



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
*Campus DE PATOS***

**EFEITO DO GESSO, FÓSFORO E ADUBO VERDE NA
ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELO FEIJOEIRO (*Vigna
unguiculata* (L.) Walp.) CULTIVADO EM SOLO SALINO-
SÓDICO**

EDILSON MENDES NUNES

**PATOS-PB
2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EFEITO DO GESSO, FÓSFORO E ADUBO VERDE NA
ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELO FEIJOEIRO (*Vigna
unguiculata* (L.) Walp.) CULTIVADO EM SOLO SALINO-
SÓDICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito necessário para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, área de concentração Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-árido.

Edilson Mendes Nunes

Orientador: Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos

**PATOS – PB
2008**

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO
CAMPUS DE PATOS - UFCG

N972e
2008

Nunes, Edilson Mendes.

Efeito do gesso, fósforo e adubo verde na absorção de nutrientes pelo feijoeiro (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado em solo salino-sódico/ Edilson Mendes Nunes. - Patos: CSTR/UFCG, 2008.

46p.

Inclui bibliografia.

Orientador(a): Rivaldo Vital dos Santos.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1 - Solos - degradação - Dissertação. 2- Recuperação - corretiva. I - Título.

CDU: 631.8

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: EFEITO DO GESSO, FÓSFORO E ADUBO VERDE
NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELO FEIJOEIRO (*Vigna
unguiculata* (L.) Walp.) CULTIVADO EM SOLO SALINO-
SÓDICO**

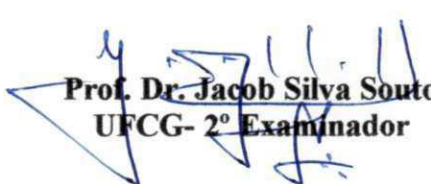
AUTOR: Edilson Mendes Nunes

ORIENTADOR: Dr. Rivaldo Vital dos Santos

APROVADA em 29/02/2008


Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos
UFCG - Orientador


Prof. Dr. Francisco Assis de Oliveira
UFPB- 1º Examinador


Prof. Dr. Jacob Silva Souto
UFCG- 2º Examinador

PATOS - PB
2008

Dedico

A Ernani Nunes que começou essa luta comigo e hoje não está mais aqui para me ver vencer.

A Érlon Gomes Nunes que não estava no início comigo, porém tornou-se minha força e motivação.

Ofereço

A toda minha família e às pessoas que contribuíram para a superação deste desafio.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador por tudo.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade concedida.

Ao Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos pela excelente orientação, compreensão, confiança e paciência.

Ao Prof. Dr. Marcílio Fontes, por me conduzir ao PPGZ.

Ao Prof. Dr. Aderbal Marcos de Azevedo Silva, pelo apoio e principalmente pela confiança e oportunidade.

Ao Prof. Dr. Antônio Lucineudo de Oliveira Freire, pela amizade e apoio acadêmico.

Ao Prof. Dr. Jacob Silva Souto e sua esposa Dr.^a Patrícia Carneiro Souto pelos exemplos de pessoas e profissionais que são.

Ao Prof. Dr. Antônio Amador de Sousa, pelo grande exemplo profissional, postura e dedicação.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ-UFCG), pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Francisco Assis de Oliveira, pela participação na banca e pelas contribuições ao trabalho.

Aos amigos Djair Alves de Melo, Júnior Souto Maior, Ednaldo B. Pereira Júnior, José Carlos de Menezes Júnior, Wladimir Nicolau Sobrinho e todos os colegas do PPGZ a qual torceram e me ajudaram nas diversas etapas dessa fase de minha vida.

Aos funcionários da Biblioteca e do PPGZ.

Aos amigos Alexandre e Aminthas pelo apoio nas análises laboratoriais.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!!!!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Degradação dos solos por sais e sódio.....	3
2.2. Salinização, sodificação e as plantas.....	5
2.3 Correção de solos afetados por sais e sódio.....	7
2.3.1 Utilização de gesso agrícola.....	8
2.3.2 Utilização de matéria orgânica.....	9
2.3.3 Emprego do fósforo.....	11
2.4 Feijão Caupi e a salinidade.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Localização do experimento e condições experimentais.....	15
3.2 Amostragem e caracterização do solo utilizado.....	15
3.3 Instalação e condução do experimento.....	17
3.3.1 Tratamentos.....	17
3.3.2 Aplicação de corretivo e fertilizantes.....	17
3.3.3 Semeadura e desbaste.....	18
3.3.4 Condução do experimento	18
3.4 Variáveis estudadas.....	18
3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Produção de material vegetal seco.....	20
4.2 Macronutrientes na parte aérea.....	22
4.2.1 Efeito do gesso.....	22
4.2.2 Efeito do ácido fosfórico do adubo verde sobre os macronutrientes do caupi.....	25
4.3 Absorção de micronutrientes no feijão vigna	29
4.3.1 Efeito do gesso.....	29
4.3.2 Efeito do fósforo e do adubo verde no teor de micronutrientes.....	31

5 CONCLUSÕES	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

LISTA DE TABELAS**Pg**

Tabela 1.	Atributos físicos do solo utilizado no experimento.....	16
Tabela 2.	Atributos químicos do solo utilizado no experimento (teores disponíveis).....	16
Tabela 3.	Análise química do extrato de saturação do solo.....	16
Tabela 4.	Esquema da análise de variância.....	19
Tabela 5.	Valores de umidade (%), massa seca (%). Cinzas (%), FDN (%) e FDA (%) para a parte aérea do feijão caupi.....	20
Tabela 6.	Diferença máxima significativa (DMS) e Coeficiente de Variação (CV) da aplicação de resíduos vegetais e das doses de fósforo aplicadas ao solo sobre a quantidade de massa seca produzida.....	21
Tabela 7.	DMS e CV da aplicação de resíduos vegetais e das doses de fósforo aplicadas ao solo sobre o teor de macronutrientes.....	25
Tabela 8.	DMS e CV da aplicação de resíduos vegetais e das doses de fósforo aplicadas ao solo sobre o teor de micronutrientes.....	31

LISTA DE FIGURAS		Pg
Figura 1.	Produção de material vegetal seco em função dos resíduos vegetais (RV) e das doses de fósforo aplicadas no solo.....	21
Figura 2.	Teores de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) na parte aérea das plantas de feijoeiro.....	24
Figura 3.	Teor de fósforo na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	26
Figura 4.	Teor de potássio na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	27
Figura 5.	Teores de cálcio (A) e magnésio (B) na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	28
Figura 6.	Teor de potássio na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	28
Figura 7.	Teores de cobre (A), ferro (B), manganês (C) e zinco (D) na parte aérea do feijoeiro em função das doses de gesso.....	30
Figura 8.	Teor de ferro na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	32
Figura 9.	Teor de cobre na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	32
Figura 10.	Teor de manganês na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	33
Figura 11.	Teor de manganês na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico.....	34

NUNES, Edilson Mendes. **Efeito do gesso, fósforo e adubo verde na absorção de nutrientes pelo feijoeiro (*Vigna unguiculata* (L.) walp.) cultivado em solo salino sódico.** Patos, PB: UFCG, 2008. 46 p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia- Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-árido).

RESUMO

O processo de degradação física e química dos solos por sais e sódio é uma das principais limitações enfrentadas pelo produtor em áreas irrigadas. Diversas técnicas têm sido utilizadas na tentativa de recuperação do poder produtivo destes solos, dentre elas, a aplicação de corretivos e matéria orgânica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do gesso, fósforo e resíduo vegetal no crescimento e absorção de nutrientes do feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado em um solo salino-sódico do setor 10 do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB. O experimento foi conduzido em telado do CSTR/UFCG, utilizando-se solo salino-sódico, em esquema fatorial 4 x 2 x 2, correspondendo a quatro doses de gesso agrícola (0,0; 33; 67 e 100% da necessidade de gesso calculada de acordo com os atributos químicos do solo); duas doses de fósforo, via ácido fosfórico (0,0 e 200mg kg⁻¹) e duas de resíduos vegetais picados (0,0 e 35 g.vaso⁻¹), distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Como adubo verde foi utilizada a leguminosa Mucuna Preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy). A leguminosa foi picada e incorporada juntamente com as doses de gesso em seus respectivos vasos. Após essa etapa os vasos foram incubados a 70% da capacidade de campo durante 30 dias. Após a incubação o solo foi lavado nos vasos por 72 h, e procedeu-se a aplicação das doses de fósforo, semeadura do feijão e aplicação de nitrogênio via uréia, como fertilização básica. Após 50 dias da germinação, as plantas foram cortadas, secadas em estufa e analisadas quanto à produção de massa seca e aos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) na parte aérea do feijoeiro. A aplicação de P via ácido fosfórico aumentou a produção vegetal e os teores de P, Ca, Mg, S, Fe e Mn; não influenciou o teor de N e reduziu os teores de K, Cu e Zn. As doses de gesso não modificaram a produção vegetal e o teor de Zn; aumentaram os teores de Ca, S, Mn e Cu; reduziram os teores de P, K, Mg, Fe e promoveram a redução do teor de N na presença de P e adubo verde. O adubo verde reduziu os teores de Ca e Mg na presença de ácido fosfórico, não alterando significativamente nenhuma outra variável.

Palavras-chave: Feijão Caupi, Solos Salino-sódicos, Recuperação.

NUNES, Edilson Mendes. **Effect of the gypsum, phosphorus and green fertilizer in the absorption of nutrients of the bean plant (*Vigna unguiculata* (L.) walp.) cultivated in sodic-saline soil.** Patos, PB: UFCG, 2008. 46 p. (Máster Degree in Husbandry Science – Agrossilvipastoral Systems in Semi-arid).

ABSTRACT

The process of physical and chemical degradation of the soils for salts and sodium is one of the main limitations faced by the producer in irrigated areas. Several techniques have been used in the attempt of recovery of the productive power of these soils, among them, the application of correctives and organic matter. The objective of this work was to evaluate the influence of the gypsum, phosphorus and vegetable residue in the growth and absorption of nutrients of the bean vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivated in a saline-sodic soil of the section 10 of the Irrigated Perimeter of São Gonçalo-PB. The experiment was led in greenhouse of CSTR/UFCG, being used saline-sodic soil, in factorial outline 4 x 2 x 2, corresponding to four doses of agricultural gypsum (zero; 33; 67 and 100% of the need of gypsum calculated in agreement with the chemical attributes of the soil); two phosphorus doses, through phosphoric acid (zero and 200mg kg⁻¹) and two of pricked vegetable residues (00 and 35 g.vaso⁻¹), distributed entirely in random design with four repetitions. As green fertilizer was used the legume Black Mucuna (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy). The legume was pricked and incorporated together with the doses of gypsum in your respective vases. After that stage the vases were incubated to 70% of the field capacity for 60 days. After the incubation the soil was washed in the vases by 72 h, and it was proceeded the application of the phosphorus doses, to sow of the bean and application of nitrogen through urea, as basic fertilization. After 50 days of the germination, the plants were cut, evaporated in greenhouse and analyzed with relationship to the production of dry mass and the contents of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) in the aerial part of the bean plant. The application of P through phosphoric acid increased the vegetable production and the contents of P, Ca, Mg, S, Fe and Mn; it didn't influence the content of N and it reduced the contents of K, Cu and Zn. The doses of gypsum didn't modify the vegetable production and the content of Zn; they increased the contents of Ca, S, Mn and Cu; they reduced the contents of P, K, Mg, Fe and they promoted the reduction of the content of N in the presence of P and green fertilizer and increase in the presence of P and green fertilizer. The green fertilizer reduced the contents of Ca and Mg in the presence of phosphoric acid, not altering any other variable significantly.

Keywords: Caupi Bean, Saline-sodic Soils, Recovery.

1 INTRODUÇÃO

A Região Nordeste ocupa 18,27% do território brasileiro, com uma área de 1.561.177,8 km². Deste total, 962.857,3 km² situam-se no Polígono das Secas, abrangendo oito Estados nordestinos, com exceção do Maranhão, e uma área de 121.490,9 km² em Minas Gerais. Já o Semi-Árido ocupa 841.260,9 km² de área no Nordeste e outros 54.670,4 km² em Minas Gerais, caracterizando-se por apresentar reservas insuficientes de água em seus mananciais (ADENE, 2007). O clima dominante na região é o quente e seco, tipo Bsh pela classificação de Kooppen, onde a evaporação excede a precipitação. As chuvas anuais variam de 150 a 1300 mm, com distribuição irregular no tempo e no espaço. A umidade relativa do ar apresenta valores médios em torno de 50% (SUDENE, 1972), a temperatura média diária é de 28°C (ARAÚJO FILHO *et al.*, 1995). A evapotranspiração potencial anual é de aproximadamente 2000 mm, como resultado da alta taxa de insolação que atinge valores de até 2800 h/ano (LIMA, 1996; NASCIMENTO, 1997).

