

## Pesquisas com Fertilidade do Solo em Sistemas de Cultivo no Oeste da Bahia – Safrá 2008/2009



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 89**

# **Pesquisas com Fertilidade do Solo em Sistemas de Cultivo no Oeste da Bahia – Safrá 2008/2009**

Flávia Cristina dos Santos  
Manoel Ricardo de Albuquerque Filho  
Gilvan Barbosa Ferreira  
Maria da Conceição Santana Carvalho  
João Luís da Silva Filho  
Murilo Barros Pedrosa  
Cleiton Antônio da Silva Barbosa

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone:(31) 3027 1100

Fax: (31) 3027 1888

Home page: [www.cnpms.embrapa.br](http://www.cnpms.embrapa.br)

E-mail: [sac@cnpms.embrapa.br](mailto:sac@cnpms.embrapa.br)

### **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino

Secretário-Executivo: Flávia Cristina dos Santos

Membros: Elena Charlotte Landau, Flávio Dessaune Tardin,

Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana e Clenio Araujo

Revisor de texto: Clenio Araujo

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Editoração eletrônica: Communique Comunicação

Fotos da capa: Manoel Ricardo de Albuquerque Filho

### **1a edição**

1a impressão (2009): 200 exemplares

#### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Milho e Sorgo

---

Pesquisas com fertilidade do solo em sistemas de cultivo no Oeste da Bahia - safra 2008/2009 /

Flávia Cristina dos Santos ... [et al.]. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

58 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 89).

1. Solo- manejo. 2. Fertilizante. 3. Corretivo. 4. Cerrado. I. Santos, Flávia Cristina dos. II. Série.

CDD 631.4 (21. ed.)

# **Autores**

**Flávia Cristina dos Santos**

Eng. Agr<sup>a</sup>, Dra., Embrapa Milho e Sorgo  
fsantos@cnpms.embrapa.br

**Manoel Ricardo de Albuquerque Filho**

Eng. Agr<sup>o</sup>, Dr., Embrapa Milho e Sorgo  
mricardo@cnpms.embrapa.br

**Gilvan Barbosa Ferreira**

Eng. Agr<sup>o</sup>, Dr., Embrapa Roraima  
gilvan@cpafrr.embrapa.br

**Maria da Conceição Santana Carvalho**

Eng. Agr<sup>a</sup>, Dra., Embrapa Algodão/Núcleo de Goiás  
conceicao@cnpa.embrapa.br

**João Luís da Silva Filho**

Eng. Agr<sup>o</sup>, Dr., Embrapa Algodão  
joaoluis@cnpa.embrapa.br

**Murilo Barros Pedrosa**

Eng. Agr<sup>o</sup>, Dr., Fundação Bahia  
algodao@fundacaoba.com.br

**Cleiton Antônio da Silva Barbosa**

Eng. Agr<sup>o</sup>, Círculo Verde Assessoria Agronômica e Pesquisa  
cleiton.barbosa@circuloverde.com.br

## Apresentação

O Oeste da Bahia ocupa hoje posição de destaque no cenário da agropecuária nacional. As culturas da soja, algodão e milho são cultivadas em extensas áreas, trazendo trabalho e renda para a região.

O predomínio de solos com teores mais baixos de argila e do uso do sistema plantio convencional aponta para um amplo horizonte de pesquisas, envolvendo sistemas mais conservacionistas, como o plantio direto e integração lavoura-pecuária, com a rotação de culturas sendo um dos pilares de manutenção desses sistemas.

As pesquisas com fertilidade do solo assumem papel de destaque na busca de uma exploração mais eficiente, visando subsidiar programas de adubação que otimizem o uso de corretivos e fertilizantes. Dessa forma, o esforço integrado de instituições públicas e privadas, como a parceria entre Embrapa, Fundação Bahia, EBDA, Fundeagro, FNDCT/FINEP/MCT, consultorias, produtores e empresas de insumos agrícolas, tem viabilizado o desenvolvimento de pesquisas em manejo e fertilidade dos solos sob diferentes sistemas de cultivo, visando aumentar a produtividade, a lucratividade e a competitividade da agropecuária do Oeste Baiano.

Essa publicação contém os principais resultados das pesquisas com fertilidade do solo realizadas na safra 2008/2009 no Oeste da Bahia, dando continuidade às pesquisas iniciadas desde a década de 1990, que buscam originar referências locais para a correção e adubação do solo pelos técnicos e produtores que atuam na região.

Como foco principal, este documento visa contribuir para o uso racional de insumos e manejo adequado dos solos do Oeste baiano, bem como aumentar a eficiência das áreas produtivas para minimizar a pressão por abertura de novas áreas de Cerrado.

*Vera Maria Carvalho Alves*  
Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

# Sumário

Introdução .....	6
Condições dos experimentos e locais de instalação .....	8
Doses e fontes de nitrogênio para o algodoeiro em SILP .....	9
Resultados e Discussão .....	11
Considerações finais.....	18
Doses e épocas de aplicação de potássio para o algodoeiro em SILP .....	18
Resultados e Discussão .....	19
Considerações finais.....	25
Experimentos com gessagem para o algodoeiro e soja em SPC.....	25
Resultados e Discussão .....	29
Algodão .....	29
Variação no estado nutricional, no crescimento e na produtividade ..	37
Soja .....	42
Mudançpas no estado nutricional da soja.....	50
Mudanças no crescimento e produtividade de soja.....	51
Considerações gerais e conclusões .....	53
Agradecimentos .....	54
Referências .....	55

# **Pesquisas com Fertilidade do Solo em Sistemas de Cultivo no Oeste da Bahia – Safra 2008/2009**

---

*Flávia Cristina dos Santos*

*Manoel Ricardo de Albuquerque Filho*

*Gilvan Barbosa Ferreira*

*Maria da Conceição Santana Carvalho*

*João Luís da Silva Filho*

*Murilo Barros Pedrosa*

*Cleiton Antônio da Silva Barbosa*

## **Introdução**

A produção agrícola no Oeste da Bahia vem merecendo destaque no cenário nacional desde os anos 1980, com as culturas do algodão, soja e milho, entre outras, impulsionando o desenvolvimento da região. A Bahia é hoje a segunda maior produtora de algodão do país, com área plantada de 261.665 ha na safra 2008/2009, perdendo apenas para o estado do Mato Grosso. A área plantada de soja, no mesmo período, foi de 982.900 ha e a de milho, 180.000 ha (AIBA, 2009).

No entanto, a região, com predomínio de vegetação de Cerrado e solos mais arenosos, demanda manejo mais criterioso de seus recursos naturais. A fertilidade do solo para culturas exigentes em nutrientes, como algodão e milho, é fator fundamental para a obtenção de produtividades elevadas. No Oeste da Bahia, ainda predomina o sistema plantio convencional (SPC), em que o constante revolvimento do solo tem provocado perdas da sua estrutura, maior mineralização da matéria

orgânica (que já é relativamente baixa) e problemas de compactação do solo, entre outros. Nesse sistema, onde a presença de resíduo vegetal sobre o solo é bem pequena ou inexistente, a demanda por nitrogênio (N) é sempre elevada. Adicionalmente, cátions, como K, Ca e Mg, podem sofrer maior lixiviação devido à baixa CTC do solo, resultante dos baixos teores de argila e de matéria orgânica. A probabilidade de veranicos, aliada a solos de textura mais grosseira, expõe as plantas a um maior risco de estresse hídrico. Daí a importância das técnicas de calagem e gessagem, que favorecem o crescimento radicular (inclusive em subsuperfície no segundo caso), para o desenvolvimento e produção das culturas, principalmente em situações de déficit hídrico. Todos esses fatores, além de outros, exigem uma atenção especial no manejo da fertilidade do solo.

O sistema plantio direto (SPD) e a integração lavoura-pecuária (SILP) vêm sendo incentivados e já ocupam algumas áreas de produção no Cerrado baiano. Nesses sistemas, a dinâmica de nutrientes é diferenciada em relação ao SPC, havendo maior concentração nas camadas superficiais do solo. A demanda por N, que normalmente é aumentada no início de implantação dos sistemas, tende a reduzir com o histórico de uso do solo, por causa da maior estocagem de nutrientes com a presença de palhada e elevação dos teores de matéria orgânica do solo.

Num cenário de preços baixos das commodities agrícolas, em que a palavra eficiência deve imperar, pesquisas com manejo da fertilidade do solo são essenciais para viabilizar a produção agropecuária da região, manter a rentabilidade e competitividade dos produtores rurais.

Cabe ressaltar que, pela realidade local de aplicação frequente de doses de corretivos e fertilizantes acima das recomendadas e pela necessidade de confirmação de resultados de pesquisas anteriores, a maioria dos experimentos teve como foco a correção da acidez do solo e adubação de manutenção. Em geral, esses experimentos foram instalados em condições de solos de fertilidade média a alta, conforme pode ser observado nos quadros com os resultados dos atributos químicos dos

solos antes da aplicação dos tratamentos (Quadros 1, 6 e 7).

## **Condições dos experimentos e locais de instalação**

Os experimentos que compõem essa publicação são:

- Sob SILP - Doses e fontes de nitrogênio (N) - Fazenda Xanxerê - algodão
  - Doses e épocas de aplicação de potássio (K) - Fazenda Xanxerê- algodão
- Sob SPC - Gessagem - Fazenda Marechal Rondon - algodão
  - Fazenda Mineira - soja

Todos os experimentos de manejo da correção do solo e adubação para o algodoeiro no Cerrado do Oeste da Bahia, safra 2008/2009, foram instalados em lavouras comerciais da região de Roda Velha, São Desidério-BA (Fazendas Marechal Rondon e Mineira) e Correntina-BA (Fazenda Xanxerê).

Nos experimentos com gessagem nas Fazendas Marechal Rondon e Mineira, foram avaliadas doses e frequência de aplicação de gesso, com experimentos iniciados na safra 2005/2006 que envolveram a rotação das culturas de algodão, milho e soja.

Em todos os experimentos, foram avaliadas características de solo e planta, incluindo análise de fibra. Os dados foram submetidos aos testes estatísticos apropriados, de acordo com o delineamento utilizado.

As significâncias dos testes estatísticos consideradas foram: não significativo; significativo a 10,0; 5,0; 1,0; e 0,1%; representadas pela simbologia ns, o, \*, \*\* e \*\*\*, respectivamente.

