálcio) tende a aumentar a floculação do solo e, conseqüentemente, sua estruturação. O gesso agrícola, embora tenha reação neutra, alguns trabalhos têm mostrado que o mesmo é capaz de reduzir o pH de solos salinos alcalinos (VITAL et al., 2005; LEITE et al., 2007). Tal fato é atribuído à remoção do perfil dos solos, íons com caráter básico como o Na^+ , CO_3^{2-} e OH^- após a aplicação da água de lixiviação (QADIR et al., 1996).

O enxofre elementar tem sido igualmente relatado na literatura pertinente como um importante corretivo de solos salinizados, principalmente aqueles afetados por excesso de sódio (STAMFORD et al., 2007; MOHAMED et al., 2007). Seus efeitos são semelhantes aos proporcionados pelo ácido sulfúrico, uma vez que quando o produto é oxidado no solo por intermédio de bactérias *Thiobacillus thiooxidans* ocorre a produção do ácido sulfúrico cujo modo de ação no solo é idêntico ao ácido sulfúrico industrializado, entretanto, em condições de solos salino-sódicos semiárido, poucos trabalhos foram realizados com este produto.

Em solos salino-sódico do semiárido, localizados no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, no município de Sousa-PB, alguns estudos já realizados mostraram que a aplicação de gesso agrícola ou enxofre elementar são os produtos com maior eficiência na remediação destes solos, principalmente o enxofre elementar que tem reação ácida durante a sua oxidação (PEREIRA et al., 2010; SOUSA et al., 2012). Nestes trabalhos, após a aplicação das doses dos corretivos e lavagem do solo, os autores observaram significativa redução nos valores de pH, CEEs e PST e aumento nos teores trocáveis e solúveis de cálcio, magnésio e potássio do solo salino-sódico, refletindo em maior desenvolvimento das plantas cultivadas nestes solos.

A quantidade de gesso necessária para a recuperação dos solos salino-sódicos e sódicos pode ser determinada por um teste de laboratório envolvendo o equilíbrio entre o solo e uma solução saturada de gesso ou pode ser calculada em função da PST que se deseja substituir, da capacidade de troca de cátions do solo e da profundidade do solo a ser recuperada (BARROS et al., 2006).

Apesar da grande divulgação do uso do gesso junto com lâmina de irrigação como técnica de recuperação de solos sódicos e salino-sódicos, esta poderá ser ineficiente se a lixiviação dos sais solúveis e do Na^+ trocável forem restringidos por uma baixa

permeabilidade no perfil do solo graças aos altos teores de argila/silte e à matriz do solo dispersa (QADIR *et al.*, 1998).

3.4.2 Uso de enxofre elementar

O enxofre elementar (S^0) é uma das fontes mais eficazes para a acidificação de solos com pH alcalino. Quando aplicado ao solo, somente é absorvido pelas plantas depois de ser oxidado a sulfato (SO_4^{2-}) por meio de reações catalisadas principalmente por microrganismos. Este processo leva a acidificação do solo através da produção de dois mols de H^+ para cada mol de S^0 oxidado. Tais reações de acidificação em solos alcalinos podem aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas (FÓRUM FEPEG, 2014).

Um corretivo muito utilizado para a diminuição do pH de solos minerais em regiões com problemas de alcalinidade é o enxofre elementar (S^0). O seu efeito acidificante está associado à oxidação deste por microrganismos, com consequente formação de ácido sulfúrico e posterior liberação de íons de hidrogênio na solução do solo (HEYDARNEZHAD *et al.*, 2012).

O enxofre elementar tem efeito similar ao ácido sulfúrico na correção dos solos salinos-sódicos, uma vez que quando o produto é oxidado no solo por intermédio de bactérias *Thiobacillus thiooxidans* ocorre a produção do ácido sulfúrico. Este corretivo tem como principais vantagens ser de fácil manuseio e disponibilidade no mercado. Muitos trabalhos têm relatado sua eficácia nestes solos (Stamford *et al.*, 2002; Stamford *et al.*, 2007; Mohamed *et al.*, 2007; Pereira *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2012).

Os microrganismos envolvidos no processo de oxidação são, principalmente, bactérias do gênero *Thiobacillus* (HEYDARNEZHAD *et al.*, 2012) além dos microrganismos, fatores físicos do substrato influenciam na taxa de oxidação do S^0 , como a umidade, aeração, temperatura e teor de matéria orgânica (ORMAN & KAPLAN, 2011).

A oxidação do S elementar ocorre em temperaturas entre 4 e 45 C, com uma faixa ótima entre 25 e 40 C (SIERRA *et al.*, 2007). Quanto à umidade, baixos teores de água limitam a atividade microbiana e reduzem a acessibilidade às partículas de S^0 , que são altamente hidrofóbicas. Porém, teores elevados de umidade reduzem significativamente a oxidação, como consequência da baixa aeração do substrato. Já com

relação à matéria orgânica, maiores teores favorecem a oxidação, o que está associada à utilização deste como fonte de energia e carbono pelos microrganismos (SIERRA et al., 2007).

Sousa et al. (2012) trabalhando com crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos, observaram que a relação às respostas fisiológicas das plantas, em geral, ao enxofre aplicado ao solo salino-sódico proporcionou, em espécies aroeira e pau-ferro, valores para a concentração intercelular de CO₂, condutância estomática e taxa fotossintética em geral semelhante ou superiores aos solos não salinos. Ainda para a espécie aroeira verificou-se que as maiores taxas de transpiração foram observadas no solo não salino e no solo salino-sódico tratados com enxofre elementar.

O enxofre elementar quando adicionado ao solo e com a contribuição das bactérias oxidantes do enxofre, podem contribuir na redução do pH do solo, na substituição do sódio trocável e na lixiviação de sais na forma de Na₂CO₄. O enxofre não libera cálcio diretamente para a substituição do sódio no complexo de troca. As vantagens do uso do enxofre são a possibilidade de fornecer SO₄⁻² que é solúvel e prontamente disponível para as plantas e na redução do pH, sendo utilizado muito utilizado na recuperação de solos salinos e sódicos na região Semiárida do Nordeste brasileiro. A principal desvantagem é o custo, sendo mais caro do que o sulfato de cálcio (STANFORD, et al., 2008; SILVA et al., 2008).

Os corretivos, como o gesso, o enxofre e calcário, são normalmente espalhados no solo e, então, incorporados por aração. A incorporação é especialmente importante quando se usa o enxofre, para proporcionar rápida oxidação à forma de sulfato (SILVA, 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento de agosto a setembro de 2016, em casa-de-vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em Pombal (PB).