A grande abrangência das áreas semi-áridas na região, principalmente na faixa onde a SUDENE denominou de polígono das secas favorece o aparecimento de solos salino e solos salino-sódicos devido às agruras climáticas próprias do polígono. A utilização de mecanismos de irrigação e de sistemas de drenagem deficientes aliados à alta insolação são os principais agentes condicionantes da degradação por sais e sódio (RICHARDS *et al.*, 1974; VIANA *et al.*, 2001). Esta condição diminui, e em alguns casos, inviabiliza a capacidade produtiva do solo, visto que o excesso de sais prejudica o comportamento germinativo, vegetativo e produtivo das plantas, pela ação dos efeitos diretos sobre o potencial osmótico e dos íons potencialmente tóxicos na solução do solo (CAVALCANTE, 2000; FREIRE *et al.*, 2003).

Como consequência existem diversas áreas, dentre elas, perímetros irrigados, que por vezes receberam investimento público, com alto grau de degradação por sais, abandonados ou apresentando baixa produção. O manejo destes solos é bastante difícil visto a complexidade que é peculiar dessa condição pedo-edafológica. Basicamente o processo de recuperação de solos salinos se dá pela adição de água suficiente para lavar o excesso de sal, porém esse processo nem sempre é simples, pois na maioria dos casos os aspectos físicos do solo dificultam a percolação da água e a lixiviação dos sais. Solos afetados por sódio têm sua recuperação vinculada à substituição deste elemento por cálcio, que pode ser oriundo da dissolução de minerais de gesso e cloreto de cálcio, ou da água de irrigação com íons de cálcio (SANTOS e HERNANDES, 1997).

A recuperação desses solos é de fundamental importância para o desenvolvimento da região nordestina. Diversas técnicas são utilizadas na tentativa de reabilitação dessas áreas. A aplicação de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tem se mostrado eficiente principalmente como condicionante dos aspectos físicos do solo, embora tenha pouca ou nenhuma ação direta sobre o pH (COUTO *et al.*, 1979; PAVAN, 1984; VITAL, 2002).

Em solos salinizados há um desbalanço dos nutrientes disponíveis para as plantas. O fósforo foi detectado como agente limitante da produção em solos salinos; visto que a utilização de fertilizantes a base de fósforo tende a aumentar significadamente a produção. Uma das explicações para a deficiência de fósforo no solo é a precipitação deste nutriente, juntamente com o cálcio e tornando-se indisponível para a planta (COX, 1991).

A utilização de adubação verde também se torna bastante compensadora em solos salinos, visto que, além de agir quimicamente na adição de nitrogênio, possui características que melhoram fisicamente os solos aumentando o teor de matéria orgânica, melhorando a estabilidade dos agregados, a densidade global, a porosidade, a taxa de infiltração e retenção de umidade, além de promover a reciclagem de nutrientes entre os horizontes do solo (DEPOLLI *et al.*, 1996). Em solos com alto pH a matéria orgânica pode ainda atuar como fornecedora de cargas hidrogeniônicas, corroborando para a diminuição do pH do solo (SOUZA *et al.*, 2000).

Outro aspecto relevante é a busca de culturas que se adaptem às características dos solos salino e salino-sódicos, vegetais que tolerem tais adversidades. O feijão Caupi; que é consumido sob as formas de grãos secos e verdes pelo homem, além de seus caules e ramos serem usualmente utilizados na alimentação animal (SILVA e OLIVEIRA, 1993) servindo ainda como adubo verde (ESPÍNDOLA *et al.*, 1997).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do gesso, fósforo e resíduo vegetal na absorção de nutrientes pelo feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado em solo salino-sódico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Degradação do solo por sais e sódio

O processo de salinização dos solos é função de vários fatores. Os dois mais importantes são: o mineralógico que é resultado da transformação dos elementos trocáveis da crosta terrestre em solúvel e o segundo está diretamente relacionado à climatologia e manejo inadequado (OLIVEIRA, 1997), que pela ação da temperatura, provoca a redução do teor de umidade e, em consequência, aumenta a concentração de sais dos solos (DINIZ, 1999). Do ponto de vista antrópico há muitos outros fatores. Dentre eles destaca-se a seleção dos métodos de irrigação, o índice de salinidade dos fertilizantes e o transporte de sais aos solos através das irrigações (FREIRE, 1992; FREIRE, 1997).

O clima de uma região é o determinante a ser considerado no uso da irrigação. Sendo a pluviosidade e a evapotranspiração preponderantes no processo de rega das culturas (HOLANDA e AMORIM, 1997), ao mesmo tempo em que são fatores co-participantes do processo de salinização secundária dos solos.

Em diversas situações a irrigação se torna necessária, visto que a demanda de água pelas culturas quase sempre não é suprida pela pluviosidade, principalmente em zonas áridas e semi-áridas. Muitas vezes essa irrigação contribui para o aumento da salinização dos solos: com as irrigações, os sais contidos na água acumulam-se na zona radicular, diminuindo a disponibilidade desta pelo aumento da pressão osmótica no solo e, por conseguinte, acelerando sua escassez. (BERNARDO, 1996)

A compreensão do processo de salinização permite encontrar formas de evitar seus efeitos e diminuir a probabilidade de redução dos rendimentos das culturas (AYERS e WESTCOT, 1991).

A salinidade e a sodicidade compõem-se num problema de ordem mundial. América do Norte, Ásia e Europa possuem áreas degradadas por sais. Esse problema possui enorme relevância em áreas áridas e semi-áridas do planeta, embora seja cada vez mais comum o aparecimento de manchas em regiões úmidas, como é o caso do sul e sudeste da Ásia (VILLELA, 1999). No Brasil, em virtude do clima, o Nordeste concentra a maior parte das áreas salinizadas do país.

A salinidade e a sodicidade são condições do solo que ocorrem principalmente nas regiões áridas e semi-áridas do mundo. Uma avaliação nessas áreas revela 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 e ABROL, 1990).

A degradação por sais e sódio ameaça seriamente a agricultura em zonas onde a evapotranspiração potencial é alta. Essa condição afeta o rendimento dos cultivos, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade. A redução da produtividade das culturas está diretamente relacionada a três principais efeitos: o fechamento estomático que limita a assimilação líquida de CO₂, e que é consequência dos efeitos osmóticos dos sais; a inibição da expansão foliar que reduz a área destinada ao processo fotossintético, sendo consequência do acúmulo excessivo de íons tóxicos, de distúrbios na nutrição mineral e, ou da redução na turgescência; e a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilado (BERNSTEIN *et al.*, 1993; MUNNS, 2002; LACERDA *et al.*, 2003).

Em razão dos problemas com sais, os solos podem ser classificados como salinos e alcalinos (salino-sódicos e sódicos). A salinidade refere-se a concentração de sais solúveis do solo e aos aspectos tóxicos e osmóticos dos nutrientes, relacionados com a nutrição mineral das plantas. A alcalinidade relaciona-se mais à ação dos sais sobre os solos, que promovem a alteração da estrutura, diminuição da infiltrabilidade de água, da condutividade hidráulica e da aeração, além de concentrar o solo em sódio trocável, carbonato e bicarbonato (CAVALCANTE, 2000).

Solos salinos são aqueles que apresentam condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) maior que 4 dS m⁻¹ a 25 °C. A porcentagem de sódio trocável (PST) deve ser menor que 15%, o pH desses solos não costuma ultrapassar 8,5. Esses solos geralmente apresentam uma crosta em sua superfície, sendo denominado de “álcali branco”. Por apresentarem boa permeabilidade, esses solos salinos são recuperáveis através da lavagem e lixiviação pela drenagem que eliminam o excesso de sais por lixiviação (RICHARDS, 1974; PIZARRO, 1985; CAVALCANTE *et al.*, 1998; SILVA, 2004).

Solos sódicos apresentam PST maior que 15%, com CEes menor que 4 dS m⁻¹ a 25 °C; com pH variando entre 8,5 até mais de 10. Estes solos apresentam sérios problemas de ordem física, principalmente no que diz respeito à percolação da água, o que torna bastante difícil a reabilitação. Outra característica desses solos é a formação de uma camada escura em sua superfície decorrente da dispersão da matéria orgânica e da argila dispersas pela presença sódio (RICHARDS, 1974; QUEIROZ *et al.*, 1997; QADIR *et al.*, 1998).

Solos contendo altas concentrações de sais solúveis e altos níveis de sódio trocável são denominados solos salino-sódicos. Estes solos possuem condutividade elétrica do extrato

de saturação (CEes) maior que 4 dS m^{-1} a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, com pH localizando entre 8,5 a 10. Estes solos apresentam, além de problemas químicos, a formação de camadas adensadas e impermeáveis que dificultam a percolação e o desenvolvimento das raízes. Diversos autores (SILVA, 2004; GHEYI *et al.*, 1995; HOLANDA, 2000; CAVALCANTE, 2000; GOMES *et al.*, 2000; VITAL, 2002) têm demonstrado que o uso de corretivos químicos associados à lavagem tem surtido efeitos significativos.

Os principais íons causadores da salinidade são cálcio, magnésio, sódio, cloreto, sulfato e, ainda, com menos frequência, potássio, carbonato e bicarbonato (QUEIROZ, *et al.*, 1997). A neutralização de tais íons elimina seus efeitos indiretos e diretos sobre as plantas e diminui o pH da solução dos solos sob condições de sodicidade, melhorando a fertilidade do solo. Santos e Hernandez (1997) descrevem as interações entre a fertilidade e a salinidade dos solos e enfatizam a sua importância na produção das culturas.

2.2 Salinização, sodificação e as plantas

Os distúrbios causados pela salinidade e sodicidade, dependendo da espécie de planta, provocam, entre outros fatores, danos ao aparato fotossintético, senescência precoce além de reduções na absorção de nutrientes essenciais e de água. Desta forma, o efeito da salinidade sobre a fisiologia das plantas é um processo que envolve várias etapas, cuja complexidade não foi ainda completamente elucidada. É difícil estabelecer se os efeitos da salinidade sobre a absorção de nutrientes são restritos ao campo osmótico, ao campo da toxicidade iônica, ou a ambos (VIÉGAS, 1999).

As culturas se comportam de forma diferente quanto à tolerância à salinidade da água de irrigação. O feijão vigna, por exemplo, tolera uma CE da água de até $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, para uma produção de cerca de 90% do potencial produtivo (HOLANDA e AMORIM, 1997).

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 (SERTÃO, 2005). 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.

Sabe-se, também, que as espécies e cultivares se comportam diferentemente em relação à salinidade, isto é, cada espécie de planta ou cultivar tolera até certo nível de salinidade, sem reduzir o seu rendimento potencial (salinidade limiar - SL). A partir desse limite, passa a diminuir a produtividade com o incremento da salinidade do solo ou da água (MAAS e HOFFMAN, 1977; RHOADES e LOVEDAY, 1990; MEDEIROS, 1998).

De acordo com Jeffrey e Izquierdo (1989), os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais podem ser resumidos em: seca fisiológica provocada pela redução no potencial osmótico; desbalanço nutricional devido à inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e ao efeito tóxico específico dos íons sódio e cloro provocando redução no crescimento e na produção das plantas. No mesmo sentido Tester e Davenport, (2003) afirmam que o efeito mais comum da salinidade sobre a planta é, geralmente, detectado no crescimento, em razão do abaixamento do potencial osmótico da solução do solo, com conseqüente diminuição da disponibilidade e da absorção de água, afetando a divisão e o alongamento das células. Além do efeito osmótico, pode haver acúmulo de íons de sódio e/ou cloreto, afetando, negativamente, o crescimento das plantas, por seu efeito tóxico e/ou por causar desequilíbrio nutricional.

A salinidade na rizosfera acarreta redução na permeabilidade das raízes para água, dando origem ao estresse hídrico. Em conseqüência, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condições de estresse salino (O'LEARY, 1971). Além desse fato, o NaCl afeta a síntese e a translocação para a parte aérea da planta de hormônios sintetizados nas raízes, indispensáveis para o metabolismo foliar (PRISCO, 1980).

Plantas muito sensíveis à salinidade absorvem água do solo, juntamente com os sais, possibilitando a toxidez pelo excesso de sal absorvido. Tal excesso promove desbalanços no citoplasma, fazendo com que os danos apareçam principalmente nas bordas e nos ápices das folhas, regiões onde ocorre o acúmulo dos sais absorvidos (LIMA, 1997).

Segundo Bergmann (1992), altos níveis de Na promovem redução do crescimento vegetativo por inibir principalmente a absorção de Ca.

Morfológicamente os efeitos salinos são diversos: Silva *et al.* (2000) verificou, em mudas de aroeira, que o NaCl reduziu os índices de eficiência de utilização dos nutrientes, embora sua translocação não tenha sido alterada. No mesmo estudo os sintomas de toxidez da salinidade em aroeira foram caracterizados por manchas avermelhadas ao longo das nervuras foliares, inicialmente nas folhas velhas, evoluindo para um amarelecimento/avermelhamento

do limbo foliar, queima das bordas e ápice do limbo e queda da folha em estágio mais avançado.