## Doses e fontes de nitrogênio para o algodoeiro em SILP

### Instalação

Foi instalado um ensaio na Fazenda Xanxerê, Correntina-BA, no dia 08/12/2008, sob SILP em solo cujas características estão descritas no . Utilizou-se a variedade Delta Opal no espaçamento de 0,76 m entre linhas e 7-9 plantas  $m^{-1}$ . No ano anterior, foi cultivado o milho com braquiária *ruziziensis*.

Foi utilizado o fatorial  $2 \times 5 + 1$ , compreendendo duas doses de N (100 e 150  $kg\ ha^{-1}$ ), cinco fontes de N (sulfato de amônio, ureia, ureia super N, nitrato de amônio e sulfammo) mais uma testemunha (dose 0 de N). O delineamento foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por oito fileiras de 6 m de comprimento (36,48  $m^2$ ), com as duas fileiras centrais de 5 m cada, constituindo a parcela útil.

Nos tratamentos adubados, foi aplicada a dose de 45  $kg\ ha^{-1}$  de N na semeadura e o restante, em cobertura, aos 20 dias após a emergência (dae). A adubação com os outros nutrientes foi feita de acordo com o manejo adotado pela fazenda. No mês de outubro de 2008, foi feita uma adubação antecipada com aplicação de 560  $kg\ ha^{-1}$  de superfosfato simples mais micronutrientes (Phosmicro), 310  $kg\ ha^{-1}$  de KCl, 2,0  $t\ ha^{-1}$  de calcário e 0,7  $t\ ha^{-1}$  de gesso, a lançar.

Aos 95 dae (estádio de pleno florescimento), foram coletadas amostras de folhas (20 folhas, com pecíolo, por parcela útil, localizadas na 5ª posição a partir do ápice). As folhas foram secas em estufa a 65° C por 72 horas e enviadas a laboratório para análise do teor de N total. Aos 130 dae, foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm para análise de matéria orgânica. No final do ciclo, aos 190 dae, coletaram-se 20 capulhos do terço médio das plantas de duas fileiras centrais de 5 m cada para avaliações de qualidade da fibra. O restante dos

capulhos, somados aos outros 20, foram utilizados para estimativa da produtividade. Realizou-se também a medição da altura de plantas e contagem do estande final.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de contrastes ortogonais de interesse.

**Quadro 1.** Atributos químicos e físico do solo da Fazenda Xanxerê, após a adubação da fazenda e antes da aplicação das doses dos tratamentos com N e K

Prof.	pH <sup>(1)</sup>	P <sup>(2)</sup>	K <sup>(2)</sup>	S <sup>(3)</sup>	Ca <sup>(4)</sup>	Mg <sup>(4)</sup>	Al <sup>(4)</sup>	T	V	m	Argila <sup>(5)</sup>	
cm	H <sub>2</sub> O	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----%-----		dag kg <sup>-1</sup>		
00-10	6,1	20	202	26	1,6	0,6	0,0	3,9	68,9	0,0	22	
10-20	5,7	4	66	14	1,0	0,4	0,0	2,9	51,4	0,0	25	
20-40	5,6	2	21	13	0,6	0,3	0,0	2,1	42,0	0,0	26	
cm	B <sup>(6)</sup>	Cu <sup>(2)</sup>	Fe <sup>(2)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	Zn <sup>(2)</sup>							
cm	-----mg dm <sup>-3</sup> -----											
00-10	0,7	0,3	27,7	4,8	3,2							
10-20	1,6	0,0	39,2	1,5	0,8							
20-40	1,5	0,0	47,4	0,8	0,4							

<sup>1</sup>pH em água na relação solo:solução de 1:2,5; <sup>2</sup>Mehlich-1; <sup>3</sup>método do fosfato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>; <sup>4</sup> Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>5</sup>método da pipeta e <sup>6</sup>Água quente. (EMBRAPA, 1997)

## Resultados e Discussão

Observando o Quadro 2, nota-se que houve efeito significativo das doses e fontes de N sobre a produtividade de algodão em caroço, peso médio do capulho e altura de plantas. A dose de 150 foi superior à de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, bem como os tratamentos adubados foram superiores à testemunha. O algodoeiro é uma cultura com alta demanda por N, sendo que esse nutriente proporciona maior desenvolvimento vegetativo das plantas, como pode ser comprovado pelos valores mais elevados de altura de plantas dos tratamentos adubados em relação à testemunha e da dose de 150 em relação à de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (Quadro 2). Nos estudos com fertilidade do solo para o algodoeiro no Cerrado da Bahia (FERREIRA et al., 2004, 2006, 2007; FERREIRA; CARVALHO, 2005; SANTOS et al., 2008), a cultura praticamente só tem apresentado resposta em produtividade à adubação nitrogenada. Essencialmente, isso se deve ao fato de que os solos utilizados para a produção de algodão já estão com a sua fertilidade corrigida para os outros elementos, como P, K, Ca, Mg, S e a maioria dos micronutrientes. Em outros sistemas de cultivo que não o desse experimento, a resposta evidente ao N se deve ao predomínio do sistema plantio convencional, onde há favorecimento da mineralização da matéria orgânica do solo e pouca presença, ou inexistência, de resíduos vegetais, que são importantes fontes de N.

Além das doses de N, o estudo das fontes tem grande importância pelo fato da dinâmica de transformação do N no solo depender, dentre outros fatores, da forma em que o nutriente se encontra no fertilizante nitrogenado aplicado ao solo, uma vez que cada uma delas, amoniacal, nítrica ou amídica, pode ter destinos diferentes (CARDOSO NETO, 2006).

Nesta pesquisa em particular, observa-se que a diferença entre fontes na produtividade do algodão em caroço foi significativa apenas quando da aplicação da dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (Quadro 2). No entanto, embora não haja diferença estatística de produtividade (Figura 1 A), a análise

econômica mostra que há diferença de rentabilidade (Figura 1 B). Considerando o lucro da tecnologia para a dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (lucro = renda bruta da fonte considerada – renda bruta da testemunha – custo do adubo) para produtividade, vê-se que as melhores fontes, em ordem decrescente foram: nitrato de amônio, sulfato de amônio, ureia super N, ureia e sulfamo (Figura 1 B). Percebe-se que o melhor rendimento físico (Figura 1 A) nem sempre se refletirá em melhor rendimento econômico (Figura 1 B). Daí a importância dessa análise.

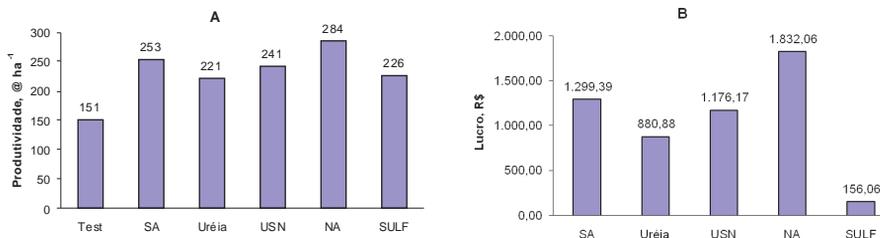
O nitrato de amônio foi muito utilizado nos anos 1980. No entanto, seu consumo hoje é bem reduzido devido à regulamentação de sua compra por ser um componente de explosivos. Assim, muitas vezes, há dificuldade de encontrá-lo no mercado. Uma das fontes mais usadas na adubação das culturas é a ureia, que apresenta o inconveniente, dependendo das condições, da elevada volatilização. O sulfato de amônio surge como alternativa e, neste experimento, foi a segunda fonte que propiciou maiores lucros (Figura 1 B).

**Quadro 2** . Produtividade de algodão em caroço (PROD), peso médio do capulho (PMC), altura de plantas (ALT), estande (STD), porcentagem de fibra (PFIB), teor foliar de N (NF), matéria orgânica no solo nas camadas de 0-10 (MO1), 10-20 (MO2) e 20-40 cm (MO3), coeficiente de variação (C.V.), análise de variância e e significância dos contrastes de interesse como variáveis das doses (DN) e fontes de N (FN), aplicadas parte no plantio (PI) e restante aos 20 dae

DN	FN	PI	20dae	PROD	PMC	ALT	STD	PFIB	NF	MO1	MO2	MO3
				@ ha <sup>-1</sup>	G	cm	pl m <sup>-1</sup>	%	-----dag kg <sup>-1</sup> -----			
0	-	-	-	151,3	5,2	55,3	7,3	45,7	3,30	1,16	0,90	0,91
100	SA	45	55	253,1	5,9	86,0	6,4	44,5	3,17	1,19	0,94	0,87
150	SA	45	105	326,4	6,4	93,1	6,6	43,5	3,50	1,07	0,90	0,90
100	Uréia	45	55	220,6	6,0	82,5	5,5	44,3	3,17	1,19	0,93	0,90
150	Uréia	45	105	298,5	6,2	87,2	6,1	44,4	3,16	1,06	0,93	0,81
100	USN	45	55	240,6	5,9	84,1	6,7	43,5	3,42	1,13	0,84	0,87
150	USN	45	105	288,5	6,0	91,3	7,5	44,0	3,81	1,06	0,91	0,78
100	NA	45	55	284,2	6,2	88,8	6,3	44,1	3,65	1,13	0,94	0,84
150	NA	45	105	297,8	6,0	88,8	7,0	43,5	3,55	1,10	0,97	0,94
100	Sulf	45	55	225,8	5,7	73,8	7,5	44,9	3,06	1,16	1,10	0,97
150	Sulf	45	105	275,7	5,9	88,4	7,0	44,6	3,21	1,19	1,00	0,90
C.V. %				10,7	3,5	5,9	14,9	1,81	9,3	13,5	12,4	11,7
Fontes variação				G.L.								
Blocos				3								
Trat				10								
DN				1	**	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
FN				4	*	*	*	ns	ns	**	ns	ns
DN x FN				4	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adubado vs dose 0				1	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns
Desdobramentos												
FN (100)				4	*	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
FN (150)				4	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
Erro				30								
Contrastes de interesse												
100 vs 150 (SA)				1	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (Uréia)				1	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (USN)				1	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (NA)				1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (Sulf)				1	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
SA vs NA (100)				1	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Uréia vs USN (100)				1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SA/NA vs Uréia/USN (100)				1	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Todos vs Sulf (100)				1	ns	*	**	*	ns	ns	ns	**
SA vs NA (150)				1	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Uréia vs USN (150)				1	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
SA/NA vs Uréia/USN (150)				1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Todos vs Sulf (150)				1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Obs: \*\*, \*, ns = significativo a 1 %, 5 %, não significativo, respectivamente.