Foram utilizadas amostras de um Neossolo Flúvico sódico sálico, com textura franco-arenosa. As amostras foram coletadas na camada de 0-20 cm, no Perímetro

Irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km do município de Sousa (PB) (6°50'15,24"S, 38°17'53,29"W e altitude de 233 m). Na caracterização inicial do solo (Tabela 1), realizada conforme Embrapa (2011), foram avaliados a condutividade eletrolítica do extrato 1:5 (CE1:5), pH, teores trocáveis de Na, Ca, Mg, K.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.

Atributo	valor
pH (CaCl ₂)	9,40
P (mg kg ⁻¹)	8,10
K ⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,33
Na ⁺ (cmolc dm ⁻³)	4,60
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,80
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,30
H + Al (cmolc dm ⁻³)	0,00
SB (cmolc dm ⁻³)	6,02
CTC (cmolc dm ⁻³)	6,02
CEes (dS m ⁻¹)	11,50
V (%)	100,00
PST (%)	76,30
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,00
M.O. (g kg ⁻¹)	13,00
Areia (gkg ⁻¹)	569,00
Silte (g kg ⁻¹)	271,00
Argila (g kg ⁻¹)	160,00
Ds (g cm ⁻³)	1,47
Dp (g cm ⁻³)	2,63
Porosidade (m ³ /m ³)	0,44

Análises realizadas conforme Embrapa (2011). PST: porcentagem de Na trocável; CEes: condutividade eletrolítica do extrato de saturação; M.O.: matéria orgânica, pelo método Walkley-Black; P e K: extraídos por Mehlich-1; Na: teor de sódio obtido pela diferença entre os teores extraídos pela solução de Mehlich-1 e os teores da pasta saturada; Ca e Mg trocáveis extraídos em KCl 1,0 mol L⁻¹.

Os teores trocáveis de Na foram determinados pela diferença entre os teores desse cátion extraído com a solução de Mehlich-1 e os teores solúveis de Na obtidos na pasta saturada (Richards 1954). Os teores de matéria orgânica foram estimados pelo método da

via úmida (Embrapa, 2011). Com os teores trocáveis dos cátions analisados, foi estimada a capacidade de troca de cátions potencial (CTC), porcentagem de Na trocável (PST), relação Ca:Mg e as porcentagens de Ca, Mg e K na CTC do solo. Em virtude dos elevados valores de pH do solo, os teores de H + Al não foram avaliados, pressupondo-se que seus valores seriam nulos. O tempo em dias necessário para que pH do solo e o PST pudessem atingir os valores 6,5 e 15%, respectivamente, foi calculado em função das doses do S⁰ adicionadas ao solo.

Ostratamentos compreenderam um arranjo fatorial 4 x 5, sendo quatro doses de enxofre elementar (0, 400, 800 e 1.200 mg dm⁻³) e cinco períodos de incubação (0; 7, 14, 21 e 28), sendo realizadas avaliações a cada 7 dias. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 1,0 dm³ de solo. A fonte de S⁰ foi o enxofre puro p.a. com 99 % de pureza. Após a incorporação dos corretivos em todo o volume de solo, nos tratamentos correspondentes, o solo de todos os vasos foi mantido por 28 dias com umidade correspondente a 70 % da capacidade de campo.

Para manutenção constante da capacidade campo ao longo do período de incubação, em cada tratamento foi reposta a massa de água perdida pela a evaporação. Para isso, pesaram-se todos os vasos no 1º dia da aplicação da lamina d'água referente à quantidade necessária para suprir a capacidade de campo; a cada dois (2) dias foram pesados todos os vasos até o final do período de incubação, tomando como sendo a massa de água perdida por evaporação a diferença entre a pesagem inicial e a subsequente.

Os atributos avaliados foram teores de Ca+Mg, K, Na, e os valores pH, CE_{1:5}, PST e a CTC do solo . A análise estatística consistiu na análise de variância e teste de médias de Tukey, , e de regressão polinomial, utilizando-se o programa Sisvar 4.1 (FERREIRA, 2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho refletiram, em parte, alguns de seus atributos originais, tais como elevados valores iniciais de pH, condutividade eletrolítica e teores de sais e de Na trocável, e baixos teores de argila (Tabela 1).

Além disso, sua mineralogia das frações silte e argila são caracterizadas pela presença significativa de plagioclásio, feldspato potássico, micas, clorita e anfibólio, como principais fontes de K, Na e Ca (CORREIA et al., 2003).