Azevedo Neto e Tabosa (2000) verificaram que a razão raiz/parte aérea aumentou com o aumento da salinidade da solução do solo, bem como houve uma influência negativa na área foliar na cultura do milho. A germinação também é afetada pelo estresse salino, diversos autores têm constatado esse fenômeno, em diversas culturas, como nos casos de Magalhães e Carrelli (1972) em feijão, Sharma (1976) em forrageiras, e Pereira (1997) em algodão.

Apesar de, geralmente, o efeito salino ser negativo, existem plantas classificadas como halófitas ou natrófilas, para as quais o elemento sódio é benéfico (MARSCHNER, 1995), com estímulo ao crescimento. Segundo Bergmann (1992) e Lima (1997), tais plantas têm a capacidade de estabelecer equilíbrio osmótico com o baixo potencial de água no solo. Isto é possível por acumularem os íons absorvidos no vacúolo das células foliares, mantendo a concentração salina no citoplasma e nas organelas em baixos níveis, de modo a não interferirem nos mecanismos enzimáticos e metabólicos e na hidratação de proteínas das células.

2.3 Correção de solos afetados por sais e sódio

A utilização de condicionadores, como gesso, ácido sulfúrico, enxofre ou aplicação de grandes quantidades de matéria orgânica, é solução para solos com problemas de sodicidade. Trabalhos realizados pelo Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal da Paraíba (AZEVEDO, 1983; LEITE, 1990; GHEYI, 1993; GHEYI *et al.*, 1995; SILVA, 2004/1997) mostram resultados satisfatórios com a utilização desses produtos. Almeida (1994) trabalhando com a vinhaça, conseguiu excelentes resultados em solo salino-sódico.

Gomes *et al.* (2000) conseguiram bons resultados trabalhando apenas com inundação no cultivo de arroz irrigado; neste estudo ele diminuiu a quantidade de sais na camada de 0 – 20 cm, independente do emprego dos condicionadores químicos ou orgânicos.

Santos e Hernandez (1997) listaram diversas técnicas de recuperação de áreas degradadas por sais e sódio. As técnicas fundamentais são: **lavagem do solo** e o **melhoramento químico**. As técnicas auxiliares, listadas pelos mesmos autores são: melhoramento da drenagem, sistematização e nivelamento da área, lavras superficiais; aração

profunda, subsolagem, misturas com areia, inversão de perfis, aplicação de resíduos orgânicos e cultivos de elevada evapotranspiração.

Basicamente o processo de recuperação de solos salinos passa pela adição de água em quantidade suficiente para diluir o excesso de sais solúveis do solo e carregá-los através do perfil (SANTOS e HERNANDEZ, 1997).

A recuperação de solos sódicos ou salino-sódicos torna-se mais difícil e demorada em virtude das complicações físicas que esses solos apresentam. A argila e a matéria orgânica destes solos são dispersas pelo sódio, reduzindo a agregação das partículas e desestruturando o solo; esse fato diminui o movimento de água e ar e, por conseguinte, dificulta o manejo do solo e o desenvolvimento radicular. Sobre a recuperação desses solos Santos e Hernandez (1997) afirmam que a recuperação de solos afetados por sódio envolve a substituição do sódio trocável pelo cálcio o qual pode ser oriundo da dissolução de minerais do solo, do gesso e cloreto de cálcio, ou da água de irrigação com íons de cálcio. A correção de solos salino-sódicos exige a remoção de parte ou da maioria do sódio trocável que faz parte do complexo de troca do solo, e sua substituição por outros íons, preferencialmente o cálcio, na zona radicular. Isso pode ser feito de muitas maneiras, dependendo das fontes de corretivos disponíveis, tipos de culturas que serão desenvolvidas e da intensidade de degradação do solo.

2.3.1 Utilização de gesso agrícola

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, principalmente o gesso, tem sido uma alternativa para a recuperação desses solos.

Holanda e Amorim (2007) verificaram que espécies arbóreas apresentaram uma severa redução em seu crescimento quando cultivadas em solos salinizados sem aplicação prévia de corretivos, e a partir da adição do gesso e ácido sulfúrico, principalmente ácido sulfúrico as plantas apresentaram crescimento mais acentuado.

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), um subproduto da indústria de ácido fosfórico, comumente chamado de fosfogesso que contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo e ferro, é largamente disponível em muitas partes do mundo. Somente no Brasil, cerca de 4,5 milhões de toneladas são produzidas anualmente (VITTI, 2000). A eficiência do gesso como corretivo é dependente da dissolução. Alguns dos fatores

que influenciam a taxa de dissolução do gesso no solo são a granulométrica das partículas do gesso e o método de aplicação do corretivo (BARROS *et al.*, 2004). O tamanho da partícula de gesso aplicada ao solo tem influência direta sobre a eficiência do corretivo. Isso pode ser explicado pela facilidade que uma partícula menor teria em interagir com os elementos diluídos na solução do solo (CHAWLA e ABROL, 1982; ELSHOUT e KAMPHORSTA, 1990).

O gesso como agente corretivo, age principalmente como agente condicionante do solo. Borges *et al.* (1997a) observaram que doses elevadas de gesso, em solos com camada subsuperficial compactada, promoveram efeito floculante no solo. Parte dessas observações foram confirmadas por Borges *et al.* (1997b), que trabalhando com solos compactados, observaram redução nos valores de densidade do solo, com o aumento das doses de gesso aplicadas. O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sal neutro com solubilidade de aproximadamente $2,1 \text{ g.l}^{-1}$, a $25 \text{ }^\circ\text{C}$; naturalmente presente solos das regiões áridas e semi-áridas, e bastante utilizado como corretivo químico dos solos. Suas principais vantagens são a economia e fácil disponibilidade e manuseio (ARSLAN e DUTT, 1993).

Vital (2002) conseguiu melhorias significativas no PST e pH de um solo salino-sódico, após aplicação de gesso. A mesma autora verificou que o gesso exerceu efeito positivo sobre a disponibilidade de nutrientes e no crescimento inicial do cajueiro Anão precoce em solo salino-sódico. Observou também que o corretivo acelerou o aumento de cálcio, de fósforo do solo, reduziu a percentagem de sódio trocável (PST) e o pH do extrato de saturação do solo. A aplicação seqüencial de gesso e fósforo promoveu aumento significativo nos teores de P e redução do Na^+ trocável do solo.

Sousa (1995) utilizou gesso agrícola e matéria orgânica na água de irrigação sobre a melhoria de um solo afetado por sódio trocável, o gesso e a matéria orgânica resultaram na melhoria da condutividade hidráulica, reduziu a condutividade elétrica e os teores de sódio do extrato de saturação.

O gesso agrícola, independente de incorporado ou aplicado na superfície, diminuiu a força de retenção de água, aumentou a macroporosidade e a dinâmica da água no solo. Entretanto, os resultados mais expressivos corresponderam aos tratamentos com o gesso incorporado na dose de 75% da necessidade de gesso do solo (MORAIS *et al.*, 1997).

2.3.2 Utilização de matéria orgânica

A adição de esterco, resíduos de colheitas e resíduos industriais orgânicos no solo, melhora diversos aspectos de um solo degradado por sais e sódio, como exemplo podemos citar a estrutura e a infiltrabilidade de água no solo (SANTOS e HERNANDEZ, 1997).

De-Polli *et al.* (1996) afirmam a prática de adubação verde eleva os teores de matéria orgânica nos solos, melhorando suas propriedades físicas. Dentre as propriedades físicas do solo afetadas pelo aumento dos teores de matéria orgânica, esses autores destacam: estabilidade de agregados, densidade global, porosidade, taxa de infiltração de água e retenção de umidade. Oliveira *et al.* (2007) afirmaram que gesso e matéria orgânica na presença de vinhaça reduziram significadamente os valores de PST e pH, ao mesmo tempo em que aumentaram a quantidade de matéria orgânica e a condutividade hidráulica em um solo degradado por sódio. Fageria *et al.* (1999) afirmaram que a adição de matéria orgânica melhora as condições de densidade de solos argilosos, arenosos e franco-siltosos.

A incorporação de esterco, detritos de esgoto e resíduo vegetal de cevada e alfafa resultaram em aumento da taxa de respiração (139 – 290%), da estabilidade dos agregados do solo (22 – 59%), o teor de carbono orgânico (13 – 84%), o teor de sacarídeos (25 – 41%), o teor de umidade (3 – 25%) e diminuiu a densidade do solo (3 – 25%) que refletiu diretamente num aumento da taxa de infiltração de água no solo (18 – 25%) (MARTENS e FRANKENBERGER JÚNIOR, 1992).

O uso combinado de adubos minerais e de adubação verde constitui uma prática de manejo por meio da qual se procura preservar a qualidade ambiente sem prescindir da obtenção de produtividade elevada para as culturas. De acordo com Peterson e Varvel (1989) e Rekhi e Bajwa (1993), a associação entre fontes orgânicas e minerais é capaz de aumentar o rendimento das culturas, comparativamente ao uso exclusivo de uma única fonte.

A adubação verde permite ainda o aporte de quantidades expressivas de fitomassa, possibilitando uma elevação no teor de matéria orgânica do solo ao longo dos anos. Como consequência, obtém-se um aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, o que traz maior retenção de nutrientes junto às partículas do solo, reduzindo perdas por lixiviação (KIEHL, 1985).

Quando se utilizam plantas que expandem seu sistema radicular para horizontes profundos do solo como adubos verdes, elas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo. Após o corte dessas plantas, ocorre então a liberação gradual dos nutrientes para a

camada superficial, através da decomposição dos resíduos, tornando-os disponíveis para culturas subseqüentes (ESPÍNDOLA, GUERRA e ALMEIDA, 1997).

Espíndola (1998) verificaram que a adubação verde de outono/inverno com crotalária e mucuna preta permitiu maior colonização das raízes de batata-doce por fungos micorrízicos arbusculares nativos do solo em comparação ao solo sem vegetação.

Em solos salinos, Santos e Muraoka (1997), detectaram efeito positivo significativo na aplicação de resíduos de mucuna preta em solos salinos, nos teores dos macronutrientes Ca, Mg, K e P, e nos micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn. Os mesmos autores afirmam que em solos degradados por sódio, a literatura apresenta resultados conflitantes; para confirmar tal teoria citam os trabalhos de Rhoades e Loveday, 1987; Gupta e Abrol, 1990 e Oades, 1984.

Diversas culturas respondem ao incremento de matéria orgânica no solo; Agboola (1978), em pesquisa com o feijão Caupi, encontrou correlação positiva entre a quantidade de matéria orgânica do solo e a adubação nitrogenada na produção de material vegetal seco. Robinson (1983) ao incorporar matéria orgânica ao solo, em um estudo de campo, na base de 3 t a 6 t/ha aumentou a produção do feijoeiro. Os resultados de diversos experimentos pesquisados indicam que através do contínuo suprimento de material orgânico ao solo, torna-se possível garantir a manutenção e/ou recuperação de sua fertilidade. Assim, os resíduos dos adubos verdes proporcionam importantes contribuições quando adicionados ao solo.

2.3.3 Emprego do fósforo

Fertilizantes a base de fósforo são os mais utilizados no Brasil. Este fato evidencia a alta necessidade de fósforo nos solos brasileiros (MALAVOLTA, 1980).

O baixo teor de P disponível no solo é a limitação nutricional mais generalizada na produção agrícola nos trópicos (SANCHEZ e SALINAS, 1981). Nesse sentido, a maioria das culturas no Brasil apresenta resposta à aplicação do nutriente (OLIVEIRA *et al.*, 1987), sendo ele, de acordo com Matos e Ribeiro (1987), Arf (1994), e Yan *et al.* (1995) o que mais influi na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros. Entretanto, é baixa a eficiência da adubação fosfatada, pois grande parte do P adicionado torna-se imóvel ou não disponível, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997).

O pH de solos salinos e solos salino-sódicos, em geral básico, entretanto sem ultrapassar a faixa de 8,5, faz com que o fósforo disponível precipite-se juntamente com o cálcio, tornando-se indisponível para as plantas. Este fenômeno torna ainda mais necessária a fertilização fosfatada em solos degradados por sais e sódio (COX, 1991).

Em ensaios realizados nos Estados Unidos da América, constatou-se que cereais cultivados em solos levemente salinos apresentavam deficiência de fósforo. Os sais dissolvidos diminuem a absorção de fósforo nas plantas de milho, cevada. Mesmo trabalhando-se com plantas altamente tolerantes à salinidade foi constatado, em estudo feito na Califórnia, a baixa concentração de fósforo, fato este evidenciado em análise realizada na parte aérea de plantas de centeio (FIXEN, 1992).

Champagnol (1978) elaborou um trabalho onde afirmava que o fósforo aumentava a produção de diversos vegetais cultivados em solos salinos, entre eles o sorgo e o milho e a cevada; evidenciando a importância do uso de fertilizantes a base de fósforo em solos degradados por sais. O mesmo autor afirma ainda que o aumento na absorção de fósforo proporcionado pela fertilização fosfatada causa um efeito depressor na absorção de Cl^- e Na^+ , que, absorvidos em grandes quantidades, podem ser tóxicos às plantas.