SA = sulfato de amônio, USN = uréia super N, NA = nitrato de amônio, Sulf = sulfammonio



**Figura 1.** Produtividade do algodão em caroço da testemunha (Test) e dos tratamentos com diferentes fontes de N (A) e lucro obtido com a utilização dos tratamentos com as fontes de N (B), considerando a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>

As diferenças nas características das diversas fontes de N avaliadas podem auxiliar no entendimento da variação da produtividade em valores absolutos. O sulfato de amônio é uma fonte com 21% de N na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), a ureia possui 44% de N na forma de amina ( $\text{NH}_2$ ) e o sulfammo contém 26% de N no total, sendo 19% na forma de amina e 7% na forma amoniacal protegidos por dupla membrana (SOUSA; SILVA, 2009). A ureia super N (44% de N) apresenta liberação lenta do N pela presença de inibidor da urease, enzima que realiza a hidrólise (quebra) da molécula de ureia, decompondo-a em amônia, que é volátil, gás carbônico e água. Em princípio, este aditivo pode inibir a degradação enzimática da ureia por um período de até 14 dias (AGROTAIN, 2001) e esse efeito pode aumentar a absorção de N da ureia e a produtividade das culturas (HENDRICKSON, 1992; WATSON et al., 1994; EARNST; VARCO, 2006). A vantagem desse produto em sistemas com palha na superfície do solo é que, ao retardar a hidrólise da ureia, prolonga-se o tempo para que uma chuva incorpore o fertilizante no interior do solo, reduzindo as perdas, que são mais intensas nas primeiras horas até os dez dias após a aplicação (LARA CABEZAS et al., 1997a,b; MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

O nitrato de amônio possui 32% de N e detém, ao mesmo tempo, duas formas de fornecimento de nitrogênio ao solo, a nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) e a amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Vários trabalhos têm mostrado que o nitrato, por ser um ânion, pode ser lixiviado no perfil do solo e levado para fora do alcance das raízes das plantas, podendo atingir as águas subsuperficiais (COSTA et al., 1999; SILVA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2000) e causar poluição do lençol freático. Entretanto, um manejo adequado pode controlar a lixiviação do nitrato, aumentando a permanência do mesmo no solo. Assim, tem-se observado que as perdas de nitrato por lixiviação em solos arenosos são mínimas quando o nitrogênio é aplicado de uma só vez, porém em taxas menores que  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (MUCHOVEJ; RECHEIGL, 1994). Já o amônio, por ser um cátion, é facilmente retido nas cargas eletronegativas das argilas e da matéria orgânica do solo, o que minimiza a sua perda (LOPES, 1998). Contudo, em solos arenosos e pobres em matéria orgânica, com baixa carga líquida negativa, essa retenção é menor e as perdas por lixiviação podem ser significativas. Assim, espera-se que fontes compostas de misturas da forma nítrica, amoniacal e amídica possam ser uma alternativa interessante, uma vez que a combinação pode resultar na redução dos efeitos da lixiviação (forma nítrica) e da volatilização (forma amídica).

Diante dessas questões, Coelho et al. (1991) atribuem a baixa recuperação de fertilizantes nitrogenados, em torno de 50 % pelas culturas em condições tropicais, ao grande potencial de perdas de N, sendo a desnitrificação, lixiviação e volatilização os mecanismos mais importantes (GAMBOA et al., 1971). Cereta (2000) relata perdas de N por lixiviação de nitrato de 5 a 20% e por volatilização de amônia de até 78% do N (ureia aplicada superficialmente em SPD).

Embora os fertilizantes de liberação lenta e os inibidores de urease tenham apresentado eficiência agrônômica em pesquisas realizadas em outros países, especialmente com milho e arroz, é necessário avaliar estes produtos nas condições de solos de regiões tropicais do Brasil, sobretudo do Cerrado. Além do benefício agrônômico e operacional, é importante

avaliar também o aspecto econômico com análises de custo/benefício dos produtos aplicados, uma vez que, de modo geral, os preços destes produtos alternativos são relativamente altos em relação aos fertilizantes convencionais.

A porcentagem de fibra, uma importante característica da produção de algodão, foi afetada apenas pelos tratamentos adubados em relação à testemunha (Quadro 2). Os teores foliares de N (NF), predominantemente, ficaram abaixo da faixa adequada para o algodoeiro (entre 3,5 e 4,0 dag kg<sup>-1</sup>) (MALAVOLTA et al., 1997) (Quadro 2). Percebe-se que, como esperado, os maiores teores foliares estiveram relacionados com as maiores produtividades, evidenciando plantas mais bem nutridas (Quadro 2).

Em geral, para as outras características de fibra (Quadro 3), a maioria dos efeitos foi não significativa. Considerando-se algumas das principais, percebe-se que o comprimento e micronaire foram afetados pela aplicação de fertilizantes nitrogenados. O comprimento e resistência de fibra foram melhorados quando da aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, considerando a fonte nitrato de amônio. A média dos tratamentos sulfato de amônio/nitrato de amônio foi inferior à média da ureia/ureia super N na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N para comprimento e resistência; e para micronaire, a dose de 100 foi melhor em relação a de 150 kg ha<sup>-1</sup>, considerando a fonte ureia super N (Quadro 3).

Os indicadores comprimento e micronaire ficaram fora dos padrões desejados para o melhoramento genético de plantas e para a indústria. A resistência e micronaire foram médios, enquanto o índice de uniformidade e alongamento foram altos (Quadro 3) (FREIRE et al., 2007; SETREN; LIMA, 2007). Entretanto, no conjunto das características intrínsecas medidas, as fibras tiveram boa qualidade, com fiabilidade predominantemente adequada (SCI>140).

Há relatos na literatura da relação do N com o desenvolvimento das plantas de algodão e qualidade da fibra, pois esse nutriente estimula o

crescimento e florescimento da planta, regula seu ciclo, aumenta a

**Quadro 3.** Características de qualidade de fibras (comprimento (UHM), índice de uniformidade (UI), resistência (RES), alongamento (ELG), micronaire (MIC), índice de reflectância (Rd), índice de amarelecimento (+b), maturidade (MAT), índice de fibras curtas (SFC) e fiabilidade (SCI)), coeficiente de variação (C.V.), análise de variância e significância dos contrastes de interesse como variáveis das doses (DN) e fontes de N (FN), aplicadas parte no plantio (PI) e restante aos 20 dae

DN	FN	PI	20dae	UHM	UI	RES	ELG	MIC	Rd	+b	MAT	SFC	SCI
				mm	%	gf tex <sup>-1</sup>	%	µg pol <sup>-1</sup>	%	%	%	%	%
0	-	-	-	28,8	84,6	28,8	6,9	5,1	73,0	5,2	85,0	8,4	134,3
100	SA	45	55	29,7	85,2	29,1	6,9	4,9	74,2	6,5	84,0	7,5	143,0
150	SA	45	105	30,7	83,6	29,2	7,0	4,7	75,0	6,4	84,0	7,2	139,0
100	Ureia	45	55	30,6	85,5	30,5	7,0	4,8	73,9	6,4	85,0	6,6	150,0
150	Ureia	45	105	30,8	84,7	29,7	7,0	4,8	75,4	6,5	85,0	6,8	145,3
100	USN	45	55	30,9	84,3	29,9	7,0	4,8	74,3	6,1	85,0	6,7	144,0
150	UrSN	45	105	30,1	84,5	29,9	6,9	4,4	73,5	6,8	84,0	7,3	147,0
100	NA	45	55	29,8	84,2	28,1	6,8	4,8	74,4	6,2	84,0	7,7	135,8
150	NA	45	105	31,0	83,9	30,0	7,1	4,7	74,4	6,2	84,0	6,8	143,3
100	Sulf	45	55	29,8	85,8	29,7	7,0	4,8	73,8	6,3	84,0	7,2	147,8
150	Sulf	45	105	29,8	84,9	29,6	7,0	4,9	75,0	6,3	85,0	7,5	143,0
C.V. %				2,4	1,4	4,1	1,4	4,9	2,7	9,9	0,9	9,2	6,3
Fontes variação			G.L.										
Blocos			3										
Trat			10										
DN			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FN			4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DN x FN			4	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adubado vs dose 0			1	**	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	**	ns
Desdobramentos													
FN (100)			4	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FN (150)			4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro			30										
Contrastes de interesse													
100 vs 150 (SA)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (Ureia)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (USN)			1	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (NA)			1	*	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 150 (Sulf)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SA vs NA (100)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ureia vs USN (100)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SA/NA vs Ureia/USN (100)			1	**	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	*	ns
Todos vs Sulf (100)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SA vs NA (150)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ureia vs USN (150)			1	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
SA/NA vs Ureia/USN (150)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Todos vs Sulf (150)			1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Obs: \*\*, \*, ns = significativo a 1%, 5%, não significativo, respectivamente. SA = sulfato de amônio, USN = ureia super N, NA = nitrato de amônio, Sulf = sulfammo

produtividade e melhora o comprimento, a resistência, maturidade e micronaire da fibra (SILVA, 2001; STAUT et al., 2002).

## **Considerações finais**

Considerando a elevada demanda do algodoeiro por N (cerca de 70 kg ha<sup>-1</sup> para cada tonelada de algodão em caroço produzida) (FERREIRA; CARVALHO, 2005), o manejo do N deve receber papel de destaque em relação a doses, fontes, épocas e formas de aplicação etc. Com os resultados desse trabalho, foi possível identificar algumas fontes de N menos utilizadas em relação à ureia, mas que apresentaram maior lucro, como foi o exemplo do nitrato e do sulfato de amônio.

As fontes com maiores tecnologias agregadas, ureia super N e sulfammo, apresentaram boa produtividade, numericamente superiores à obtida com a ureia. No entanto, o preço relativamente elevado dessas tecnologias pode inviabilizar economicamente a utilização das mesmas.

## **Doses e épocas de aplicação de potássio para o algodoeiro em SILP**

### **Instalação**

Em experimento instalado na Fazenda Xanxerê, município de Correntina-BA, no dia 08/12/2008, sob SILP em solo com características descritas no quadro 1, foram testadas doses e épocas de aplicação de K. Utilizou-se a variedade Delta Opal no espaçamento de 0,76 m entre linhas e 7-9 plantas m<sup>-1</sup>. No ano anterior, foi cultivado o milho com braquiária ruziziensis.