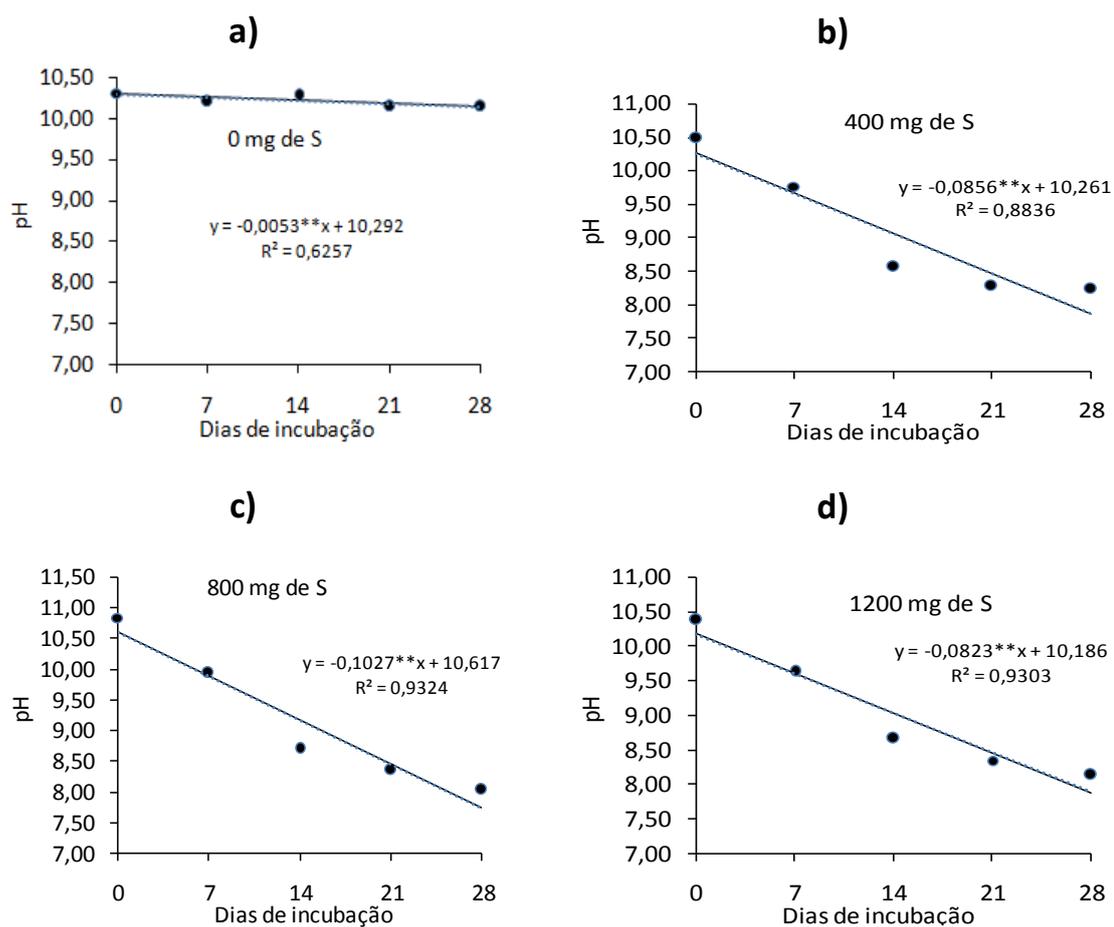


Figura 1 -Valores de pH (a, b, c, d), em função de doses de enxofre elementar (S⁰) e dos dias de encubação a 60% da capacidade de campo, em NeossoloFlúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017). * significativo a 5 %, pelo teste t.

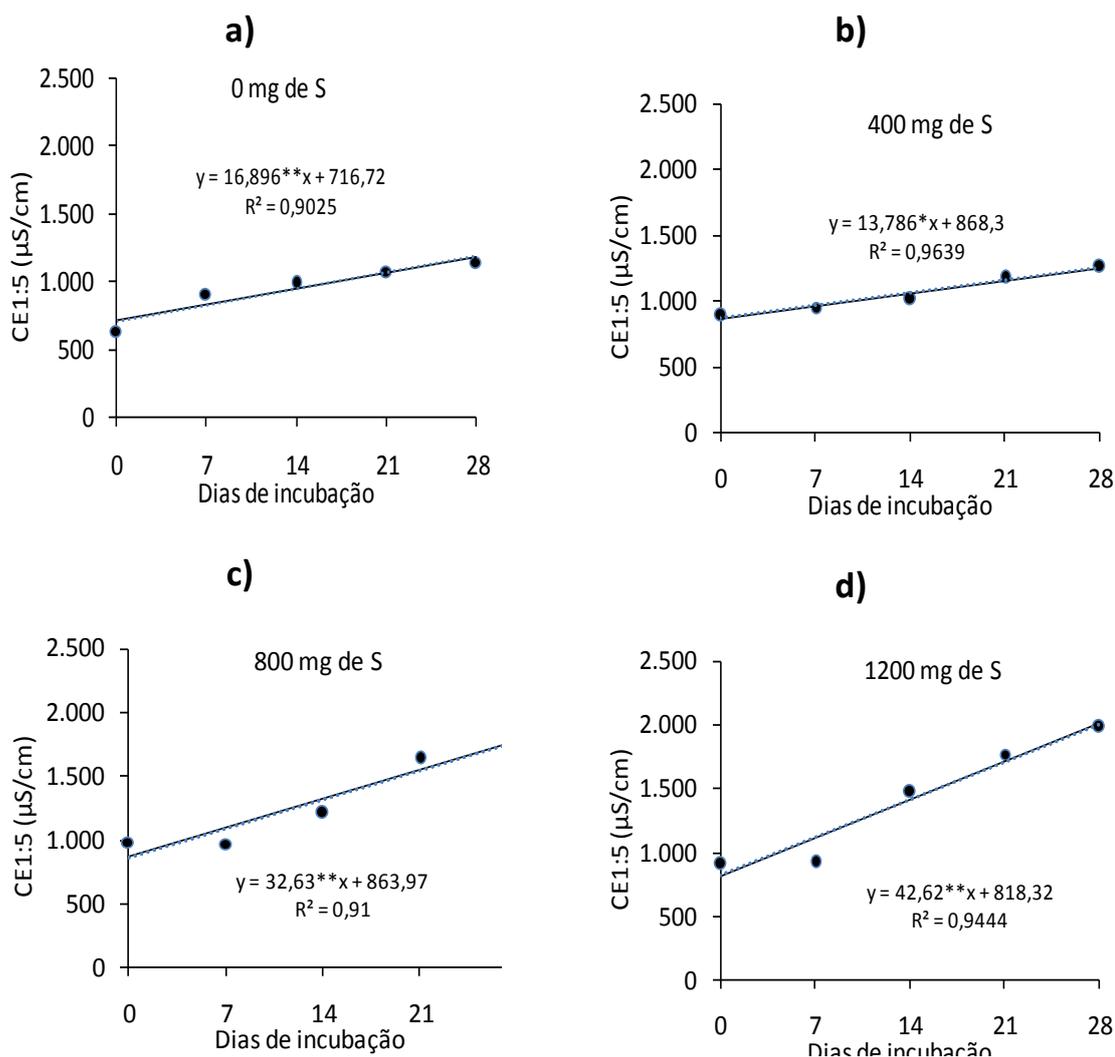


Figura 2 -Valores da condutividade eletrolítica (CE) da relação solo/água 1:5 (a, b, c, d), em função de doses de enxofre elementar (S⁰) e dos dias de incubação a 60% da capacidade de campo, em Neossolo Flúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017). * significativo a 5 %, pelo teste t.

Os tratamentos que corresponderam à dose zero (0) de enxofre elementar, assim como os tratamentos observados no primeiro período de incubação, não proporcionaram mudanças significativas em relação às condições químicas originais do solo (Tabela 1). Excetuado o primeiro período, dose correspondente 400 mg de enxofre elementar conseguiu proporcionar reduções no pH (do solo, no PST (%)) e aumento na CE1:5, nos demais observados, sobretudo no 5º período de incubação. Isso se deve, provavelmente, a adição do corretivo no solo e pelo aumento no tempo de incubação em relação ao primeiro período, sendo que 7 dias de incubação se mostrarão suficientes para serem observados o aumento dos teores de Ca e Mg, aumentando a CE_{1:5} e diminuindo dos teores de N trocáveis. O aumento nos teores de Ca e Mg, por sua vez, ocorreu, provavelmente, devido à ação dos íons H⁺ gerados pelo corretivo, acelerando a hidrólise

de minerais primários do solo, como observado em outros trabalhos (SÁ et al., 2013b, STAMFORD et al., 2015).