Araújo (2001) verificando o efeito dos diferentes níveis de fósforo na produção e na composição química de gramíneas e leguminosas encontrou teores (g.kg^{-1}) de N,P,K, Ca e Mg na parte aérea do milho e do capim buffel foi 8,02 e 7,70; 0,90 e 1,29; 11,6 e 12,11; 3,41 e 2,77; 4,34 e 2,98 respectivamente. E teores médios de Proteína bruta na matéria seca do milho e buffel de 3,93 e 4,30%, respectivamente.

Gibson (1988) verificou aumento da absorção de Cl, K e P; além de substancial aumento na produção de trigo, ao estudar a interação fósforo/salinidade.

O fósforo exerce um papel fundamental na melhoria da produção de culturas em solos salinos, ensaios em campo e em casa-de-vegetação têm demonstrado a eficiência deste nutriente no aumento da produção de diversos vegetais como tomate, feijão e milheto (FIXEM, 1992). O mesmo autor argumenta que cevada e aveia aumentaram a eficiência no aproveitamento de água quando submetidos à fertilização fosfatada em solos salino-sódicos. Awad *et al.* (1990) afirmaram que o crescimento verificado pela adição de fertilização fosfatada no cultivo do tomate favoreceu o crescimento de raízes, brotos e frutas, evidenciando um ganho real econômico sobre o investimento realizado.

Efeito semelhante foi encontrado por Katiyar *et al.* (1999) no cultivo de plantas ornamentais em solo salinos, onde a produção de material vegetal verde foi influenciada positivamente quando se acrescentou ao solo doses crescentes de fósforo.

Um dos problemas quanto ao uso do gesso agrícola é sua ação sobre a disponibilidade do fósforo; fazendo-se necessário a adubação fosfatada juntamente com a gessagem em solos degradados por sais (CHHABRA *et al.*, 1981; SANTOS, 1995). E embora seja evidente o ganho ao se fertilizar o solo salino com adubo fosfatado, Lunin e Gallatin (1965) não verificaram modificações significativas no pH e condutividade elétrica do solo quando adicionaram fósforo em forma de H_3PO_4 , diluído, em solo cultivado com feijoeiro, em experimento de campo.

2.4 Feijão Caupi e a salinidade

O feijão Caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, é uma leguminosa herbácea cujos grãos são de alto valor biológico alimentar, devido ao seu elevado teor protéico, sendo cultivado principalmente por agricultores familiares, quer como cultura de subsistência ou comercial nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, adaptando-se bem às adversidades climáticas e edáficas, em virtude das suas características de rusticidade e precocidade (DANTAS *et al.*, 2002).

Nas áreas urbanas não metropolitanas do Nordeste, o Caupi (*Vigna ulguiculata* (L.) Walp.) contribui com 41% do feijão consumido, constituindo-se no alimento básico para a população, exercendo a função de supridor das necessidades alimentares das camadas carentes. Suas propriedades nutricionais, relativamente superiores às do feijão comum, e o baixo custo de produção, fazem com que esta cultura seja considerada extremamente importante em termos sociais e econômicos para a região (ARAÚJO e WATT, 1988).

A baixa produtividade da cultura do feijoeiro tem decorrido principalmente da irregularidade ou deficiência das precipitações pluviométricas. Essa produtividade pode ser melhorada com a utilização de métodos de irrigação. Acontece que condições climáticas desfavoráveis, aliadas a baixa qualidade da água utilizada e ainda à uma drenagem deficiente do solo, podem induzir à salinidade. Ayers e Westcot (1991) consideram o Caupi moderadamente tolerante à salinidade, com salinidade limiar em torno de $4,9 \text{ dS m}^{-1}$.

Dantas *et al.* (2002) trabalhando com 50 genótipos de Caupi, verificaram que todos os genótipos apresentaram reduções estatisticamente significativas na produção de matéria seca, em função do aumento da salinidade do solo.

Silveira (1999) demonstrou que a taxa de absorção de nitrato diminuiu em plantas de Caupi desenvolvidas em meio salino; no entanto, não houve alteração da redução deste ânion (atividade da enzima nitrato redutase) sugerindo uma resposta adaptativa a esta condição adversa.

Segundo Bernardo (1996), o feijão é considerado uma cultura pouco tolerante à salinidade da água de irrigação, podendo haver redução de até 50% na produção da cultura quando irrigada com água com valores acima de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica. São necessários estudos regionais com novas cultivares, a fim de verificar o comportamento dessas culturas quanto à salinidade de água e do extrato do solo. Santana *et al.* (2003), verificaram uma redução na produção do feijoeiro, chegando a 93,4% quando a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo foi de $8,51 \text{ dS m}^{-1}$; na mesma ocasião verificou uma redução na quantidade de água consumida pela planta, inversamente proporcional aos níveis de salinidade do solo e da água, fato este, preponderante na produção do feijoeiro. Sailaja Kumari e Ushakumari (2002) utilizando vermicomposto e fosfato na cultura do feijão Caupi, verificaram um aumento nos teores de N, P, K, Ca e Mg.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento e condições experimentais

O presente trabalho foi conduzido em telado no Centro de Saúde e Tecnologia Rural do Campus II da UFCG em Patos - PB que se localiza na depressão sertaneja, semi-árido paraibano, situando-se geograficamente nas coordenadas 7°01'28"S e 37°16'48"W, com altitude média de 249 m. O clima da região, conforme classificação de Köppen, é do tipo Bsh, quente e seco, com chuvas de inverno. O período mais seco compreende os meses de julho a fevereiro e o mais chuvoso no período de Março a Junho. A pluviosidade média anual é de 600 mm.ano⁻¹, com potencial de evapotranspiração acima de 2 000 mm.ano⁻¹ (CARVALHO, 1988) e distribuição irregular de chuvas e ainda temperaturas médias superiores a 25°C.

3.2 Amostragem e caracterização do solo

Foi utilizado um solo proveniente do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, do setor 10, latitude aproximada 6° 47' 25" S e longitude aproximada 38° 15' 68" W; a uma altitude de 239,7 m; localizado no município de Sousa-PB.

O solo coletado foi caracterizado como salino-sódico com textura franco argilosa (Richards, 1974) . Na área de coleta apresentava-se na cor clara e possuía uma crosta superficial firme. No experimento foi utilizado material coletado a uma profundidade de até 30 cm; que, após a coleta, foi devidamente acondicionado e transportado até o CSTR em Patos - PB. Após secagem a sombra por 72 h, o solo foi peneirado em malha de 2 mm, (ABNT n.º 10) homogeneizado e em seguida foi retirado material para análise química e de fertilidade do solo.

Os procedimentos de análise química e de fertilidade seguiram a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983). Os valores da análise para fins de salinidade foram obtidos a partir do extrato de saturação segundo recomendação da EMBRAPA (1997). A análise granulométrica foi determinada segundo Camargo *et al.* (1989). A capacidade de campo do solo, nas condições do experimento foi de aproximadamente 220 ml kg⁻¹.

Os dados referentes à caracterização física do solo, encontram-se relacionados na tabela 1.

Tabela 1. Atributos físicos do solo utilizado no experimento.

Argila	Silte	Areia	Densidade do solo	Classe Textural
-----g kg ⁻¹ -----			g cm ⁻³	
270	320	410	1,30	franco-argiloso

Na tabela 2, encontram-se relacionados os dados referentes à caracterização química da área experimental (0 - 30 cm).

Tabela 2. Atributos químicos do solo utilizado no experimento (teores disponíveis).

Parâmetros	Unidade	Valores
pH em CaCl ₂ 0,01 M		8,8
Matéria orgânica	g dm ⁻³	29,3
Ca ²⁺	mmol _c dm ⁻³	70,0
Mg ²⁺	mmol _c dm ⁻³	45,0
K ⁺	mmol _c dm ⁻³	2,5
Na ⁺ solúvel	mmol _c dm ⁻³	40,0
H ⁺ + Al ³⁺	mmol _c dm ⁻³	5,0
SB	mmol _c dm ⁻³	157,5
CTC	mmol _c dm ⁻³	162,5
V	%	97,0
S(SO ₄ ⁻²)	mmol _c dm ⁻³	7,3
Cl ⁻	mmol _c dm ⁻³	70,0
P	mg dm ⁻³	33,0
Cu	mg dm ⁻³	2,3
Fe	mg dm ⁻³	25,6
Mn	mg dm ⁻³	20,8
Zn	mg dm ⁻³	2,6

O resultado da análise do extrato de saturação do solo utilizado no experimento encontra-se descrito na tabela 3.

Tabela 3. Análise química do extrato de saturação do solo.

Parâmetros	Unidades	Valores
pH em CaCl ₂ 0,01M	-	8,6
CE	dS m ⁻¹	4,0
Na ⁺	mmol _c dm ⁻³	24,0
K ⁺	mmol _c dm ⁻³	0,4
Ca ²⁺	mmol _c dm ⁻³	5,0
Mg ²⁺	mmol _c dm ⁻³	0,3
RAS	mmol _c dm ⁻³	14,8
PST	%	24,6
P	mg dm ⁻³	9,8

Classificação do solo: salino-sódico

3.3 Instalação e condução do experimento

3.3.1 Tratamentos

Os tratamentos consistiram de quatro doses de gesso - 0,0; 33; 67 e 100% da necessidade de gesso para equilíbrio químico (RICHARDS, 1974); duas doses de fósforo, via ácido fosfórico (0,0 e 200mg kg⁻¹) e, duas doses de resíduos vegetais frescos, da parte aérea, picados - 0,0 e 35 g.vaso⁻¹ (34,3 kg.ha⁻¹), distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial de 4 x 2 x 2, com quatro repetições, totalizando 64 tratamentos.

3.3.2 Aplicação de corretivo e fertilizantes

Utilizou-se no experimento 64 vasos com capacidade para 3,0 L que foram preenchidos com 3,0 kg de terra fina seca ao ar (TFSA).

Após a preparação dos vasos, procedeu-se o plantio, em 32 dos vasos, nos tratamentos que receberam adubação verde, da leguminosa Mucuna Preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy), semeando-se cinco sementes por vaso, três dias após a emergência houve o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso, as mais vigorosas. Estes vasos foram regados diariamente a 70% da capacidade de campo.

A produção da leguminosa, após 60 dias, no início de seu florescimento foi suficiente para distribuir 35 g.vaso⁻¹ de parte aérea, por vaso no tratamento que recebeu adubação verde. A Mucuna preta foi picada e incorporada juntamente com as doses de gesso (CaSO₄ 2H₂O), no solo salino-sódico onde seria plantado o feijão caupi. A necessidade de gesso foi calculada com base nas análises de solo segundo a metodologia sugerida por Shoonover (1954), citada por Richards (1974). O corretivo utilizado foi secado à sombra durante 10 dias e destorroado até adquirir aspecto uniforme.

Durante 30 dias o solo foi incubado, mantendo-os úmidos a 70% da capacidade de campo. Após este período procedeu-se a lavagem do solo com uma quantidade de água correspondente a duas vezes a porosidade do solo, procedimento sugerido por Mello *et al.* (1983). A lavagem do solo ocorreu de forma fracionada durante aproximadamente 72 h. Em seguida adicionou-se o fósforo, na forma de ácido fosfórico (H₃PO₄), nos tratamentos

correspondentes, seguindo-se a semeadura do feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em todo o conjunto de vasos. Aplicou-se ainda 60 mg.kg^{-1} (120 kg/ha) de nitrogênio, via uréia, diluída, parcelado em três aplicações (1/3 no plantio, 1/3 15 dias após a emergência (d.a.e.) e 1/3 30 d.a.g.), em todos os vasos. O nitrogênio foi calculado com base em resultado da análise do solo da área e sugestão do IPA (1998).

3.3.3 Semeadura e desbaste

Após aplicação do corretivo e dos fertilizantes os vasos foram colocados sobre a bancada definitiva no telado do viveiro florestal do CSTR/UFCG e tiveram ainda uma cobertura de plástico transparente para evitar influência pluvial sobre o experimento. Nos vasos foram semeadas cinco sementes de feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Após cinco dias da emergência foi efetuado o desbaste, deixando-se, nesta operação, duas plantas por vaso, as mais vigorosas.

3.3.4 Condução do experimento

Foi feita irrigação diária dos vasos durante todo o período do experimento no intuito de manter a umidade a 70% da capacidade de campo; para esse fim diariamente era realizada pesagem e, a quantidade de água evapotranspirada era repostada. Os vasos tinham suas posições modificadas a cada cinco dias, procedimento realizado para evitar o “efeito bordadura” sobre o desenvolvimento das plantas.

3.4 Variáveis estudadas

Após 50 dias da germinação – 150 dias após o início do experimento, na fase que antecedeu o florescimento, as plantas foram cortadas, à uma altura de 2 cm acima do solo, acondicionadas e secadas em estufa à 60°C , até atingirem peso constante, e; analisadas quanto à produção de massa seca e aos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) na parte aérea do feijoeiro de acordo com a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974).