Foi utilizado o fatorial 2 x 5 +1, compreendendo duas doses de K<sub>2</sub>O (100 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), cinco épocas de aplicação de K (1- dose única antecipada em outubro, 2- dose única antecipada em novembro, 3- dose única em cobertura aos 20 dae, 4- metade da dose antecipada em outubro e

restante aos 20 dae e 5- metade da dose antecipada em novembro e retante aos 20 dae) mais o tratamento adicional (sem K).

O delineamento foi de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por oito fileiras de algodão de 6 m de comprimento ( $36,48 \text{ m}^2$ ), com as duas fileiras centrais, de 5 m cada, constituindo a parcela útil.

A adubação com os outros nutrientes foi feita de acordo com o manejo adotado pela fazenda. No mês de outubro de 2008, foi feita a adubação antecipada com aplicação de  $560 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato simples mais micronutrientes (Phosmicro),  $2,0 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário e  $0,7 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, a lanço. No plantio, foram aplicados  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia, em sulco a 5 cm de profundidade e a 18 cm da linha de semeadura. Em cobertura, aos 20 dae, foram aplicados  $452 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de amônio, a lanço.

Aos 95 dias após a emergência (estádio de pleno florescimento), foram coletadas amostras de folhas (20 folhas, com pecíolo, por parcela útil, localizadas na 5ª posição a partir do ápice). As folhas foram secas em estufa a  $65^\circ \text{ C}$  por 72 horas e enviadas a laboratório para análise dos teores de K. Aos 130 dae, foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm para análise dos teores disponíveis de K. No final do ciclo, aos 190 dae, coletaram-se 20 capulhos do terço médio das plantas de duas fileiras centrais de 5 m cada para avaliações de qualidade da fibra e o restante dos capulhos, que somados aos outros 20, foram utilizados para estimativa da produtividade. Realizou-se a medição da altura de plantas e contagem do estande final.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de contrastes ortogonais de interesse.

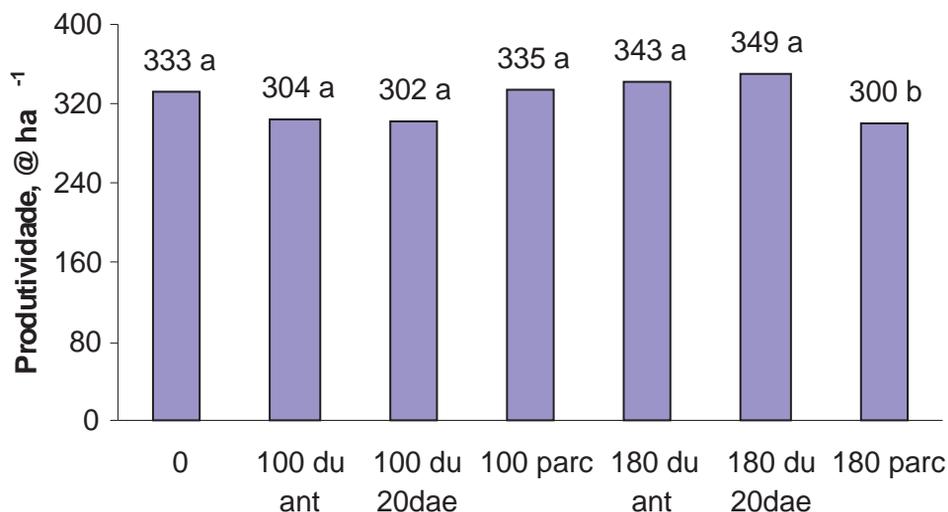
## **Resultados e Discussão**

A produtividade do algodoeiro foi afetada pela interação entre dose de  $\text{K}_2\text{O}$

e época, sendo que a aplicação de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  parcelada em outubro ou novembro e aos 20 dae foi inferior aos demais tratamentos (Figura 2 e Quadro 4). Além disso, devido ao elevado teor de K disponível no solo ( $202 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 0-10 cm, ) (VILELA et al., 2004), não houve efeito das doses de  $\text{K}_2\text{O}$  sobre a produtividade.

Esses resultados confirmam os de outros trabalhos na região (FERREIRA et al., 2007; SANTOS et al., 2008) e mesmo em outras áreas no Cerrado que mostram a viabilidade da antecipação e aplicação de dose única de K sem prejuízo à produtividade, o que permite melhor desenvolvimento da planta de cobertura, quando realizada nesta, entre outros fatores (BERNARDI et al., 2004). Além disso, essa informação torna-se relevante para a gestão das fazendas, com possibilidade de maior intervalo de tempo para a adubação e maior rendimento no plantio.

A repetitividade dos resultados com adubação potássica para o algodoeiro, no que se refere à falta de resposta em produtividade na condição de solos com teores altos de K disponíveis, reforça a importância da observação da análise de solo e planta na recomendação da adubação, o que propiciará redução das doses aplicadas, que se situam em torno de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Deve-se considerar a adubação de reposição da quantidade exportada de nutriente pela colheita, que, para uma produtividade de cerca de  $300 \text{ @ ha}^{-1}$ , se situa em torno de  $65 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  apenas (considerando extração de  $53 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e a taxa de recuperação do nutriente de 81%, POSSAMAI, 2003). No Oeste da Bahia há, em geral, um excesso de aplicação de fertilizantes nas médias e grandes propriedades rurais. Resultados de pesquisas como este podem auxiliar, de forma segura, na diminuição das doses recomendadas. Isso reduzirá a pressão sobre as fontes de K, que são, em sua quase totalidade, importadas. Também possibilitará maior renda e competitividade aos cotonicultores da região.



**Figura 2.** Produtividade do algodão em caroço do tratamento testemunha (sem K) e como variável das doses e épocas de aplicação do K (du ant = dose única antecipada, du 20 dae = dose única 20 dae, parc = parcelada, em outubro ou novembro e aos 20 dae)

A menor dose de  $K_2O$  apresentou os menores teores foliares de K, Ca e Mg, enquanto a maior apresentou os maiores teores em relação à testemunha. Entretanto, os teores de K e Mg permaneceram dentro da faixa considerada adequada em todos os tratamentos, enquanto os teores foliares de Ca ficaram abaixo ( $3,0 - 4,0 \text{ dag kg}^{-1}$ , MALAVOLTA et al., 1997) (Quadro 4).

As variáveis mais afetadas foram os teores disponíveis de K no solo, avaliados próximo à colheita, principalmente na camada de 0 a 20 cm, pelas épocas de aplicação e na dose de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (Quadro 4). Obviamente, épocas mais tardias de aplicação, proporcionadas pelo parcelamento, resultaram em maiores teores disponíveis de K no solo em relação à aplicação de dose única em outubro ou novembro.

Curiosamente, a aplicação de dose única aos 20 dae resultou em menores teores de K no solo quando comparada à aplicação parcelada, o que pode ser explicado pela menor recuperação do nutriente pela planta e consequente lixiviação (Quadro 4). Cabe ressaltar os altos valores de coeficiente de variação para os teores de K no solo, que podem ter impossibilitado a expressão significativa dos tratamentos (Quadro 4).

**Quadro 4.** Produtividade de algodão em caroço (PROD), peso médio do capulho (PMC), altura de plantas (ALT), estande (STD), porcentagem de fibra (PFIB), teor foliar de K (KF), Ca (CaF) e Mg (MgF), potássio disponível no solo nas camadas de 0-10 (K1), 10-20 (K2) e 20-40 cm (K3), coeficiente de variação (C.V.), anova e significância dos contrastes de interesse como variáveis das doses (DK2O) e épocas de aplicação de K (Out, Nov, PI – plantio, 20 dae)

DK <sub>2</sub> O	Out	Nov	PI	20dae	PROD	PMC	ALT	STD	PFIB	KF	CaF	MgF	K1	K2	K3
					@ ha <sup>-1</sup>	g	cm	pl m <sup>-1</sup>	%	---dag kg <sup>-1</sup>	-----	-----	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----
0	-	-	-	-	332,8	6,5	101,3	7,2	43,1	1,63	2,58	0,68	38,5	27,0	23,8
100	100	0	0	0	291,0	6,4	95,6	7,6	42,7	1,57	2,89	0,69	39,5	35,0	30,0
100	0	100	0	0	316,9	6,4	99,7	6,6	42,5	1,42	2,61	0,71	20,3	16,5	22,3
100	0	0	0	100	301,9	6,3	102,2	7,4	43,2	1,42	2,78	0,60	34,0	24,3	25,5
100	50	0	0	50	328,6	6,5	101,9	8,0	42,4	1,53	2,80	0,68	43,5	25,5	24,8
100	0	50	0	50	340,7	6,3	104,1	7,3	43,0	1,67	2,56	0,66	40,3	27,5	34,3
180	180	0	0	0	342,5	6,5	100,9	7,4	42,7	1,67	2,36	0,60	41,5	35,8	34,0
180	0	180	0	0	343,1	6,6	112,2	6,5	42,9	1,70	2,47	0,61	28,8	23,3	29,3
180	0	0	0	180	349,4	6,5	100,0	7,0	42,8	1,44	2,46	0,60	44,8	28,0	28,3
180	90	0	0	90	289,2	6,5	100,0	7,4	43,0	1,50	2,61	0,64	45,8	42,0	46,5
180	0	90	0	90	310,7	6,6	96,9	7,7	42,4	1,61	2,50	0,63	32,3	21,3	29,3
C.V. %					11,4	4,5	7,0	10,0	2,3	17,5	10,2	9,6	25,1	37,0	48,7
Fontes variação					G.L.										
Blocos					3										
Trat					10										
DK <sub>2</sub> O					1	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns
Época					4	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	**	*	ns
DK <sub>2</sub> O x Época					4	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adubado vs dose 0					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Desdobramentos															
Épocas (180)					4	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
Épocas (100)					4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Erro					30										
Contrastes de interesse															
100 vs 180 (Out)					1	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
100 vs 180 (Nov)					1	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
100 vs 180 (20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 180 (Out e 20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
100 vs 180 (Nov e 20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
180 out vs 180 nov					1	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
90 out vs 90 nov					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns
180 (out/nov) vs 90 (out/nov)					1	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
180e90 (out/nov) vs 180 (20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 out vs 100 nov					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns
50 out vs 50 nov					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 (out/nov) vs 50 (out/nov)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
100e50 (out/nov) vs 100 (20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

Os indicadores de qualidade de fibra (Quadro 5), em sua maioria, não foram afetados pelos tratamentos testados. O parcelamento das doses de K resultou em menores valores de resistência quando comparados aos valores da adubação em dose única em outubro, novembro ou 20 dae (Quadro 5). A aplicação da dose de 180 parcelada em outubro e 20 dae foi melhor para o micronaire do que o parcelamento em novembro e 20 dae, enquanto a aplicação em dose única de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos 20 dae foi melhor que a aplicação de 100 em dose única em outubro ou novembro, ou parcelada em outubro ou novembro e aos 20 dae (Quadro 5).