A diminuição do PST é resultante da diminuição nos teores trocáveis de Na e da elevação dos teores de Ca e Mg, assim como a geração de sulfato no solo. O aumento da CE1:5, com as doses de enxofre, pode ter sido proporcionado pela elevação na concentração de íons solúveis como o Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} e o próprio H^+ gerado com a oxidação do S^0 (SÁ et al., 2015, STAMFORD et al., 2015).

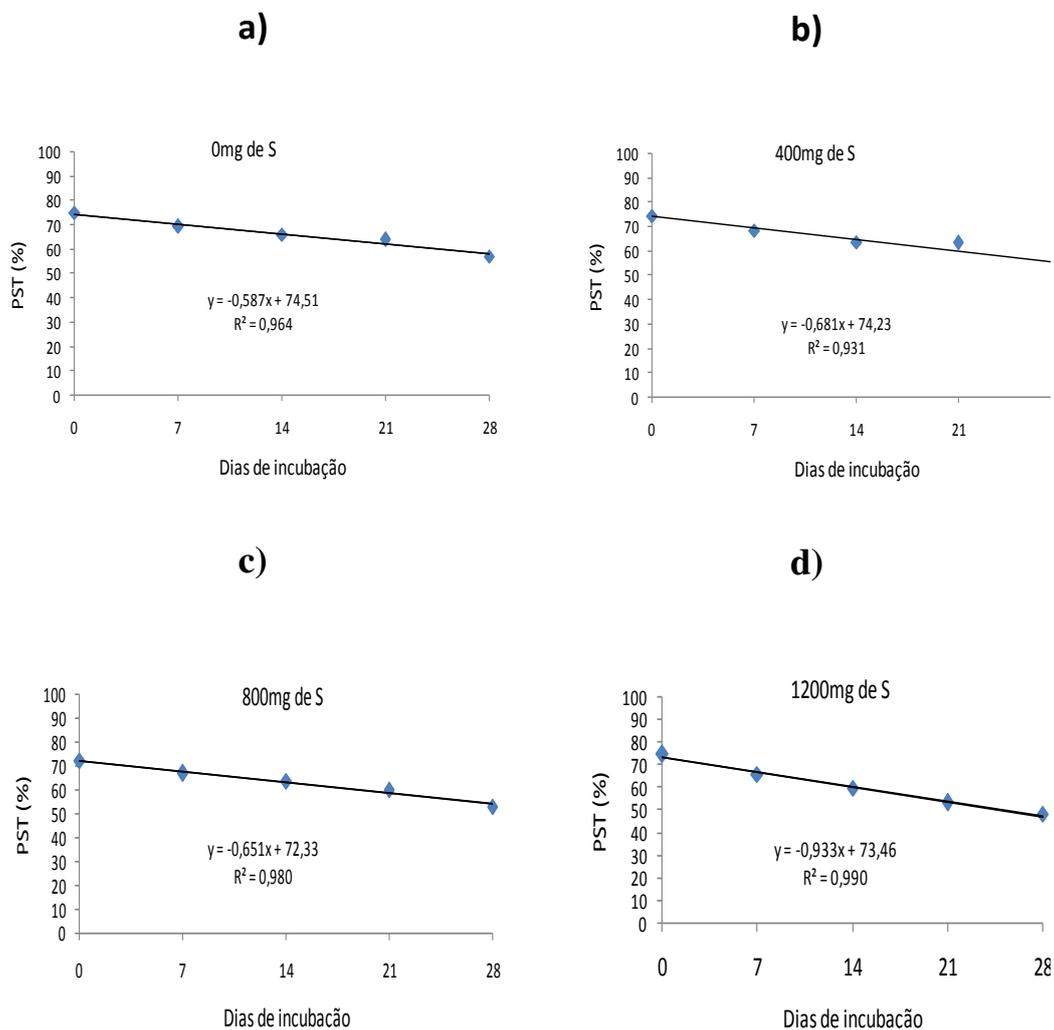


Figura 3 – Valores do potencial de sódio trocável (PST %) (a, b, c, d), em função das doses de enxofre elementar e dos dias de incubação em 60% da capacidade de campo), em Neossolo Flúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017). * significativo a 5 %, pelo teste t.