3.5 Delineamento experimental estatístico adotado

O delineamento experimental adotado foi o Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 2 x 2 (quatro doses de gesso x duas doses de fertilizante orgânico x duas doses de fósforo), com 4 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial, sendo utilizado o teste F para verificar a significância dos efeitos ortogonais, escolhendo-se o modelo de maior grau. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL GOMES, 1990).

O esquema de análise de variância encontra-se na tabela 4.

Tabela 4. Esquema da análise de variância.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Gesso (G)	3
Resíduo Vegetal (RV)	1
Fósforo (P)	1
G x AV	3
G x P	3
AV x P	1
G x AV x P	3
Resíduo	48
Total	63

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente no programa SISVAR versão 5.0, software desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras e os gráficos foram gerados pelo MS Excel do pacote Office da Microsoft.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de material vegetal seco

Após o período do experimento foi feita análise bromatológica do feijão vigna cultivado no experimento. Os resultados encontram-se na tabela 5. que segue:

Tabela 5. Valores de umidade (%), massa seca (%), Cinzas (%), FDN (%) e FDA (%) para a parte aérea do feijão caupi.

Umidade	Massa Seca	Cinzas	Proteína Bruta	FDN	FDA
-----%-----					
60,02	39,98	1,71	19,02	65,42	50,91

As doses crescentes de gesso não proporcionaram aumento significativo na produção de massa vegetal seca (PMVS). A PMVS do feijão vigna também não respondeu significativamente à incorporação do adubo verde. O mesmo efeito foi verificado por Araújo *et al.* (1999), ao utilizarem simultaneamente o gesso e a matéria orgânica em solos salino-sódico no cultivo do feijão vigna. Entretanto, além de promover a pronta inserção de matéria orgânica no solo, a incorporação de adubo verde ao solo tem proporcionado, em outras culturas, aumento significativo: milho (ARF, 1999), soja (PADOVAN *et al.*, 2002), feijão (WUTKE, 1998), mandioca (AMABILE, *et al.*, 1994); embora a interação adubo verde-salinidade-sodicidade-produção vegetal seja pouco explorada na literatura.

Efeito semelhante ao verificado no presente trabalho também foi encontrado por Santos *et al.* (2005) que, ao pesquisarem a aplicação de gesso em solo salino cultivado com crotalária (*Crotalaria juncea* L.), verificou não haver diferença significativa entre os resultados nos diferentes tratamentos. Dessa forma apesar do gesso ser largamente utilizado como condicionante das características físicas e químicas dos solos degradados quimicamente por sais constata-se que esse benefício não é convertido em um aumento na produção de biomassa, conforme resultados aqui apresentados.

A PMVS em solos salino-sódicos pode ser afetada não só pelo efeito osmótico ou tóxico; a concentração de íons diversos pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à boa absorção de elementos essenciais e, conseqüentemente, ao desenvolvimento metabólico

vegetal (MEDEIROS e GHEYI, 1997). Plantas muito sensíveis à salinidade absorvem pouca água do solo, em virtude do efeito de osmose. A água absorvida pela planta carrega sais o que possibilita o aparecimento de toxidez pelo excesso de sal absorvido. Tal excesso promove desbalanços osmótico no citoplasma, fazendo com que os danos apareçam principalmente nas bordas e nos ápices das folhas, regiões onde ocorre o acúmulo dos sais absorvidos, esse fenômeno também pode influir no crescimento vegetal (LIMA, 1997).

Independentemente das doses de gesso aplicadas e da incorporação do adubo verde, a adição de 200 mg kg⁻¹ de fósforo promoveu efeito positivo significativo na PMVS (Figura 1B). O efeito significativo do fósforo sugere que, além da aplicação do corretivo, há necessidade da adição de fósforo em solos salino-sódico, para que haja uma maior produção vegetal.

Os efeitos do gesso, da matéria orgânica incorporada e do fósforo são demonstrados na figura 1. e tabela 6 a seguir:

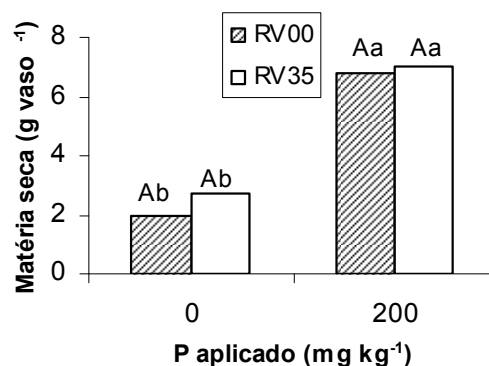


Figura 1. Produção de material vegetal seco em função dos resíduos vegetais (RV) e das doses de fósforo aplicadas no solo. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 6. Diferença máxima significativa (DMS) e Coeficiente de Variação (CV) da aplicação de resíduos vegetais e das doses de fósforo aplicadas ao solo sobre a quantidade de massa seca produzida.

FATOR	DMS	CV (%)
Massa	1,95	19,79

Santos *et al.* (2005) cultivando crotalária em solo salino-sódico obtiveram resultado significativo quando da aplicação de doses de fósforo, independentemente das doses de gesso utilizadas.

Em plantas de feijoeiro (NEUMANN *et al.*, 1988; citados por MARSCHNER, 1995) o decréscimo no turgor de células foliares é considerado ser o fator mantenedor responsável pela inibição do crescimento da elongação foliar, causada pela diminuição da absorção de água, em rizosfera salina e não um decréscimo da extensibilidade da parede celular como tem sido encontrado em folhas de cevada expostas a altas concentrações de NaCl (MARSCHNER, 1995). Grattan e Grieve (1999) afirmaram que a interação salinidade e nutrição de fósforo é altamente complexa, dependendo de inúmeros fatores, desde cultivares utilizadas nas pesquisas até as próprias condições de condução do experimento.

4.2 Macronutrientes na parte aérea

4.2.1 Efeito do gesso

Através dos resultados encontrados na Figura 02-A, verificou-se que o teor de nitrogênio na parte aérea apresentou efeitos significativos, para as diferentes doses de gesso aplicadas no solo, apenas quando os restos vegetais foram incorporados. Apresentando correlação negativa na ausência de fósforo e positiva em sua presença, o que sugere que a aplicação de fósforo favorece a absorção de nitrogênio em solos salino-sódicos submetidos a doses crescentes de gesso na presença de matéria orgânica no solo. Santos (1995) observou um aumento na quantidade de nitrogênio absorvido pelo feijão vigna em solo salino de acordo com as doses de gesso aplicadas; atribuindo esse fato à melhora física do solo após a aplicação do gesso.

Verificou-se ainda uma redução nos teores de fósforo da parte aérea (Figura 2b), principalmente com a aplicação conjunta do ácido fosfórico e gesso agrícola, segundo as doses de gesso incorporadas. Sendo que nos tratamentos que receberam ácido fosfórico apresentaram efeito quadrático significativo. Isso indica uma maior precipitação do fósforo disponível nas maiores doses de gesso, como fosfato de tricálcico insolúvel. Tal fato foi constatado também por Zeng *et al.* (2003), quando verificou que o gesso não proporcionou aumento na disponibilidade do fósforo em leguminosas cultivadas em solos salino-sódicos.

Por outro lado, Eleizalde, *et al.* (1982), em estudo com centeio em solo salino, em Saragossa na Espanha, atestaram que doses crescentes de gesso têm influência significativa positiva sobre a concentração de fósforo na parte aérea das plantas. Quando não se trata de solos salinos a literatura registra aumentos tanto no fósforo quanto no magnésio com o incremento de gesso (GALON *et al.*, 1996; CAIRES *et al.*, 2003). Quanto ao fósforo, sua menor adsorção no solo com gesso deve-se provavelmente a formação de fosfato de cálcio insolúveis, o fosfato tricálcico, no solo onde se incorporou elevada doses de cálcio via gesso agrícola. A redução na disponibilidade de fósforo em solo salino-sódico após aplicação do gesso, também foi observada em feijão vigna (SANTOS, 1995) e cajueiro (VITAL, 2002).

O conteúdo de potássio e o magnésio na parte aérea do feijoeiro (Figuras 2C e 2E) apresentaram comportamento semelhante à concentração do fósforo, embora o magnésio tenha respondido significativamente em todos os tratamentos menos na ausência de adubo verde combinada com ausência de fósforo. Em solos degradados por sódio a absorção de potássio e cálcio pode ser inibida, causando deficiência desses nutrientes e aumento no teor de sódio nas células das plantas (SUBBARAO citado por FERNANDES, 2000). A substituição ao nível celular de grande proporção de K^+ por Na^+ também afeta a ativação de enzimas que são particularmente sensíveis para K^+ . Por exemplo, a ativação de síntese de amidos por K^+ é 3 a 4 vezes maior do que a ativação por Na^+ (HALKER *et al.*, 1974 citado por MARSCHNER, 1995). Costa *et al.* (2004) estudando a concentração de nutrientes no capim Tanzânia observou que na aplicação do gesso o teor de potássio foi o que mais se destacou seguido pelos de nitrogênio, cálcio e magnésio.

Os menores teores de potássio nas maiores doses de gesso explica-se pela inibição competitiva da alta concentração do íon Ca^{2+} , oriundo do sulfato de cálcio, sobre o K^+ durante o processo de absorção (CASALI e PRADO, 2006).

Em relação aos conteúdos de cálcio e enxofre observa-se que com a aplicação das crescentes doses de gesso, ocorreu um aumento significativo na absorção desses nutrientes, tanto na presença quanto na omissão de restos vegetais e fósforo. (Figura 2D e 2F). Galon *et al.* (1996) constatou o aumento da absorção de enxofre pelo feijão carioca com o aumento das doses de gesso incorporadas ao solo, confirmando o presente resultado. Oliveira *et al.* (2000) verificaram que com o uso do gesso agrícola como corretivo resultou uma redução nos teores de sódio com o aumento do fósforo, cálcio, magnésio e matéria orgânica.

Os efeitos das doses de gesso sobre o teor de macronutrientes são demonstrados na figura 2, a seguir:

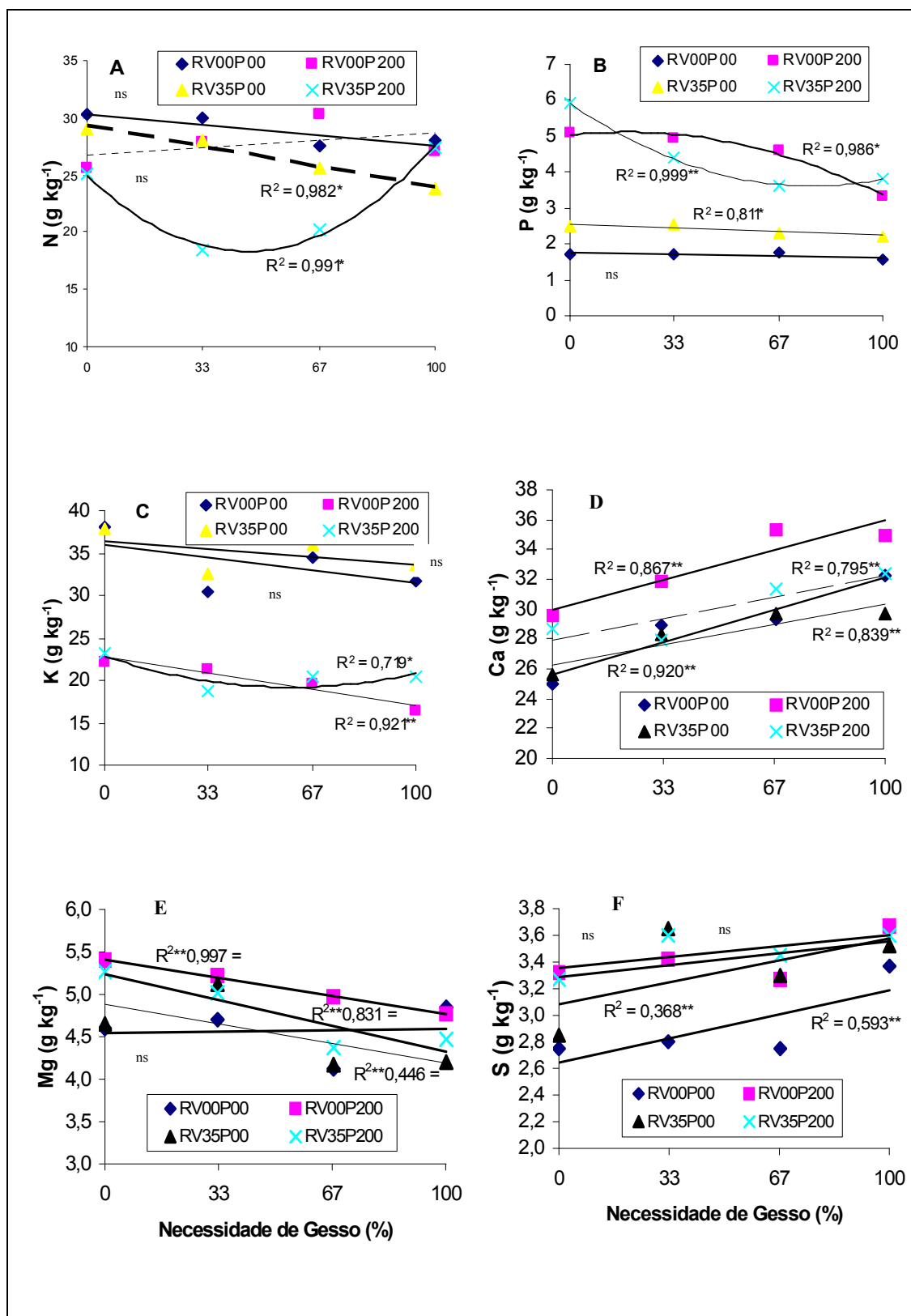


Figura 2. Teores de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) na parte aérea das plantas de feijoeiro. *significativo ao nível de 5%. ** significativo ao nível de 1%. ns – não significativo.