**Quadro 5.** Características de qualidade de fibras (comprimento (UHM), índice de uniformidade (UI), resistência (RES), alongamento (ELG), micronaire (MIC), índice de reflectância (Rd), índice de amarelecimento (+b), maturidade (MAT), índice de fibras curtas (SFC) e fiabilidade (SCI)), coeficiente de variação (C.V.), anova e significância dos contrastes de interesse como variáveis das doses (DK<sub>2</sub>O) e épocas de aplicação de K (Out, Nov, PI – plantio, 20 dae)

DK <sub>2</sub> O	Out	Nov	PI	20dae	UHM	UI	RES	ELG	MIC	Rd	+b	MAT	SFC	SCI	
					mm	%	gf tex <sup>-1</sup>	%	µg pol <sup>-1</sup>	%	%	%	%	%	
0	-	-	-	-	31,3	83,3	30,4	6,9	4,4	75,9	6,8	84,0	6,7	146,0	
100	100	0	0	0	31,6	84,5	31,6	7,1	4,5	75,8	6,7	84,0	6,1	155,0	
100	0	100	0	0	31,9	84,5	31,4	7,1	4,5	76,6	7,1	84,0	5,9	156,0	
100	0	0	0	100	31,8	84,3	31,3	7,0	4,2	76,2	7,0	84,0	6,1	156,8	
100	50	0	0	50	32,2	83,4	29,2	7,0	4,4	76,3	7,4	83,0	6,0	146,0	
100	0	50	0	50	31,1	84,4	29,1	6,9	4,5	76,4	6,6	84,0	6,5	146,3	
180	180	0	0	0	31,0	83,0	28,2	6,9	4,6	75,4	6,6	83,0	7,0	135,3	
180	0	180	0	0	31,2	83,4	29,7	6,9	4,5	76,3	7,2	84,0	6,8	144,3	
180	0	0	0	180	30,7	84,0	30,8	6,9	4,5	75,5	6,4	84,0	7,1	148,5	
180	90	0	0	90	31,8	83,3	29,4	7,0	4,3	77,0	7,5	83,0	6,3	146,3	
180	0	90	0	90	31,1	84,1	30,5	6,9	4,6	77,0	6,9	84,0	6,6	148,5	
C.V. %						2,9	1,6	5,1	1,8	4,3	2,0	9,8	0,8	14,3	7,1
Fontes variação					G.L.										
Blocos					3										
Trat					10										
DK <sub>2</sub> O					1	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*
Época					4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DK <sub>2</sub> O x Época					4	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Adubado vs dose 0					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Desdobramentos															
Épocas (180)					4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Épocas (100)					4	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro					30										
Contrastes de interesse															
100 vs 180 (Out)					1	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
100 vs 180 (Nov)					1	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 180 (20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 180 (Out e 20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 vs 180 (Nov e 20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
180 out vs 180 nov					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
90 out vs 90 nov					1	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	ns	ns
180 (out/nov) vs 90 (out/nov)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
180e90 (out/nov) vs 180 (20dae)					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 out vs 100 nov					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
50 out vs 50 nov					1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
100 (out/nov) vs 50 (out/nov)					1	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
100e50 (out/nov) vs 100 (20dae)					1	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

## **Considerações finais**

É possível reduzir as doses de K aplicadas no algodoeiro sem prejuízo à produtividade em condições de solos com fertilidade adequada, devendo-se adubar com o conceito de reposição. Ou seja, aplicar a quantidade que é exportada desse nutriente com a colheita da cultura.

Os resultados confirmam que a aplicação de K em dose única pode ser tão eficiente quanto a parcelada, com a vantagem de reduzir as operações no campo. No entanto, quando da necessidade de aplicação de doses mais elevadas, o parcelamento pode evitar perdas por lixiviação, principalmente em solos de textura muito arenosa e em anos com precipitação elevada durante o início e todo o ciclo da cultura.

## **Experimentos com gessagem para o algodoeiro e soja em SPC**

### **Instalação**

Continuaram-se os estudos sobre os ensaios montados na safra 2005/2006 nas fazendas Marechal Rondon (solo arenoso, Quadro 6) e Mineira (solo de textura média, Quadro 6), município de São Desidério-BA. Na primeira safra (2005/2006), foi cultivado o algodão nas duas fazendas. Na segunda, foi cultivado o algodão na Fazenda Mineira e o milho na Marechal Rondon. Na safra 2007/2008, que terá os dados discutidos nesta publicação, foi cultivado o algodão na Marechal Rondon e soja na Fazenda Mineira. Os atributos químicos e físico do solo utilizado no experimento se encontram nos quadros 6 e 7.

Foi utilizado o fatorial  $2 \times 2 \times 4 + 1$ , em delineamento estatístico de blocos ao acaso, com três repetições. Foram testados os fatores: duas fontes de gesso, gesso mineral de Araripina e fosfogesso, duas frequências de

correção (anual e apenas no primeiro ano) e quatro doses de gesso: 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 e t ha<sup>-1</sup>. O tratamento adicional constitui-se de uma testemunha (sem gesso).

Na Fazenda Marechal Rondon, foi feito o cultivo do algodoeiro, cultivar Delta Opal, a qual foi plantada em 25/12/2008. As plântulas emergiram em 05/01/2008. A parcela experimental foi composta de 14 linhas, espaçadas de 0,76 m, com 10 m de comprimento (106,4 m<sup>2</sup>). A colheita foi realizada em 25/07/2008 usando uma área útil de duas linhas (0,76 m) x 3,3 m (5 m<sup>2</sup>). A adubação de plantio foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> de 07-28-12 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia incorporada. Em cobertura, aos 20 dae, foram aplicados 300 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, 100 kg ha<sup>-1</sup> de sulfammo, 200 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e, via foliar, 1 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico e 1 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio.

Na Fazenda Mineira, foi feito o cultivo da soja, cultivar Monsoy 8866, com o plantio realizado em 02/12/2007. A emergência ocorreu em 08/12/2007. A parcela experimental foi composta de 10 linhas, espaçadas de 0,5 m, com 10 m de comprimento (50 m<sup>2</sup>). A colheita foi realizada no dia 23/04/2008 usando uma área útil composta de seis linhas (0,5 m) x 4 m (12 m<sup>2</sup>). A adubação de plantio foi composta por 250 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples e a de cobertura por 130 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, 1 kg ha<sup>-1</sup> de cobre e 1 kg ha<sup>-1</sup> de manganês.

O gesso foi aplicado a lanço em cada parcela, segundo a dose discriminada na , sem permitir a contaminação das parcelas vizinhas. As coletas de solo para avaliação dos tratamentos foram efetuadas aos 130 dias após a emergência, com quatro amostras simples por parcela para formar uma amostra composta, nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 cm.

Foram efetuadas as medições de crescimento e produção relatadas a seguir.

**Algodão:**

- \* Altura de plantas (média de 10 plantas/parcela), aos 48, 125 e 151 dae; número de nós de 10 plantas/parcela; número de botões florais em 10 plantas/parcela, de maçãs pequenas, grandes e podres (idem datas e números);
- \* Peso médio de 30 capulhos (10 em cada terço inferior, médio e superior);
- \* Coleta de 30 folhas por parcela útil, na 5ª posição a partir do ápice, para fins de análise foliar;
- \* Produtividade em 5 m<sup>2</sup> do centro da parcela.

Além dessas variáveis, foram medidos, em todas as parcelas do ensaio, os teores de K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> trocáveis e suas relações, S disponível no solo, a soma de bases trocáveis (SB) e a participação percentual de K<sup>+</sup> na SB. Para avaliação do pH, matéria orgânica, P disponível, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H+Al e micronutrientes, analisou-se o solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do tratamento dose zero (adicional) e 4 t ha<sup>-1</sup> das fontes e frequência de aplicação de gesso.

**Soja:**

- \* Comprimento de raiz até 1 m de profundidade (5 plantas/parcela);
- \* Altura média de 10 plantas;
- \* Estado nutricional - foram coletadas 20 folhas (3º trifólio com pecíolo) para formar uma amostra composta de cada tratamento, sem repetição, para fins de diagnose nutricional;
- \* Stand em 5 m x 4 linhas (20 m lineares);
- \* Colheita: foram colhidas as vagens de uma área de 6 linhas (0,5 m) x 4 m (12 m<sup>2</sup>);
- \* Peso de mil grãos, por contagem e pesagem direta.