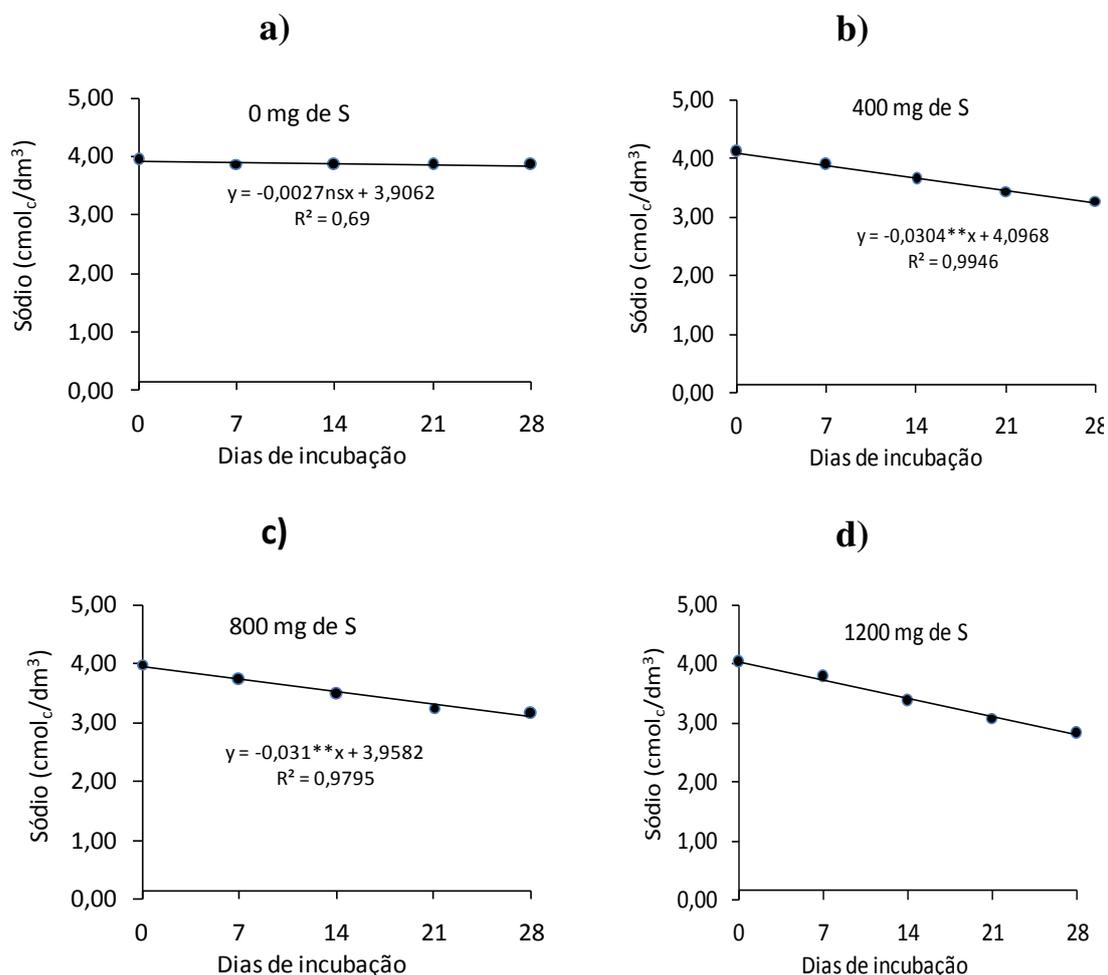


Figura 4 – Valores dos teores de sódio trocável (Na⁺) (a, b, c, d), em função das doses de enxofre elementar e dos dias de encubação em 60% da capacidade de campo), em NeossoloFlúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017). * significativo a 5 %, pelo teste t.

As doses correspondentes a 800mg de S enxofre elementar também influenciaram positivamente as condições químicas do solo, reduzindo o pH do solo, reduzindo o PST, aumentando os teores de Ca, Mg e K e aumentando CE. Tais resultados foram mais positivos do que os relacionados com as doses de 0 e 400 mg de enxofre. Osefeitos também foram melhores à medida que se aumentou o tempo de incubação, por conseguinte, os melhores resultados com aplicação de 400 mg foram os relacionados com o 5 período de incubação. A diminuição dos valores de pH com as doses do corretivo deve-se ao efeito direto da oxidação biológica do enxofre no solo, a qual gera ácido sulfúrico (STAMFORD et al., 2002) e também pelo efeito indireto pelo aumento dos teores de cálcio e magnésio, os quais substituem o Na⁺ no complexo sortivo do solo.

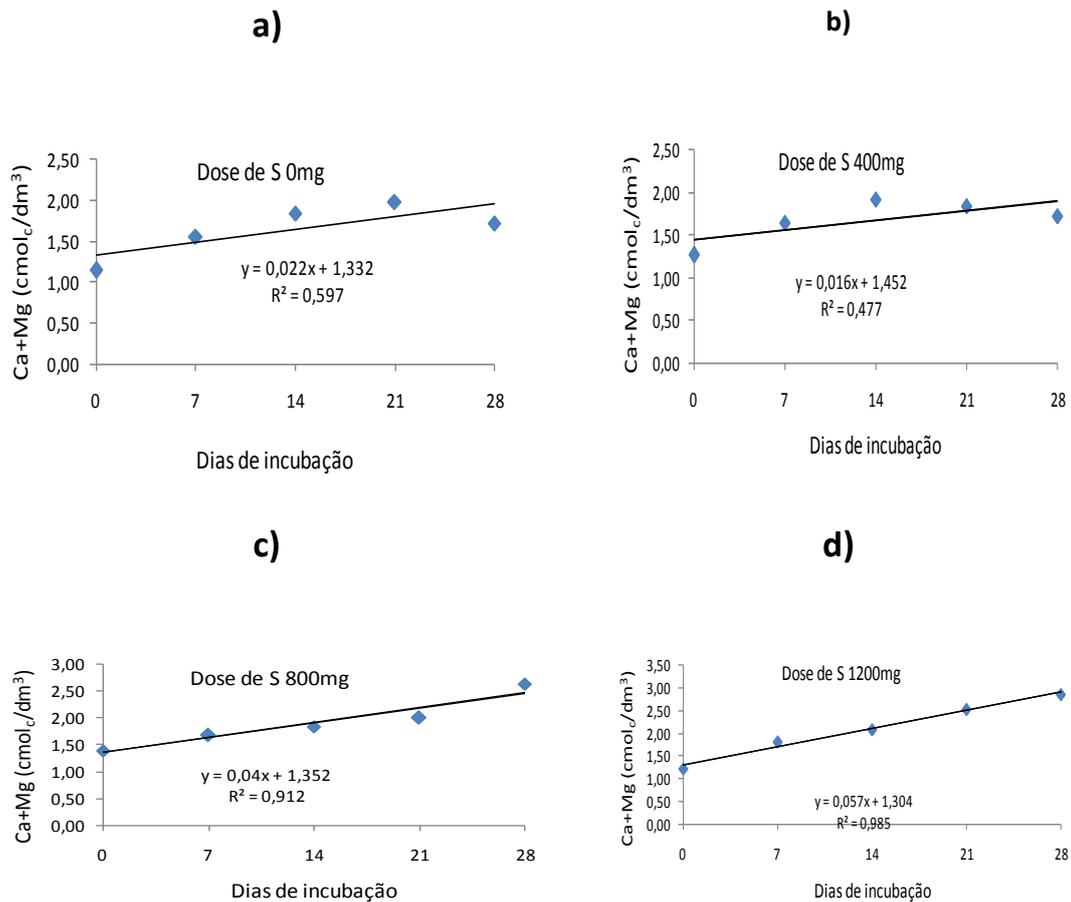


Figura 5 – Teores de Ca⁺ + Ma⁺ (a, b, c, d), em função das doses de enxofre elementar (S⁰) e dos dias de incubação a 60 % da capacidade de campo, em Neossolo Flúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017). * significativo a 5 %, pelo teste t.