4.2.2 Efeito do ácido fosfórico do adubo verde sobre os macronutrientes do caupi

A aplicação de fósforo, via ácido fosfórico, não apresentou efeito significativo nos teores de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro, nem na presença nem na ausência dos restos vegetais incorporados ao solo salino-sódico. Os valores de diferença máxima significativa e coeficiente de variação do efeito da aplicação de fósforo e resíduo vegetal sobre os teores de macronutrientes no feijão caupi podem ser visualizados na tabela 7. que segue:

Tabela 7. DMS e CV da aplicação de resíduos vegetais e das doses de fósforo aplicadas ao solo sobre o teor de macronutrientes.

Macronutriente	DMS	CV (%)
Nitrogênio	ns	17,93
Fósforo	0,21	9,08
Potássio	3,28	9,19
Cálcio	1,41	6,60
Magnésio	0,17	5,36
Enxofre	0,14	6,36

Quanto aos teores de fósforo, houve um efeito significativo com a adição ao solo de 200mg kg⁻¹ de fósforo, tanto na presença quanto na ausência de restos vegetais, esse efeito explica-se pelo aumento de fósforo lábil prontamente disponível para a planta adicionado em forma de ácido fosfórico como tratamento. Grattan e Grieve (1999) observaram que o incremento de fósforo ao solo tem aumentado a concentração desse macronutriente em culturas cultivadas em solos salino-sódicos. Os mesmos autores afirmaram ainda que na maioria dos casos a salinidade e a sodicidade causam depressão no aporte de P para a planta; entretanto deve-se considerar as condições de cultivo, espécie, cultivar; bem como a fertilização e a quantidade de fósforo lábil no solo. No presente caso, os resultados foram conforme a Figura 3, que segue:

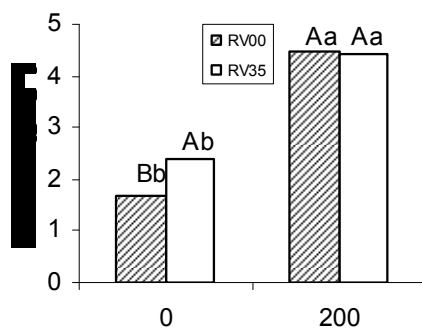


Figura 3: Teor de fósforo na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste tukey ao nível de significância de 5%.

Qadar (1998), trabalhando com arroz, verificou que a aplicação de fósforo em solo salino além de promover a diminuição na absorção de sódio elevou significativamente a absorção de fósforo bem como do potássio. A aplicação de doses de fósforo também aumentou significativamente a produção de massa em cebola (NWADUKWE e CHUDE, 1995), milho e algodão (KHALIL, *et al.*, 1967), trigo (SOLIMAN, *et al.* 1994) e arroz (QADAR, 1998).

Os teores de potássio na parte aérea, por sua vez, reduziram-se significativamente com a adição de fósforo no solo com e sem a aplicação dos restos vegetais (3B). Em solos não salinos a aplicação de fósforo tem aumentado a absorção do potássio no trigo (SCHWARTZ e KAFKAFI, 1978).

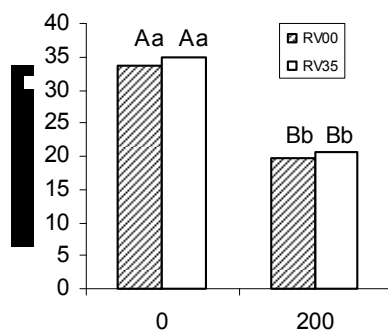


Figura 4: Teor de potássio na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste tukey ao nível de significância de 5%.

Os teores de cálcio e magnésio na parte aérea não foram afetados pela fertilização com *Mucuna* preta, entretanto, na ausência de adubo verde, houve um incremento de cálcio e magnésio na presença de adubação fosfatada. Este resultado indica que ocorreu pouco fornecimento dos nutrientes Ca e Mg via matéria orgânica e que o H_3PO_4 utilizado, aumentou a absorção de cálcio pela planta. Soliman *et al.* (1992) demonstraram que uma fertilização com N e P aumentava significativamente a concentração de Na, Ca, e Cl; em plantas de trigo, sendo que quando incorporados separadamente suas eficiências se equivalem estatisticamente e, mesmo assim, ainda proviam significância aos resultados.

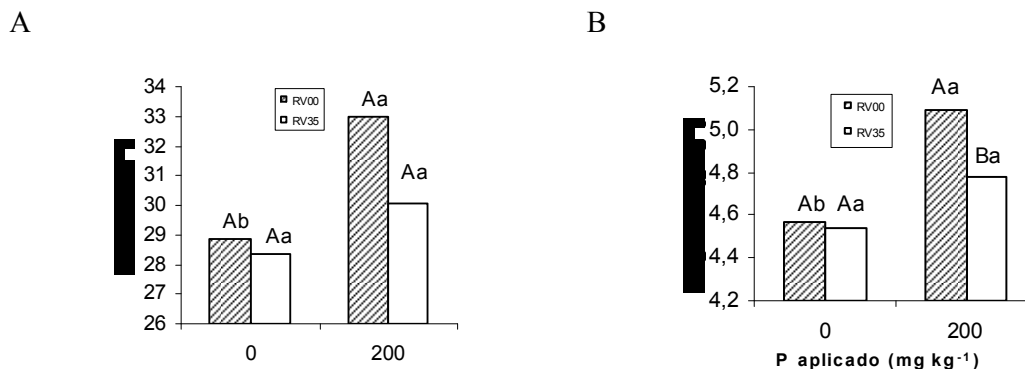


Figura 5: Teores de cálcio (A) e magnésio (B) na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%.

O enxofre apresentou efeito similar, mas com significativo aumento tanto na omissão quanto na presença de restos vegetais, o que confirma o material orgânico como excelente fonte de enxofre para as plantas. Khalil *et al.* (1967), trabalhando com milho e algodão verificaram que a produção desses vegetais e a absorção de nutrientes não sofre variação devido a modificações na salinidade do solo causadas pelo fósforo, visto que este, não causa variação significativa na condutividade elétrica dos solos. Os mesmos autores constataram que a aplicação de 150 mg.kg⁻¹ de fósforo, foi suficiente para elevar significativamente a produção daquelas culturas.

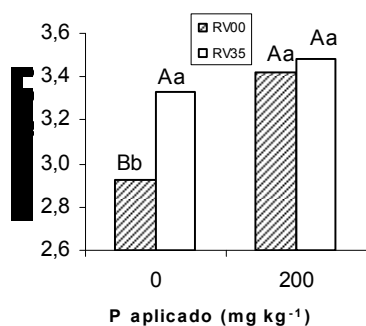


Figura 6: Teor de potássio na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%.

Com relação à absorção de fósforo, experimentos têm demonstrado que o feijoeiro tem baixa exigência, mesmo assim, concordante com o presente experimento, a aplicação de adubo fosfatado tem apresentado as maiores e mais freqüentes respostas quando aplicado à cultura (ROSOLEM, 1984). Entretanto alguns estudos demonstraram ausência de resposta à adubação fosfatada com 15mg dm^{-3} de P no solo pelo Mehlich 1 (BARRIOS *et al.*, 1970) ao passo que Novais e Braga Filho (1971) encontraram decréscimo na produção quando aumentaram a dose de P aplicada em um solo com 24 mg.dm^{-3} de P. Outros autores verificaram ainda respostas positivas como Mascarenhas *et al.* (1967) com aplicação de 150kg ha^{-1} de P_2O_5 , resultado esse também encontrado por Kornelius *et al.* (1976) aplicando em um solo com 4 mg dm^{-3} de P.

4.3 Absorção de micronutrientes no feijão vigna

4.3.1 Efeito do gesso

As diferentes doses de gesso causaram efeito linear significativo na absorção do cobre apenas na presença do fósforo aplicado (Figura 4A). Já o ferro teve efeito linear para a presença de fósforo e não significativo em sua ausência e de adubo verde (Figura 3B). A absorção de ferro apresentou ainda efeito quadrático significativo na ausência de fósforo com o incremento de adubo verde. A concentração de ferro tendeu a diminuir com o aumento das doses de gesso. Em solos sódicos, as deficiências mais caracterizadas e em ordem de importância são: Fe, Cu e Zn (GONÇALVES, 1982).

Os dados relativos à absorção de manganês (Figura 4C), demonstraram que de acordo com o aumento das doses de gesso há uma maior absorção deste elemento, sendo significativo esse aumento nos tratamentos onde não havia adubo verde nem aplicação de fósforo e ainda no tratamento onde foram aplicados os dois fertilizantes. O zinco (Figura 4D) no material vegetal não foi influenciado significativamente pelas doses de gesso; embora houvesse uma tendência de diminuição de seu teor de acordo com as doses de gesso aplicadas, esse fenômeno pode ser explicado pela adição de gesso ao solo que pode provocar uma saturação de Ca o que acarretaria numa inibição competitiva com o Zn (MALAVOLTA *et al.*, 1989). Vital (2002), aplicando gesso encontrou acréscimo para os teores de ferro e manganês em

teores foliares de caju, e Caíres *et al.*, (2003) também encontraram na soja altos teores de manganês e zinco de acordo com as doses aplicadas.

O efeito da salinidade na concentração de micronutrientes nos vegetais é bastante variado, embora constata-se geralmente que a fertilização aumenta a concentração desses: Hu e Schmidhalter (2001) em experimentos com trigo, constataram não haver correlação entre grau de salinidade e absorção de micronutrientes, embora, no mesmo estudo tenham observado o aumento na concentração de Mn, Zn, Fe, e B, na parte aérea vegetal, em tratamentos que continham fertilizantes com macronutrientes. Em alfafa, cultivada em solo salino, Esehie e Rodriguez (1999), constataram redução na concentração de B, Zn, Mn e Fe, sendo que o Cu teve sua concentração aumentada significativamente.

Outros trabalhos demonstraram que o incremento de doses de NaCl foram suficientes para baixar a concentração de Mn, Fe e Cl em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) enquanto B, Cu e Zn, não tiveram suas concentrações alteradas significativamente pelas diferentes condutividades elétricas atingidas com a inserção do NaCl em experimento realizado por Burl e Mataix, (1998).

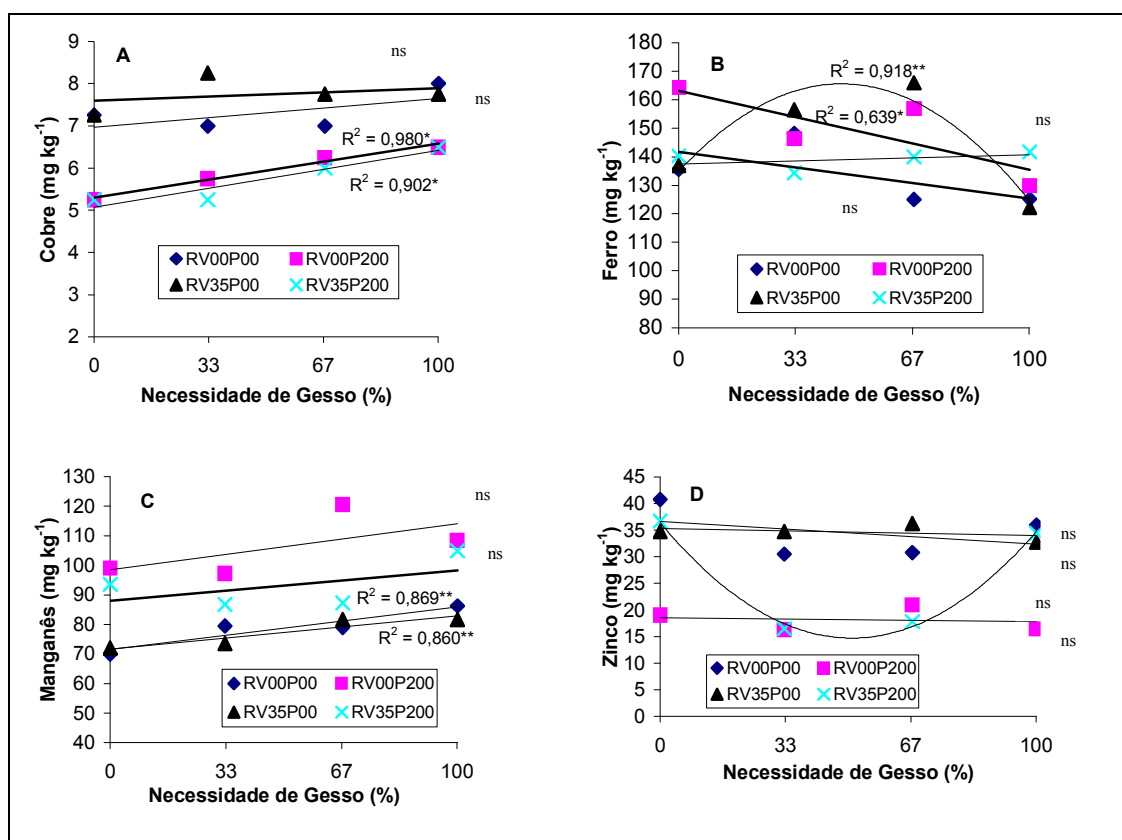


Figura 7. Teores de cobre (A), ferro (B), manganês (C) e zinco (D) na parte aérea do feijoeiro em função das doses de gesso. *significativo ao nível de 5%. ** significativo ao nível de 1%. ns – não significativo

O presente efeito destoa do encontrado por Qadir *et al.* (1998), ao pesquisar espécies gramíneas, que constatou o decréscimo significativo na disponibilidade de Fe, Mn, Cu e Zn; ao tratar o solo com doses crescentes de gesso agrícola, o que confirma que o aporte de nutrientes depende de diversas variáveis: espécies, cultivares, condições de cultivo, fertilização, irrigação, entre outros.