Tratamentos					Aplicações					
	N°	Produtos	Dose (kg/ha)	Frequência de aplicação	Dose Acumulada em 3 anos	Safra 05/06	Safra 06/07	Safra 07/08	Safra 08/09	Safra 09/10
T1	T1	Araripina	0		0	Testemunha Araripina				
T2 COM	T2A	Araripina	500	anual	1500	x	x	x		
T2 SEM	T2B	Araripina	500	1o. ano	500	x				
T3 COM	T3A	Araripina	1000	anual	3000	x	x	x		
T3 SEM	T3B	Araripina	1000	1o. ano	1000	x				
T4 COM	T4A	Araripina	2000	anual	6000	x	x	x		
T4 SEM	T4B	Araripina	2000	1o. ano	2000	x				
T5 COM	T5A	Araripina	4000	anual	12000	x	x	x		
T5 SEM	T5B	Araripina	4000	1o. ano	4000	x				
T6	T6	Fosfogesso	0		0	Testemunha Fosfogesso				
T7 COM	T7A	Fosfogesso	500	anual	1500	x	x	x		
T7 SEM	T7B	Fosfogesso	500	1o. ano	500	x				
T8 COM	T8A	Fosfogesso	1000	anual	3000	x	x	x		
T8 SEM	T8B	Fosfogesso	1000	1o. ano	1000	x				
T9 COM	T9A	Fosfogesso	2000	anual	6000	x	x	x		
T9 SEM	T9B	Fosfogesso	2000	1o. ano	2000	x				
T10 COM	T10A	Fosfogesso	4000	anual	12000	x	x	x		
T10 SEM	T10B	Fosfogesso	4000	1o. ano	4000	x				

OBS: Aplicação inicial em todas as parcelas na implantação do ensaio - safra 2005/2006

**Figura 3.** Codificação dos tratamentos aplicados com gesso nas áreas estudadas

**Quadro 6.** Características químicas e físicas do solo da Fazenda Marechal Rondon, nas parcelas da testemunha, após a colheita da safra 2006/2007

Prof. cm	pH <sup>(1)</sup> H <sub>2</sub> O	Al <sup>3+(2)</sup>	Ca <sup>2+(2)</sup>	Mg <sup>2+(2)</sup>	K <sup>+(3)</sup>	H+Al <sup>(4)</sup>	T	m	V	P <sup>(3)</sup>	M.O. <sup>(5)</sup>
		-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						-----%-----		mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>
0 – 20	6,1	0,0	11,3	2,7	1,7	15,0	30,0	0	51	62	1,2
	Argila <sup>(6)</sup>	S disponível <sup>(7)</sup>				Micronutrientes, mg dm <sup>-3</sup>					
	dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				B <sup>(8)</sup>	Cu <sup>(3)</sup>	Fe <sup>(3)</sup>	Mn <sup>(3)</sup>	Zn <sup>(3)</sup>	
0 – 20	13	3				0,4	1,6	45,0	8,5	4,6	

<sup>1</sup>pH em água na relação solo:solução de 1:2,5; <sup>2</sup>Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>Mehlich-1; <sup>4</sup>Acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7,0; <sup>5</sup>Walkey-Black; <sup>6</sup>Método da pipeta; <sup>7</sup>Método do fosfato de cálcio e <sup>8</sup>Água quente (EMBRAPA, 1997)

**Quadro 7.** Características químicas e físicas do solo da Fazenda Mineira, nas parcelas da testemunha, após a colheita da safra 2006/2007

Prof. cm	pH <sup>(1)</sup> H <sub>2</sub> O	Al <sup>3+</sup> (2)	Ca <sup>2+</sup> (2)	Mg <sup>2+</sup> (2)	K <sup>+</sup> (3)	H+Al <sup>(4)</sup>	T	m	V	P <sup>(3)</sup>	M.O. <sup>(5)</sup>
		-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-----%-----				mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>
0 – 20	6,1	0,0	24,0	9,0	3,72	29,0	66,0	0	56	10	3,3
	Argila <sup>(6)</sup>	S disponível <sup>(7)</sup>			Micronutrientes, mg dm <sup>-3</sup>						
	dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			B <sup>(8)</sup>	Cu <sup>(3)</sup>	Fe <sup>(3)</sup>	Mn <sup>(3)</sup>	Zn <sup>(3)</sup>		
0 – 20	33	2			nd	nd	nd	nd	nd		

<sup>1</sup>pH em água na relação solo:solução de 1:2,5; <sup>2</sup>Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>Mehlich-1; <sup>4</sup>Acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7,0; <sup>5</sup>Walkey-Black; <sup>6</sup>Método da pipeta; <sup>7</sup>Método do fosfato de cálcio e <sup>8</sup>Água quente (EMBRAPA, 1997).

nd – não determinado

## Resultados e Discussão

### Algodão

### Mudanças nos índices de fertilidade

A aplicação de gesso provocou alterações detectáveis estatisticamente nos índices de fertilidade em algumas camadas de solo (Quadro 8). As doses de gesso e a frequência de sua aplicação alteraram os teores de S, K, Ca e Mg nas diferentes camadas e em diferentes intensidades, ao contrário do efeito de fontes, que foi menos expressivo (Quadro 8 e Figura 4, 5, 6 e 7).

Em geral, quanto mais frequente a aplicação de gesso, maiores os teores de S disponível e de Ca no perfil do solo e menores os de K e Mg, mostrando perda relativa e absoluta dos elementos na superfície do solo e maior elevação de sua concentração em profundidade (Quadro 8 e Figura 4, 5, 6 e 7).

Apesar do efeito médio (efeito principal) das doses não se diferenciar daqueles medidos na testemunha (Quadro 8 e Figura 4A), devido ao alto coeficiente de variação desta variável, houve efeito linear na concentração de S disponível em todas as camadas, exceto na de 60 a 80 cm (Figura 4B). Isso indica que as doses elevam efetivamente os teores de S em praticamente todas as camadas do perfil, com maior acúmulo na camada de 80 a 100 cm. Inclusive, ambas as fontes testadas tiveram maior potencial de acréscimo nos teores nas camadas de 60 a 80 e 80 a 100 cm (Figura 4C e D), quando aplicadas anualmente. Em geral, os teores de S disponível tenderam a convergir para valores entre 30 e 40 mg dm<sup>-3</sup>, semelhantes aos teores encontrados na testemunha em ambas as fontes nas camadas abaixo de 60 cm, seja com aplicação de doses baixas (0,5 t ha<sup>-1</sup>, Figura B), seja com a aplicação feita apenas no primeiro ano (Figura 4C e D). Isso indica serem necessárias doses maiores ou aplicações mais frequentes para manter uma concentração de S disponível superior ao normalmente encontrado no solo nas camadas mais profundas, corrigindo os teores que foram reduzidos pela absorção radicular e, principalmente, pela lixiviação.

A redução dos teores superficiais de K disponível é fenômeno bem caracterizado nos estudos de gessagem, apesar da alta variabilidade dos resultados (CV alto), induzidos pela forma de aplicação do K e do gesso ou pela forma de amostragem, pois o nutriente é aplicado tanto na linha de plantio como em superfície, a lanço, e nem sempre é viável o uso de alta densidade de amostragem por parcela. Apesar desses inconvenientes, pode ser observado na Figura 5A, em valores absolutos, que houve lixiviação de K disponível das camadas de 0-50 cm e acúmulo, nem sempre proporcional, nas camadas de 50-100 cm. Tanto o aumento da dose aplicada (Figura 5B), quanto a maior frequência de aplicação (Figura 5C) levaram a incrementos significativos na perda de K da camada arável. Como os teores acumulados nas camadas inferiores no solo são menores que a redução dos teores médios na superfície, claramente houve perda de K do perfil do solo, tanto pela absorção radicular e extração pela planta,

quanto pela lixiviação do nutriente. Como a produtividade alcançada não variou muito entre os tratamentos, é possível que a maior parte das mudanças nos teores no solo seja mesmo devido à lixiviação.

O gesso também aumentou os teores de Ca trocável nas diferentes camadas de solo analisadas (Figura 6). Em geral, houve claro acréscimo nos teores da camada de 0-20 e na de 80-100 cm, sendo o teor das camadas intermediárias variável conforme a fonte utilizada. O fosfogesso aplicado anualmente elevou significativamente os teores de Ca, comparativamente ao ocorrido com a primeira aplicação no início do ensaio (Figura 6C e D). Na média, mesmo o uso de pequena dosagem de gesso ( $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) permitiu a elevação dos teores de Ca em profundidade, indicando que o uso frequente desse insumo tem o mesmo impacto de grandes aplicações periódicas, com a vantagem de se ter certeza do fornecimento anual de enxofre para a cultura em cada safra. Esse maior enriquecimento de Ca em profundidade pode permitir maior crescimento radicular e maior resistência ao estresse hídrico. De fato, em lavouras manejadas com gessagem frequente no Cerrado da Bahia, já foram encontradas raízes de plantas de algodoeiro a 2,25 m de profundidade, em lavouras produzindo cerca de  $350 \text{ @ ha}^{-1}$ . Porém, a alta perda de potássio do sistema leva à maior atenção com a nutrição da planta por este elemento.

A gessagem reduziu os teores de Mg trocável nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm, apesar de significativamente apenas nesta última, sem que tenha ocorrido acúmulo nas camadas mais profundas do solo (Figura 7). Os teores encontrados ( $<0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) já eram considerados baixos e foram adicionalmente reduzidos em cerca de 20%, o que pode provocar desbalanço nutricional e deficiência latente (“fome escondida”) de Mg na cultura do algodoeiro. O uso de calcário dolomítico é essencial na correção da acidez superficial desse solo, se possível, com uso de formulações NPK que contenham Mg ou a aplicação de termofosfato magnésiano na área, sendo economicamente equivalente aos demais adubos solúveis em uso. Isso permitiria manter os teores de Mg trocável em níveis elevados ou ao

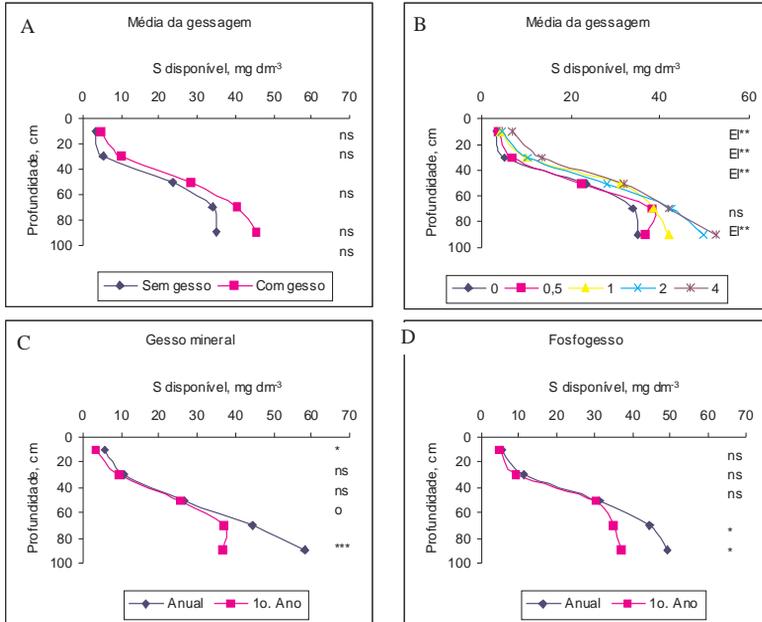
menos em valores superiores a  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na camada de 0 a 20 cm. Teores baixos de Mg, associados a aplicações de grandes quantidades de K e Ca, podem levar à redução na absorção do Mg, reduzindo o potencial produtivo da cultura.