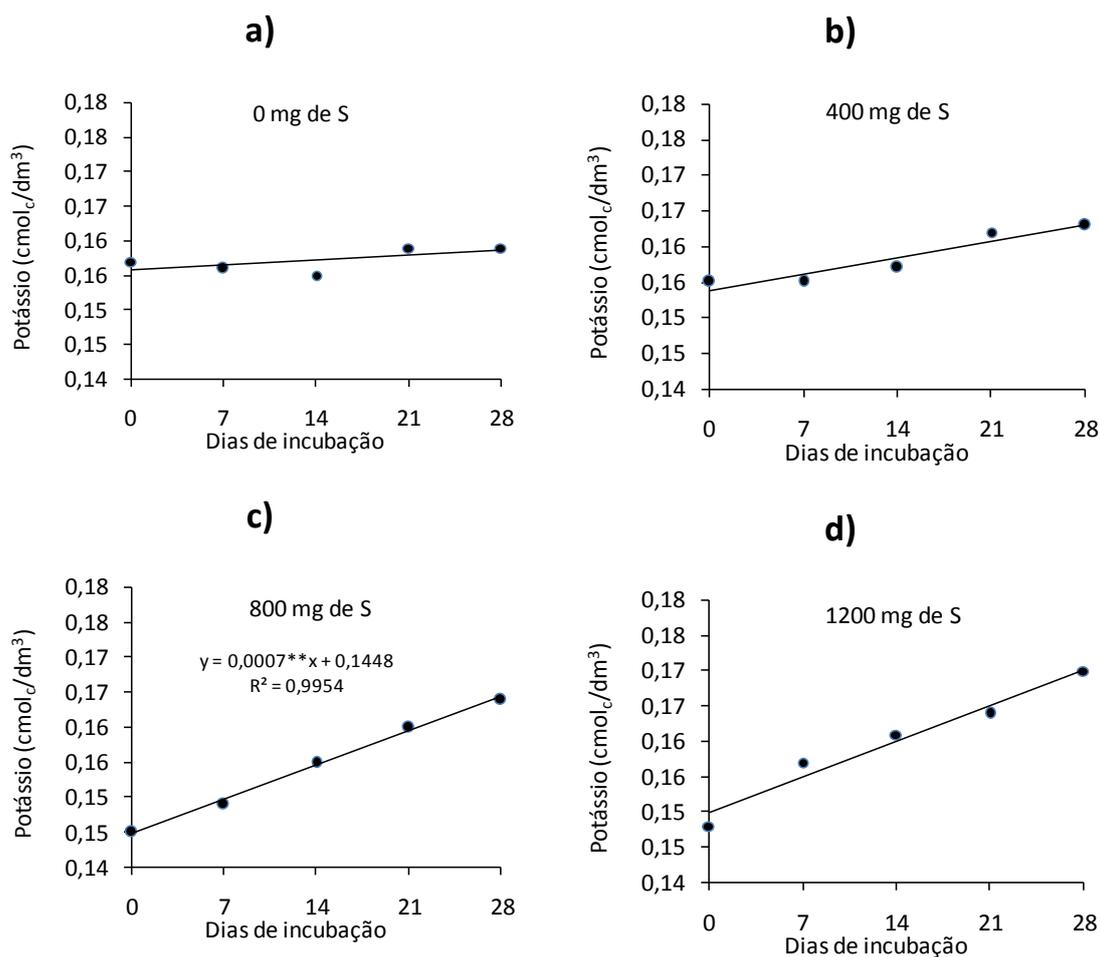


Figura 6 – Teores de Potássio (K^+) (a, b, c, d), em função das doses de enxofre elementar (S^0) e dos dias de incubação a 60 % da capacidade de campo, em NeossoloFlúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017). * significativo a 5 %, pelo teste t.

As doses correspondentes a 1.200 mg de enxofre foram as que obtiveram melhor efeito sobre os atributos químicos do solo, sendo que o tempo de incubação também influenciou na ação da dose sobre o solo, e, novamente, as melhores condições químicas foram observadas no 5 período de incubação do solo. FórumFepeg (2014), que estudado um solo com textura média argilosa, observou que as maiores reduções de pH do solo foram obtidas com 28 dias após a incubação e com o aumento das doses de S-elementar.

Em todos os tratamentos do experimento, a CTC do solo não sofreu alterações significativas, talvez porquena ausência de uma lamina de lixiviação o N trocável não pôde ser lavado, e talvez porque os teores de Ca e Mg liberados não foram o suficiente para aumentar a CTC desse solo. Araújo et al (2015), constataram que apesar

do enxofre elementar se mostrar eficiente na melhoria da fertilidade de um solo salino-sódico, Neossolo Flúvico, contudo, recomendou o uso de fonte adicional de Ca ao solo.