4.3.2 Efeito do fósforo e do adubo verde no teor de micronutrientes

A aplicação de fósforo, via ácido fosfórico, e de resíduo vegetal (mucuna preta) surtiu efeito significativo sobre os teores de micronutrientes, como pode ser visualizado na Tabela 8. que segue:

Tabela 8. DMS e CV da aplicação de resíduos vegetais e das doses de fósforo aplicadas ao solo sobre o teor de micronutrientes.

Micronutriente	DMS	CV (%)
Ferro	13,11	13,03
Cobre	0,99	10,57
Manganês	7,36	11,67
Zinco	7,68	42,60

O ferro (Figura 8) teve sua absorção significativamente aumentada, na ausência de fósforo, quando houve o incremento de adubo verde. Na presença de fósforo a adição de adubo verde não ocasionou efeito significativo. O incremento ácido fosfórico promoveu, em média, um aumento na quantidade de ferro. Esse efeito deve-se provavelmente à possível baixa no pH do solo proporcionado pelo incremento do ácido fosfórico utilizado como fonte de fósforo que tornou o Fe mais disponível (MALAVOLTA, 1980) para a absorção pelo feijão.

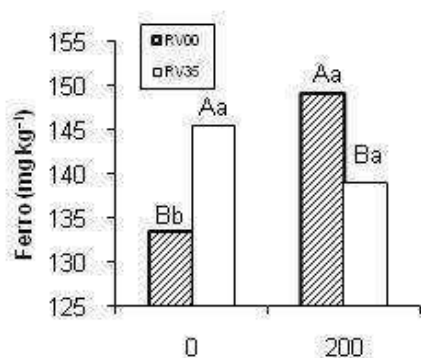


Figura 8: Teor de ferro na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste tukey ao nível de significância de 5%.

O cobre (Figura 4B) apresentou significativa redução quando se aplicou o fertilizante fosfatado, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos “ausência” e “presença” de adubação verde. Esse resultado evidencia a complexação pela matéria orgânica incorporada ao solo do cobre citada por Raij (1991), mesmo no curto período do experimento.

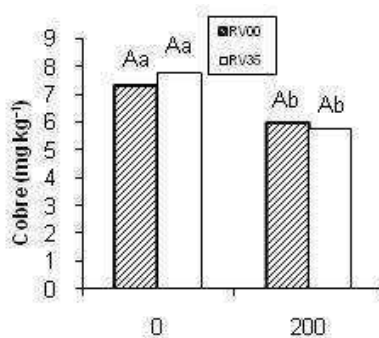


Figura 9: Teor de cobre na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste tukey ao nível de significância de 5%.

O Manganês teve sua concentração estatisticamente maior no tratamento onde recebeu fertilização mineral com fósforo na ausência de fertilização orgânica. O fósforo influenciou positivamente o teor de Mn, sendo que os tratamentos que receberam fósforo não apresentaram diferença estatística significativa, provavelmente esse aumento na absorção de Mn se deu pela maior disponibilidade no solo causado pelo possível abaixamento do pH (MALAVOLTA, 1980).

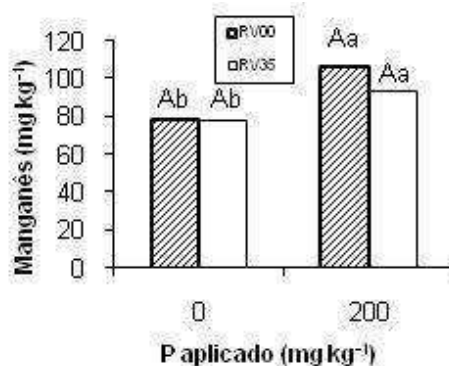


Figura 10: Teor de manganês na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%.

O zinco teve em sua concentração, na parte aérea do feijão vigna, na presença de adubação fosfatada e ausência de fertilização orgânica, seu menor valor; não se distanciando estatisticamente apenas do tratamento similar com adição de adubo verde. O fósforo adicionado ao solo pode ter precipitado o zinco na superfície da raiz ou inibido (por inibição não competitiva) o transporte de zinco da raiz para a parte aérea (MALAVOLTA, 1980). Melton *et al.* (1970) constataram crescimento reduzido do feijoeiro tanto pela deficiência de zinco (menos que 20 mg kg⁻¹ na parte aérea) quanto pela toxidez (acima de 50 ppm). Em solos com pH 7,0, ou acima, e que continham CaCO₃ livre, aplicações de elevadas quantidades de fósforo induziram deficiência de zinco em feijoeiro.

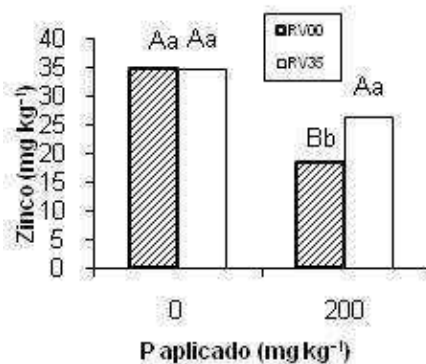


Figura 11: Teor de manganês na parte aérea do feijão caupi, em função do resíduo vegetal (RV) e das doses de ácido fosfórico. Letras maiúsculas iguais não diferem nas doses de resíduos vegetais, dentro de cada dose de P aplicado. Letras minúsculas iguais não diferem nas doses de P aplicado, entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%.

Gibson (1988) constatou diminuição significativa da absorção de íons essenciais na cultura do trigo em solo salino, quando na ausência de fertilização por fósforo. Andrade *et al.*, (2005) ao aplicarem adubação fosfatada e nitrogenada em feijoeiro cv. BRS-MG Talismã obtiveram alterações nos teores de B, Cu, Mn e Zn na parte aérea, sendo todos os valores finais compatíveis com os estabelecidos por Rajj *et al.* (1996) e Martinez *et al.* (1999) como adequados para a cultura.

5 CONCLUSÕES

Através da análise e interpretação dos resultados, pôde-se concluir que:

- Doses crescentes de gesso e a adição de adubo verde não influenciaram a produção de massa seca do feijão vigna cultivado em solo salino-sódico.
- No tratamento que recebeu 200 mg kg^{-1} de fósforo na forma de ácido fosfórico houve um aumento significativo na produção de massa seca do feijão vigna.
- O gesso aumentou os teores de Ca, S, Mn e Cu de acordo com as doses aplicadas, enquanto que não houve efeito para N, P, K, Mg, Fé e Zn.
- P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu e Zn tiveram seus teores modificados significativamente pela adição de 200 mg kg^{-1} de fósforo via H_3PO_4 ao solo utilizado.
- A fertilização orgânica com a leguminosa Mucuna Preta não ofereceu vantagem expressiva na composição química e produção de biomassa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE - Agência de Desenvolvimento do Nordeste. **O nordeste semi-árido e o polígono das secas. Brasil, 2007.** Disponível em: <http://www.adene.gov.br/>. Acesso em: 12 nov. 2007.
- AGBOOLA, A. A. Influence of soil organic matter on cowpea's response to N fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p.25-28, 1978.
- ALMEIDA, M. T. **Torta de filtro e vinhaça como alternativa na recuperação de um solo salino-sódico.** 1994. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- AMABILE, R. F; CORREIA, J. R; FREITAS, P. L. de; BLANCENEUX, P; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p1199, ago. 1994.
- ANDRADE, M. J. B *et al.* **Teores de micronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo.** In: VIII CONAFE - CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. Anais...out/2005. Goiânia-Go.
- ARAÚJO FILHO, J. A; SOUZA, F. B; CARVALHO, F. C. **Pastagens no semi-árido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável.** In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: pesquisa para o desenvolvimento sustentável, 1995. Brasília. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p. 63-65.
- ARAÚJO, M. M. **Efeito do fósforo sobre gramíneas e leguminosas em solos aluviais do semi-árido.** 2001. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2001.
- ARAÚJO, R. C. de. *et al.* Utilização simultânea de gesso agrícola e matéria orgânica num solo salino-sódico. **Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água**, Areia, v.21, p.44-53, 1999.
- ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e Caupi. In: SÁ, M. E; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas.** São Paulo: Ícone, 1994. p.233-248
- ARF, O *et al.* Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.323-334, 1999.
- ARSLAN, A.; DUTT, G. R. Solubility of gypsum and its prediction in aqueous solutions of mixed electrolytes. **Soil Science**, Baltimore, v. 155, n.1, p.37-47, 1993.
- AWAD, S. A; EDWARDS, D. G; CAMPBELL, L. C. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. **Crop Science**, v.30, p.123-128, 1990.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

AZEVEDO NETO, A. D; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.159-164, 2000.

AZEVEDO, N. C. de. **Influência de vários corretivos nas propriedades físico-químicas de um solo salino-sódico e seus efeitos na cultura do arroz (*Oryza sativa*, L) irrigado**. 1983. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1983.

BARRIOS, A *et al.* Resultados de ensayos de fertilización en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia Tropical**, Maracay, v.20, n.5, p.355-369, 1970.

BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVARES, V. H; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.59-64, 2004.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**. New York: G. Fischer, 1992. 741p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV, 1996. 596 p.

BERNSTEIN, N; SILK, W. K.; LÄUCHLI, A. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. **Planta**, Heidelberg, v.191, n.4, p.433-439, Sep. 1993.

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G. F.; COSTA, M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um Latossolo com compactação simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.1, p.125-130, 1997a.

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G. F.; COSTA, M. Gesso e matéria orgânica na floculação de argila e na produção de soja em um Latossolo Vermelho Escuro com camada subsuperficial compactada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.1, p.119-123, 1997b.

BURLÓ, F; MATAIX, J. Response of bean micronutrient nutrition to arsenic and salinity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.6, p. 1287-1299, 1998.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.275-286, mar./abr. 2003.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.125-136, jan./fev. 2004.

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

CARVALHO, O. **A economia política do Nordeste, secas, irrigação e desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Campus. 1988.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* **Práticas agrícolas para o controle preventivo à salinidade dos solos em áreas irrigadas do semi-árido paraibano.** Areia-PB. Universidade Federal da Paraíba. 1998. 23p. (Boletim Técnico Científico - BTC, 03).

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados.** Areia: CCA-UFPB, 2000. 72p.

CHAMPAGNOL, F. Relationships between phosphate nutrition of plants and salt toxicity. **Phosphorus in Agriculture**, n.76, p. 35-48, 1978.

CHAWLA, K. L.; BROL, I. P. Effect of gypsum fineness on de reclamation of sodic soil. **Agriculture water management**, v.5, p 41-50, 1982.

CHHABRA, R.; ABROL, I.P.; SINGH, M.V. Dynamics of phosphorus during reclamation of sodic soils. **Soil Science**, Baltimore, v.132, n.5, p.319-324, 1981.

COSTA, K. P *et al.* **Avaliação de doses de gesso na produção de massa seca e concentração foliar de nutrientes no capim Tanzânia.** In: 41° A REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...**Campo Grande – MS. Forragicultura, 2004. p.1-3.

COUTO, W.; D. J. LATHWELL; D. R. BOUDIN. Sulfato sorption by two oxisoils and a alfissol of the tropics. **Soil Science**, Baltimore, v.127, n.1, 108-116, 1979.

COX, F. R. Factors affecting the availability of phosphorus in soils of the semi-arid. In: JOHANSEN, C.; LEE, K. K.; SAHRAWAT, K. L. **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics.** Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 43-46.

DANTAS, J. P. *et al.* Avaliação de genótipos de Caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L; FRANCO, A. A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas.** Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p.225-242.