Não é comum o relato de deficiência de Mg no algodoeiro. Provavelmente, o baixo requerimento do nutriente e o grande volume radicular que a planta possui permitem a extração de quantidades próximas ao necessário para a cultura, sem grandes prejuízos à produtividade. Isso pode ser especialmente verdadeiro para solos arenosos, onde teores abaixo de  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  são comuns, mas as raízes da cultura podem alcançar profundidades superiores a 2,0 m, absorvendo eficientemente o nutriente existente em volume de solo várias vezes maior do que os geralmente contados na camada arável (0-20 cm).

As relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K são ampliadas e a participação percentual de K e Mg na CTC é diminuída, o que pode levar também a problemas na nutrição com Mg (Quadro 8.).

### **Variação no estado nutricional, no crescimento e na produtividade**

O efeito mais global da aplicação de gesso sobre os teores foliares é o aumento dos teores de S e Ca pela aplicação do gesso ou por maior frequência de correção (Quadro 8 e Figura 8A, B e C), pois os teores destes nutrientes são linearmente afetados no solo (Quadro 8 e Figura 4 e Figura 6) pelas doses crescentes de gesso. Como consequência, os teores de Ca e S crescem linearmente também no tecido foliar (equações não apresentadas).



**Figura 4.** Efeito da aplicação de gesso (A), da dose (B) e da frequência (C, D) sobre os teores de S disponíveis medidos no perfil do solo cultivado com algodoeiro Obs.: ns, o, \*, \*\*, e \*\*\*. Não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. EI – efeito linear. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA

**Quadro 8.** Efeitos principais de uso do gesso, fonte e frequência de aplicação na produção, crescimento e estado nutricional do algodoeiro e em índices da fertilidade do solo no Cerrado da Bahia. (PROD - produção de algodão em caroço, em @ ha<sup>-1</sup>; PMC - peso médio de capulho, em g; ALT - altura de planta, em cm; 48, 125 e 151 dias após a emergência; NN - número de nós, unidade; BF – Botões florais; NMP, M, G, PD, C – no de maçãs pequenas, médias, grandes, maçãs podres e capulhos; CaF, MgF, KF, SF – teor foliar, em g kg<sup>-1</sup>; K, S – teor disponível de potássio e enxofre, em mg dm<sup>-3</sup>; Ca, Mg, teor trocável, em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e; 1 a 5 – camadas de 0-20 a 80-100 cm; SB – soma de bases trocáveis, em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; PK - % de K na soma de bases trocáveis; R – relações especificadas de nutrientes). Fazenda Marechal Rondon, São Desidério, BA, safra 2007/2008

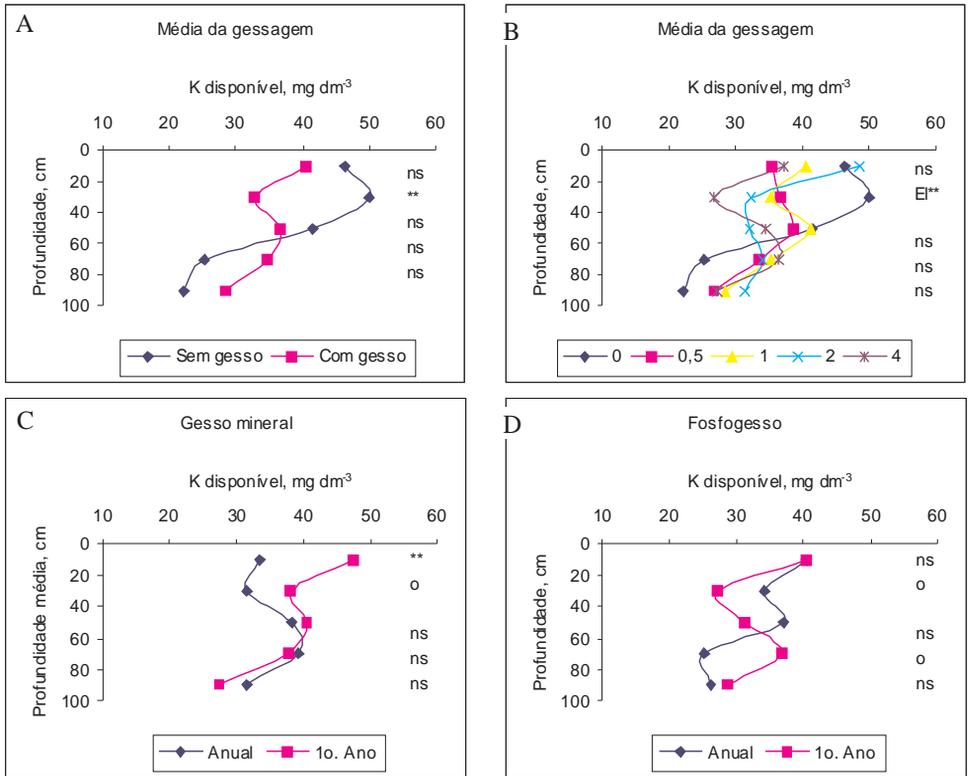
Dados	Gesso			Fonte			Frequência				
	Sem	Com	sig.	Araripina	Fosfogesso	sig.	Annual	1º Ano	sig.	Média	CV(%)
PROD	265,69	302,18	**	298,63	305,73	ns	315,95	288,41	***	298,12	6,77
PMC	5,93	6,03	ns	6,00	6,05	ns	6,08	5,97	ns	6,02	4,37
ALT48	41,03	41,91	ns	41,52	42,29	ns	40,26	43,55	ns	41,81	16,20
ALT125	101,43	102,93	ns	105,16	100,70	ns	103,38	102,48	ns	102,76	9,69
ALT151	100,22	101,20	ns	102,30	100,10	ns	101,28	101,13	ns	101,09	9,37
NN48	8,50	9,16	ns	9,06	9,27	ns	9,00	9,33	ns	9,09	11,01
NN125	19,35	19,66	ns	19,80	19,53	ns	19,99	19,33	o	19,63	6,78
NN151	19,40	20,22	ns	20,43	20,01	ns	20,41	20,03	ns	20,13	6,65
BF48	5,21	5,62	ns	5,51	5,72	ns	5,47	5,77	ns	5,57	29,94
BF125	0,87	1,47	o	1,68	1,27	*	1,55	1,39	ns	1,40	39,53
BF151	0,00	0,02	ns	0,03	0,02	ns	0,01	0,03	ns	0,02	264,71
NMP125	1,70	2,13	ns	2,24	2,02	ns	2,21	2,04	ns	2,08	34,67
NMP151	0,08	0,33	ns	0,35	0,32	ns	0,29	0,37	ns	0,30	108,68
NMG125	8,78	8,29	ns	8,00	8,59	ns	9,06	7,53	*	8,35	29,84
NMG151	4,33	4,87	ns	4,74	5,00	ns	5,03	4,71	ns	4,81	22,48
NMPD125	0,20	0,31	ns	0,28	0,35	ns	0,29	0,34	ns	0,30	117,72
NMPD151	0,12	0,12	ns	0,12	0,12	ns	0,12	0,12	ns	0,12	110,16
NMC125	0,05	0,07	ns	0,07	0,07	ns	0,07	0,07	ns	0,06	228,33
NMC151	3,35	3,34	ns	3,69	2,98	ns	3,28	3,40	ns	3,34	50,91
KF	12,31	12,19	ns	12,40	11,97	ns	12,04	12,33	ns	12,20	9,42
CaF	35,26	39,27	*	39,45	39,09	ns	41,21	37,33	***	38,82	7,23
MgF	4,20	3,84	ns	3,94	3,75	ns	4,02	3,67	*	3,88	13,35
SF	7,32	8,83	*	8,98	8,68	ns	10,18	7,48	***	8,66	12,25
K1	46,50	40,48	ns	40,46	40,50	ns	37,00	43,96	*	41,15	26,39
K2	50,00	32,73	**	34,75	30,71	ns	29,33	36,13	*	34,65	27,59
K3	41,50	36,69	ns	39,29	34,08	o	34,67	38,71	ns	37,22	25,62
K4	25,33	34,81	ns	38,50	31,13	ns	38,13	31,50	ns	33,76	46,49
K5	22,17	28,42	ns	29,50	27,33	ns	30,04	26,79	ns	27,72	42,70
S1	3,52	4,88	ns	4,54	5,21	ns	5,67	4,08	*	4,72	52,30
S2	5,27	10,13	ns	10,11	10,15	ns	10,96	9,30	ns	9,59	53,98
S3	23,63	28,41	ns	26,07	30,75	ns	28,91	27,91	ns	27,88	39,12
S4	33,98	40,24	ns	40,67	39,82	ns	44,39	36,10	*	39,55	26,61
S5	35,05	45,29	ns	47,40	43,17	ns	53,76	36,81	***	44,15	25,32
Ca1	0,87	0,99	ns	0,98	0,99	ns	1,04	0,93	ns	0,97	22,11
Ca2	0,52	0,35	*	0,38	0,33	ns	0,40	0,31	*	0,37	33,18
Ca3	0,18	0,25	ns	0,27	0,23	ns	0,30	0,21	*	0,24	48,97
Ca4	0,17	0,31	*	0,30	0,32	ns	0,38	0,25	***	0,29	37,29
Ca5	0,28	0,43	o	0,44	0,42	ns	0,52	0,34	***	0,41	32,00
Mg1	0,28	0,23	ns	0,23	0,23	ns	0,23	0,23	ns	0,23	30,73
Mg2	0,15	0,10	**	0,10	0,10	ns	0,10	0,10	ns	0,11	24,41
Mg3	0,10	0,10	ns	0,10	0,10	ns	0,10	0,10	ns	0,10	13,73