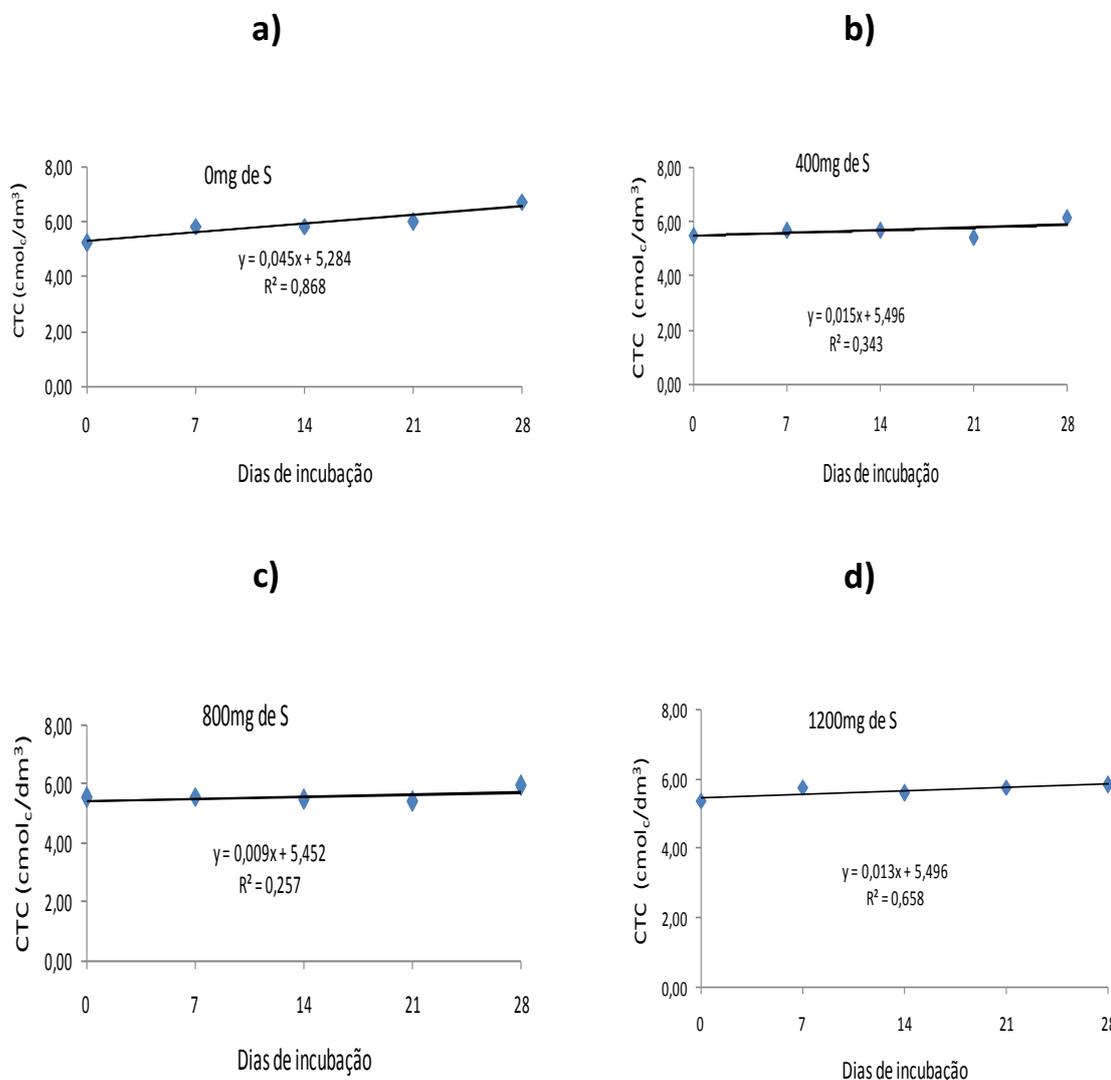


Figura 7 – Valores da CTC (a, b, c, d), em função das doses de enxofre elementar (S^0) e dos dias de incubação a 60 % da capacidade de campo, em NeossoloFlúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017). * significativo a 5 %, pelo teste t.

Ao longo dos períodos observados durante a incubação, pode-se constatar que o tempo de incubação é fator preponderante para o efeito do corretivo no solo, sendo que os melhores resultados, referentes à influência na melhoria da fertilidade dos solos, foram observados à mediada que se prolongavam os dias de incubação. Isso se deve a maior liberação de H^+ para o solo, que tem influência direta e indireta sobre os demais

atributos químicos do solo; provavelmente em razão da maior eficiência da oxidação biológica do enxofre elementar.

Os melhores resultados obtidos entre as estimativas de tempo em dias para que o pH do solo pudesse atingir o valor de 6,5, em função das doses adicionadas, foram observados nas doses 400 e 800mg. Isso se deve, provavelmente, porque essas doses estão dentro dos limites adequados para maior eficiência da ação do enxofre sobre o pH solo. Não foram encontrados resultados semelhantes em outras literaturas.

Tabela 2 – Estimativas de tempo em dias de incubação do enxofre elementar necessário para atingir o pH do solo igual a 6,5, em função das doses de enxofre elementar (S^0) em encubação a 60 % da capacidade de campo, em Neossolo Flúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017)..

Doses	Tempo de incubação
200mg/dm ⁻³	716 dias
400mg/dm ⁻³	44 dias
800mg/dm ⁻³	40 dias
1200mg/dm ⁻³	45 dias

Os melhores resultados obtidos entre as estimativas de tempo em dias para que o PST pudesse atingir o valor de 15%, em função das doses adicionadas, foram observados à mediada que se aumentaram as doses. Com efeito, o melhor resultado foi observado na dose de 1200mg de S^0 . Isso se deve ao aumento da velocidade da ação do enxofre em razão do aumento das doses. Estes resultados são semelhantes aos obtidos em outros trabalhos como em Stamford et al. (2002), Stamford et al. (2007), Pereira et al. (2010) e em Sousa et al. (2012).

Tabela 3 – Estimativas de tempo em dias de incubação do enxofre elementar necessário para atingir um potencial de sódios trocável igual 15%, em função das doses de enxofre (S^0) e dos dias de encubação a 60 % da capacidade de campo, em Neossolo Flúvico sódico sálico (Pombal, PB, 2017)..

Doses	Tempo de incubação
200mg/dm ⁻³	101 dias
400mg/dm ⁻³	87 dias
800mg/dm ⁻³	87 dias
1200mg/dm ⁻³	62 dias

Assim, os resultados deste trabalho fornecem uma melhor compreensão de como os atributos químicos de solos de textura arenosa com excesso de sais solúveis e sódio trocável são afetados, e como se inter-relacionam durante o seu processo de remediação, principalmente em relação ao equilíbrio entre as bases trocáveis, sendo que esses efeitos devem ser levados em consideração na escolha de produtos com ação corretiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O enxofre elementar influenciou positivamente os atributos químicos de solos com excesso de sais e sódio trocável, proporcionando melhor fertilidade.
- Os períodos de incubação influenciaram positivamente na ação do enxofre elementar.
- Apesar da eficiência positiva na ação do corretivo, aumentando os teores de Ca, há a necessidade de uma fonte adicional desse elemento para que o solo fique com os teores adequados para a maioria das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F.CS. do. **Sistema Brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região semiárida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. P. 220.:il.

BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ V., V. H.; RUIZ, H. A. 2005. Aplicação de gesso e calcário na recuperação de solos salino-sódicos do Estado de Pernambuco. **R. Bras. Eng. Agríc.Ambiental**, v.9, p.320-326.

DIAS, AdaanSudÁRIO et al. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALGODOEIRO DE FIBRA COLORIDA CULTIVADO EM SOLO SALINO-SÓDICO E ADUBAÇÃO ORGÂNICA. **Irriga**. Botucatu, p. 260-273. fev. 2016. Disponível em: <revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/download/1974/1445>. Acesso em: 15 jul. 2017.

FAO. FAOSTAT. **Agriculture Data**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 14 fev. 2011.