DINIZ, A. F. Efeito da salinidade na germinação e vigor de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.30, n.1/2, p.42-43. 1999.

ELEIZALDE, B.; DIAZ, A.; ALTARES, M. Rye-grass yield in saline soils. **Agrochemica** v. 26, n.3, p. 71-78, 1982.

ELSHOUT, V. D.; KAMPHORSTA, A. Suitability of coarse-grade gypsum of sodic reclamation: a laboratory experimental. **Soil Science**, Baltimore, v.149, n.4, p.228-234, 1990.

- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.
- ESECHIE H. A.; RODRIGUEZ V.; Does salinity inhibit alfalfa leaf growth by reducing tissue concentration of essential mineral nutrients? **Journal of Agronomy and Crop Science**. Berlin, v.182, n.4, p. 273-278. 1999.
- ESPINDOLA, J. A. A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.339-347, 1998.
- ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).
- FAREGIA, N. K *et al.* **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294p.
- FERNANDES, A. R. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade**. 2000. 145f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR 5.0 – Sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 1999-2003.
- FIXEN, P. Phosphorus management can reduce the effects of soil salinity. **Better Crops with Plant Food**, Atlanta, v.76, n.4, p24-25, 1992.
- FREIRE, M. B. G. S *et al.* Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.45-52, 2003.
- FREIRE, M. F. da S. **Manejo de um solo com água salgada submetido a três métodos de irrigação**. 1992, 51p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 1992.
- FREIRE, M. F. Transporte de sais aos solos pelas águas de irrigação. **Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água**, Areia, v.19, p.41-51, 1997.
- GALON, J. A; BELLINGIERI, P. A; ALCARDE, J. C. Efeito de modos e épocas de aplicação de gesso e calcário sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. CARIOCA-80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.119-125, jan./abr. 1996.
- GHEYI, H. R. **Caracterização e recuperação dos solos afetados por sais do Perímetro Irrigado de Sumé-PB**. Campina Grande: UFPB, 1993. 107p.
- GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. de; BATISTA, M. A. F.; SANTOS, J. G. R. dos. Comparação de métodos na recuperação de solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.173-178, 1995.

GIBSON, T. S. Carbohydrate metabolism and phosphorus/salinity interactions in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v.111, n.1, p.25-35, Sep. 1988.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, Ê. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.355-361, 2000.

GONÇALVES A. N. Fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento de árvores em regiões áridas e semi-áridas do nordeste. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.3, n.10, p.99-105, jun.1982.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessarakli, M. (ed.). **Handbook of plant and crop stress**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1999. cap.9, p.203-229.

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

GUPTA, S. K.; SHARMA, S. K. Response of crops to high exchangeable sodium percentage. *Irrigation Science*, v.11, n.3, jul.1990.

HIRA, G. S.; SINGH, N. T. Irrigation water requirement for dissolution of gypsum in sodic soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.930-933, 1980.

HOLANDA, A. C.; SANTOS, R. V.; SOUTO, J. S.; ALVES, A. R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.7, n.1, jan./jul. 2007.

HOLANDA, J. H.; AMORIM, J. R. A. **Qualidade da água para irrigação**. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997.

HOLANDA, J. S. de. **Manejo e utilização de áreas salinizadas do Vale do Açu**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2000. 95p.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.227-239, 1997.

HU Y.; SCHMIDHALTER U. Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, n.2, p.273-281, 2001.

IPA-EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (PE)**. 2.ed. Recife, 1998. 198p.

JEFFREY, W. D.; IZQUIERDO, J. **Frijol: fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés**. Santiago: FAO, 1989. 91p.

KATIYAR, R. S.; BALAK, R.; SINGH, C. P. Effect N and P on growth and production in rose on sodic soils. **Indian Journal of Horticulture**, v.56, n.1, p 86-87, 1999.

KHALIL, M. A et al. A Salinity-Fertility Interaction Study on Corn and Cotton. **Soil Science Society of America**, v.31, 1967.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p

KORNELIUS, E.; SOBRAL, L.F.; GOMES, J. de C. **Efeitos de doses de nitrogênio e fósforo na produção de feijão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, 1976, Campinas. Anais... Campinas: SBCS, 1976. p.203-205.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.47, n.2, p.107-120, 2003.

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

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidade**. Petrolina: EMBRAPACPTSA/PNE/RBG-KEW, 1996. 43p.

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1977, Campina Grande. **Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.4, p.113-136.

LUNIN, J.; GALLATIN, M. H. Salinity-fertility interactions in relation to the growth and composition of beans. II varying levels of N and P. **Agronomy Journal**, v.3, n.4, 1965.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. J Crop salt tolerance – Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage of ASCE**, New York, v.103. p.115-134. 1977.

MAGALHÃES, A.C.N.; CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. **Bragantia, Campinas**, v.31, n.5, p.19-26, 1972.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Ceres, 1989. 201p.

MARSCHNER, H.M. **Mineral Nutrition of Higher Plants**, 2.ed., London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTENS, D. A.; FRANKENBERGER JÚNIOR, W. T. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, p. 707-717, 1992.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e**

fertilizantes em Minas Gerais. 5a. Aproximação, Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais-CFSEMG, Viçosa, 1999, p.143-168.

MASCARENHAS, H.A.A., MIYASAKA, S., FREIRE, E.S. Respostas do feijoeiro à adubação com N, P e K em solo orgânico de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v.26, n.5-7, 1967.

MATOS, A.C. & RIBEIRO, A.C. Resposta do feijoeiro a fertilizantes fosfatados na presença e ausência de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.1113-136, 1987.

MEDEIROS, J.F. de. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão.** Piracicaba: ESALQ, 1998. 152p. Tese Doutorado.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, SBEA, 1997. p.239-284.

MELLO, Francisco de A. F. de, *et. al.* **Fertilidade do solo.** São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.

MELTON, J.R., ELLIS, B.G., DOLL, E.C. Zinc, phosphorus and lime interactions with yield and zinc uptake by (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Science Society of America**. v. 34, p. 91-93, 1970.

MORAIS, C. D.; CAVALCANTE, L. F.; ARRUDA, N. T. Ação do gesso agrícola sobre algumas propriedades físico-hídricas de um solo irrigado. **Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água**, Areia, v.17, p.5-16, 1997.

MOURA, F.J.A.; HOLANDA, L.F.F. de; MAIA, G.A.; GUEDES, Z.B.L.; ORIA, H.F.; GUIMARÃES, A. C. L.L. Estudo da composição química de quarenta variedades de feijão-de-corda (*Vigna sinensis* Endl.) Fortaleza, **Ciência. Agron.**, v.12, n.1-2, p.207-212, 1981.

MOURA, F. J. A *et al.* Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environment**, Oxford, v.25, p.239-250, 2002.

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

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468 p.

NASCIMENTO, I. R. **Adaptabilidade da espécie Caprina (*Capra hircus*) às Regiões SemiÁridas Tropicais:** Perspectivas para um Desenvolvimento Sustentável na Região Semi-Árida Nordestina do Brasil.1997, 116p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, Aracajú, 1997.

NOVAIS, R. F.; BRAGA FILHO, L. J.; Aplicação de "tufito" e NPK na adubação do feijão, em um solo de Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.98, p.308-314, 1971.

O'LEARY, J. W. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.42, p.717-721, 1971.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* **Uso do gesso agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça na recuperação de um solo sódico.** In: Workshop Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada. Recife. 2007.

OLIVEIRA, I. P *et al.* Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.1, p.39-45, 1987.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D; MENDES, J. E. M. F. **Efeito de doses de gesso e ácido fosfórico na alteração de propriedades químicas de um solo salino-sódico.** In: Encontro de Iniciação Científica da UFPB, 8- João Pessoa: Ed. Universitária/ UFPB, 2000. v.2, p. 36.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F.; **Simpósio manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, 1997. p 1-32.

OSTER, J. D; FRENKEL, H. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.41-45, 1980

PADOVAN, M. P. *et al.* Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1705-1710, dez. 2002.

PAVAN, M. A. Redistribution of exchangeable calcium magnesium and aluminum following lime as gypsum applications to a brasilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, n.1, p.33-38, 1984.

PEREIRA, J. R. **Genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. R. Latifolium H.) submetidos a estresse hídrico na fase de germinação.** 1997. 136f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1997.

PETERSON, T. A; VARVEL, G. E. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. III. Corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.5, n.81, p.735-738, 1989.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos.** Madrid: Editora Agrícola, Española, 1985. 542p.

PRISCO, J. T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress” Salino. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.3, p.85-94, 1980.

QADAR, A. Alleviation of sodicity stress on rice genotypes by Phosphorus fertilization. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 203, n.2, p. 269-277, jun.1998.

QADIR, M.; QURESHI, R. H.; AHMAD, N. Horizontal flushing: a promising ameliorative technology for hard salin-sodic and sodic soils. **Soil and Tillage Research**, v.45, n.1-2, p 119-131, 1998.

QUEIROZ, J. E. *et al.* **Recuperação de solos afetados por sais.** In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F.; Simpósio manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997. p 1-32.

QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, 1997.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise do solo para fins de fertilidade.** Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)

RAIJ, B. V *et al.* **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas.** Piracicaba, USP/ESALQ. Depto. Física e Meteorologia. 1993. 505p.

REKHI, R. S.; BAJWA, M. S. Effect of green manure on the yield, N-uptake and floodwater properties of a flooded rice, wheat rotation receiving 15N urea on a highly permeable soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.34, n.1, p.15- 22, 1993.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. G. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, D.R.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops.** Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089.1142.

RICHARDS, L. A *et al.* **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos.** Limusa: México. 1974. 172p.

ROBINSON, R. G. Yield and composition of fíel bean and adzuki bean in response to irrigation, compost and nitrogem. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.31-35, 1983.

SANTANA, M. J *et al.* Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.2, p.443-450, mar./abr. 2003.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisol and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.34, p.279-406, 1981.

SANTOS, R. V.; HERNANDEZ, F. F. F. Recuperação de solos afetados por sais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1977, Campina Grande. **Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p.320-361.

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

SANTOS, R. V. dos. **Correção de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro Vigna (*Vigna unguiculata* (L.) WALD.)**. 1995. 120 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

SANTOS, R.V. *et al.* Uso de gesso e fósforo em solo degradado cultivado com crotalária. In: **Workshop sobre políticas públicas e técnicas para recuperação de áreas de preservação permanente**. CEMAC/DCF/UFLA, 2005.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Esalq, 1974. 56p.

SCHWARTZ, S.; KAFKAFI, U. “Mg, Ca and K status of corn silage and wheat at periodic stages of growth in the field”. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p.227, 1978.

SERTÃO, M. A. J. **Uso de corretivos e cultivo do capim urocloa (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy) em solos degradados do Semi-árido**. 2005. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Saúde e Tecnologia e Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2005.

SHARMA, M. L. Interaction of water potential and temperature effects on germination of three semi-arid plant species. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.390-394, 1976.

SILVA, F. A. de M *et al.* Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **CERNE**, v.6, n.1, p.52-59, 2000.

SILVA, M. R. M. da. **Viabilidade de uso de vinhaça na recuperação de um solo salinosódico**. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2004.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de Caupi. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.2, p 133- 135, 1993.

SILVEIRA, J. A. G. Salt-induced decrease in nitrate uptake and assimilation in cowpea plants. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.11, n.2, p.77-82, 1999.

SOLIMAN, M.S.; SHALABI. H.G.; CAMPBELL, W.F. Interaction of salinity, nitrogen, and phosphorus fertilization on wheat. **J. Plant Nutr.** v.17, p.1163–1173, 1994.

SOUSA, R. P. de. **Utilização do gesso agrícola e matéria orgânica na água de irrigação sobre a melhoria de um solo afetado por sódio trocável**. 1995. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1995.

SOUZA, L. C. *et al.* Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.35-40, 2000.

- SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Recursos naturais do Nordeste: investigação e potencial**. Recife: SUDENE, 1972.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, v.91, n.3, p. 503- 527, 2003.
- VIANA, S. B. A *et al.* Produção de alface em condições de salinidade a partir de mudas produzidas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.60-66, 2001.
- VIÉGAS, R. A. **Assimilação de Nitrogênio e acumulação de solutos em plantas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em reposta ao estresse salino**. 1999. 85f. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- VILLELA, S. M. **Combate à seca no semi-árido nordestino – meu depoimento**. 1999. Disponível em: 12 dez. 2007.
- VITAL, A. F. M. **Efeitos do gesso e do fósforo na disponibilidade de nutrientes e no desenvolvimento inicial do cajueiro em solo salino-sódico**. 2002. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2002.
- VITTI, G. C. **Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2000. 30p.
- YAN, X.; BEEBE, E.S.; LYNCH, J. P. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types: yield response. **Crop Science**, v.35, p.1094-1099, 1995.
- WUTKE, E. B. **Desempenho do feijoeiro em rotação com milho e adubos verdes**. 1998. 146 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica – Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.
- ZENG, L *et al.* Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. **Euphytica**, v.129, n.3, p.102-115. Feb.2003.