FIGUEIRÊDO, A. F. R. 2005. **Análise do risco de salinização dos solos da bacia hidrográfica do Rio Colônia – Sul da Bahia**. 84 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

FORUMFEPEG, 8., 2014, Brasília-df. **Utilização de Enxofre Elementar como Alternativa para Acidificação de Solos com pH alcalino**. Brasília-df: Fepeg, 2014. 3 p. Disponível em: <www.fepeg2014.unimontes.br/.../utilizacao_de_enxofre_elementar_como_alternativa_p>. Acesso em: 07 jul. 2017.

FREIRE, Maria Betânia Galvão dos Santos; FREIRE, Fernando José. FERTILIDADE DO SOLO E SEU MANEJO EM SOLOS AFETADOS POR SAIS. In: NOVAIS, Roberto Ferreira et al (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa-mg: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. Cap. 16.

GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. 1997. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 383p.

GUPTA, J.P.; GOI, A.T.R. Effect of gypsum applications on physicochemical characteristics of sodic soil and crop yield of rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticumaestivum*). **Indian Journal of Agronomy**, 37:812-814, 1992.

INACIO, Guilherme. **Caatinga**. 2013. Disponível em: <<http://caatingacoltec.blogspot.com.br/2013/05/a-salinizacao-dos-solos.html>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino sódicos.

JAIN, P. K.; PALIWAL, K.; DIXON, R. K.; GJERSTAD, D. H. 1989. Improving productivity of multipurpose tree on substandard soil in India. **J. For.**, v.87, n.4, p.38-42.

KEREN, R.; SHAINBERG, I.; KLEIN, E. 1988. Settling and flocculation value of sodium-montmorillonite particles in aqueous media. **SoilSci. Soc. Am. J.**, 52:76-80.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. 2001. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.10-17.

LEITE, M.J.H. ; GOMES, A.D.V. ; SANTOS, R.V. ; **ARAÚJO, J.L.** . Crescimento do Maracujazeiro Amarelo em Função de Gesso e Compostos com Rejeitos de Mineralização Aplicados em Solo Salinizado. *Nativa*, v. 4, p. 353-359, 2016.

M., AndreGuarçoni; SILVA, José Geraldo Ferreira da. **SOLOS AFETADOS POR SAIS E QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO**. Vitória-es: Incaper, 2008. 28 p.

MAJOR, I.; SALES, J. C. 2012. **Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<http://www.fdr.com.br/mudancasclimaticas/index.php>> acessado em 16 de junho de 2012.

MOHAMED, A.I.; ALI, O.M; M.A.; MATLOUB, M.A. Effect of soil amendments on some physical and chemical properties of some soils of Egypt under saline irrigation water. **African Crop Science Conference Proceedings**. v. 8. p. 1571-1578, 2007.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, 25:239 – 250, 2002.

PAZHANIVELAN, S. et al. Influence of planting techniques and amendments on the performance of tamarind (*Tamarindusindicus*) and changes in soil properties in rainfed alkali soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, Faisalabad, v. 4, n. 4, p. 285-288, 2008.

PEDROTTI, Alceu et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria-rs, v. 19, n. 2, p.1308-1324, ago. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/16544/pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Salinização do solo"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/salinizacao-solo.htm>>. Acesso em 03 de agosto de 2017.

PORTO, E. R; AMORIM, M. C. C.; SILVA JÚNIOR, L. G. de A. 2001. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal(*Atriplexnummularia*). **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.5, n.1, p.111-115.

PRADO, Hélio do. **Pedologia Fácil: Aplicações na Agricultura**. Piracicaba: Esalq/usp, 2007. 105 p.

QADIR, M. et al. Phytoremediation of sodic and salinesodic soils. *Advances in Agronomy*, Newark, v. 96, n. 1, p. 197-247, 2007.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.16, n. 3, p. 247-252, 2012.

Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. 2003. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S; ALVAREZ, V. H. (eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.165-208.

RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. S.; SANTOS, S. R.; KOBAYASHI, M. K. Classificação da água de poços tubulares do norte do estado de minas gerais para irrigação. **Engenharia na Agricultura**, v.18, n.3, p.17, 2010.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60.

SANTOS, R.V.; MURAOKA, T. Interação salinidade e fertilidade do solo In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.289-317.

SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. V. T.; MEDEIROS, J. F. 2011. Evolução da salinidade em solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.7, n.4, p.26-31.

SILVA, Maria Sonia Lopes da; OLIVEIRA NETO, Manoel Batista de. **NeossolosFlúvicos**. 2017. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz246ynf0t.html>. Acesso em: 15 jul. 2017.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

SOCO. **Agricultura sustentável e conservação dos solos Processos de degradação do solo**. 2009. Disponível em: <<http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/PTFactSheet-04.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

SUAREZ, D.L. Sodic soil reclamation: Modelling and field study. **Australian Journal Soil Research**. 39: 1225–1246, 2001.

SZABOLCS, I. 1979. **Review of research on salt affected soils**. Paris: UNESCO. 137p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia do estresse (Tradução 3ed). IN: TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Ed. Artmed, Califórnia, 2004.

TALEI, D. et al. Salinity effects on macro and micronutrients uptake in medicinal plant king of bitters (*Andrographispaniculata* Nees.). *Plant Omics Journals*, Queensland,

TAVARES FILHO, A. N.; BARROS, M. do F. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. de F.

UDDIN, M.K.; JURAIMI, AA.S.; ISMAIL, M.R.; HOSSAIN, M.A.; OTHMAN, R.; HAHIM, A.A. Effetc of salinity stress on nutrient uptake and chrophyll content tropical turfgrass species. **Australiam,JournalofCrop Science**, 5:620:629, 2011.

v. 5, n. 3, p. 271-278, 2012.

WANDERLEY, R. A. 2009. **Salinização de solos sob aplicação de rejeito de dessalinizadores com e sem adição de fertilizantes**. 52 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade de Federal Rural de Pernambuco, Recife.

HEYDARNEZHAR, F. et al. Influencia of elmental sùlfur and sùlfur oxidizing bactéria on some nutrient deficiency in calcareous soils. **International Journal of Agriculture and crop Sciences**, V4, N. 12, p 735-739, 2012.

ORMAN, S.; KAPLAN, M. Effcts of Elemental sùlfur and formyard manure on Ph amd salinity. Kan soil and some nutrient elements in tomato plant. **Journal of Agriculture Science on techonology**, v 5, P 20-26, 215.

SIERRA, C. B. et al. Azuful Elemental como corrector del PH y la fertilidad de algunos suelos de la III y IV región de Chile. **Agricultura Tecnica**. V. 67, n.12, p 173-181, 2007.