Continua

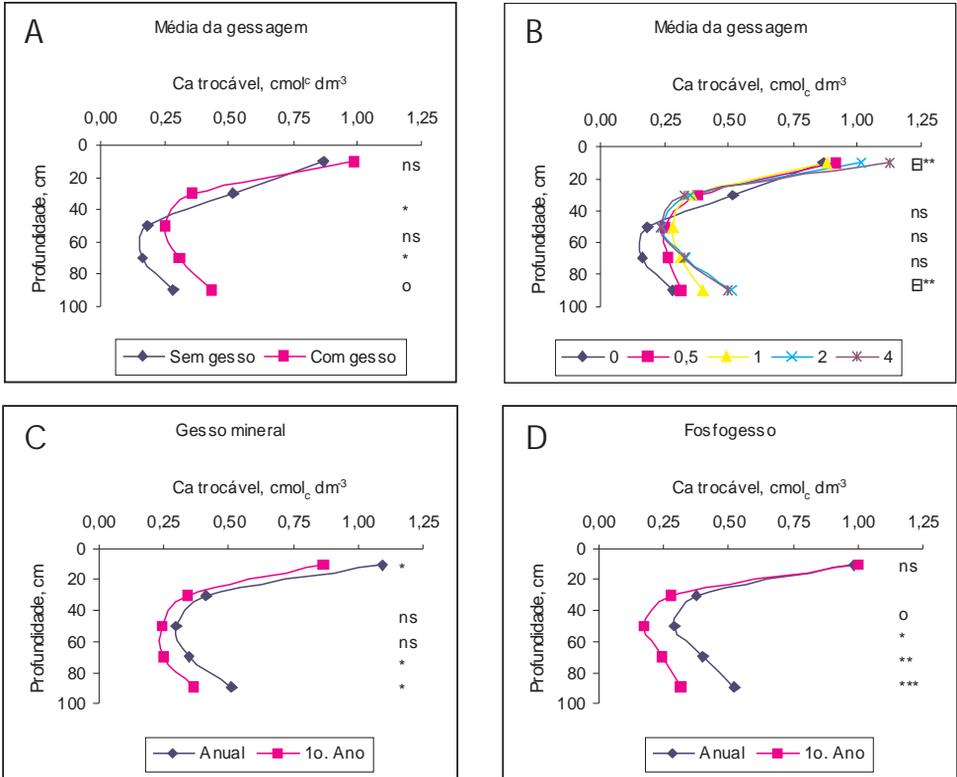
**Quadro 8.** Continuação

Dados	Gesso			Fonte			Frequência				CV(%)
	Sem	Com	sig.	Araripina	Fosfogesso	sig.	Anual	1º. Ano	sig.	Média	
Mg4	0,10	0,11	ns	0,10	0,11	o	0,10	0,11	ns	0,11	23,61
Mg5	0,13	0,11	ns	0,12	0,11	ns	0,12	0,11	ns	0,12	37,00
SB1	1,27	1,32	ns	1,31	1,32	ns	1,36	1,27	ns	1,31	19,79
SB2	0,79	0,54	**	0,57	0,51	ns	0,57	0,51	ns	0,57	24,50
SB3	0,39	0,45	ns	0,48	0,42	ns	0,48	0,41	*	0,44	27,55
SB4	0,33	0,51	*	0,50	0,51	ns	0,58	0,43	***	0,49	24,90
SB5	0,47	0,62	ns	0,63	0,60	ns	0,71	0,52	***	0,60	25,62
PK1	9,68	8,30	ns	8,15	8,46	ns	7,39	9,22	*	8,46	30,94
PK2	17,89	15,94	ns	15,89	15,99	ns	13,20	18,68	***	16,16	31,61
PK3	28,56	22,15	ns	22,04	22,26	ns	18,85	25,45	**	22,86	35,24
PK4	19,98	18,61	ns	20,61	16,60	ns	17,47	19,75	ns	18,76	48,52
PK5	12,46	12,55	ns	12,67	12,42	ns	11,40	13,70	ns	12,54	48,12
RCaMg1	3,20	4,69	*	4,63	4,76	ns	5,09	4,30	*	4,53	27,02
RCaMg2	4,17	3,49	ns	3,69	3,29	ns	3,96	3,02	**	3,56	33,08
RCaMg3	1,83	2,49	*	2,65	2,33	ns	2,96	2,02	*	2,42	50,01
RCaMg4	1,67	2,98	*	3,00	2,96	ns	3,65	2,31	***	2,83	35,65
RCaMg5	2,25	3,98	*	4,00	3,96	ns	4,75	3,21	***	3,79	33,25
RCaK1	8,27	10,84	ns	11,07	10,62	ns	11,65	10,03	ns	10,56	43,34
RCaK2	3,92	4,81	ns	4,91	4,72	ns	5,82	3,80	**	4,71	43,79
RCaK3	1,85	3,04	ns	3,04	3,04	ns	3,75	2,34	*	2,91	62,58
RCaK4	2,72	4,28	ns	3,61	4,94	o	4,52	4,03	ns	4,10	62,49
RCaK5	5,27	7,11	ns	7,29	6,93	ns	8,09	6,13	ns	6,91	58,50
RMgK1	2,80	2,51	ns	2,64	2,38	ns	2,60	2,42	ns	2,54	57,22
RMgK2	1,23	1,38	ns	1,35	1,40	ns	1,49	1,26	*	1,36	27,97
RMgK3	1,00	1,36	ns	1,44	1,29	ns	1,59	1,14	ns	1,32	76,41
RMgK4	1,65	1,50	ns	1,21	1,80	**	1,27	1,74	*	1,52	48,78
RMgK5	2,52	1,88	ns	1,90	1,86	ns	1,82	1,94	ns	1,95	51,30

Obs.: ns, o, \*, \*\*, \*\*\*: não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F

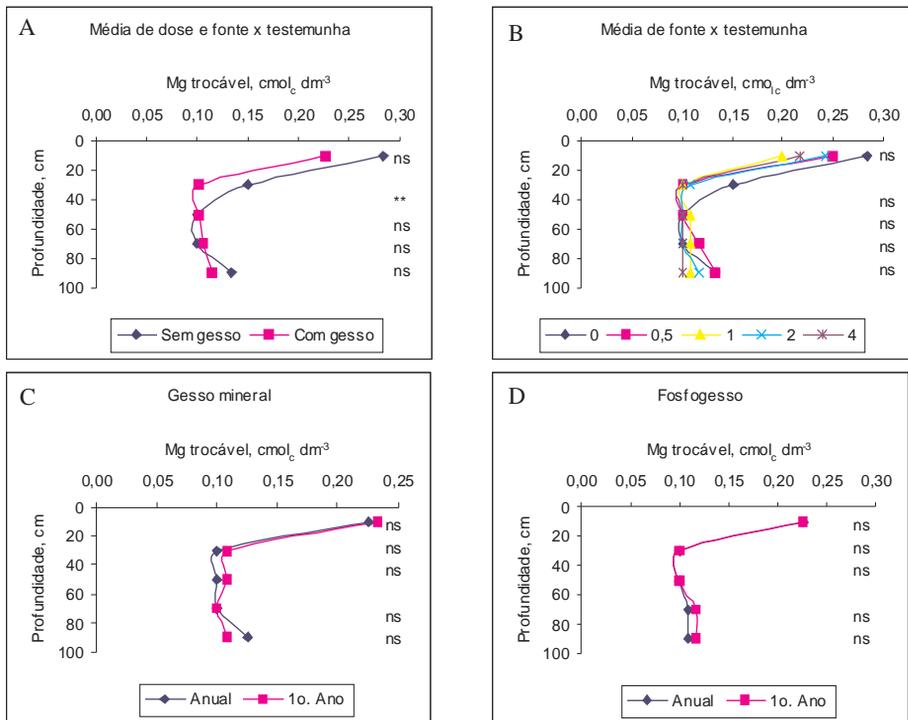


**Figura 5.** Efeito da aplicação de gesso (A), da dose (B) e da frequência (C, D) sobre os teores de K disponível medidos no perfil do solo cultivado com algodoeiro. Obs.: ns, o, \*, \*\* e \*\*\*. Não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. EI – efeito linear. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA

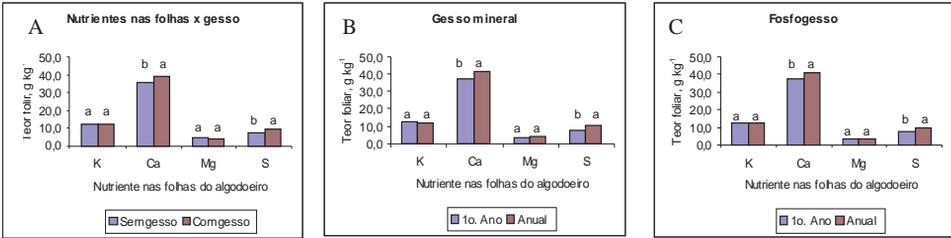


**Figura 6.** Efeito da aplicação de gesso (A), da dose (B) e da frequência (C, D) sobre os teores de Ca trocável medidos no perfil do solo cultivado com algodoeiro. Obs.: ns, o, \*, \*\* e \*\*\*. Não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. El – efeito linear. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA

Os teores de potássio foram pouco influenciados pelas fontes e doses aplicadas, estando abaixo dos  $15 \text{ g kg}^{-1}$ , considerados adequados para a cultura (Quadro 8.) (MALAVOLTA et al., 1997). Em geral, eles aumentaram com o uso do gesso mineral ou foram reduzidos com o fosfogesso, ambos quadraticamente, com o incremento da dose. O efeito médio foi nulo, com ligeira tendência de redução dos teores com a aplicação da gessagem (Quadro 8.).

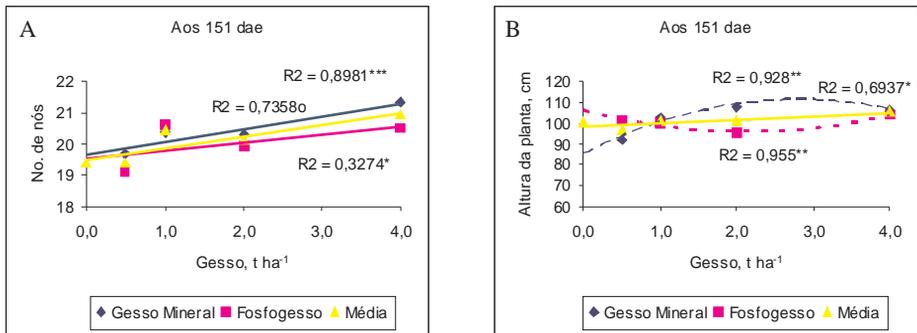


**Figura 7.** Efeito da aplicação de gesso (A), da dose (B) e da frequência (C, D) sobre os teores de Mg trocável medidos no perfil do solo cultivado com algodoeiro. Obs.: ns, o, \*, \*\* e \*\*\*. Não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. El – efeito linear. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA



**Figura 8.** Efeito médio da gessagem (A) e da fonte gesso (B, C) e da frequência (B, C) de aplicação sobre os teores foliares de K, Ca, Mg e S no algodoeiro. Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA

O crescimento da planta foi pouco afetado pela aplicação do gesso, quando se confronta a média das doses com o crescimento do tratamento testemunha (Quadro 8). No entanto, houve forte resposta em crescimento com ajuste linear nas doses aplicadas com quaisquer das fontes utilizadas (Figura 9A e B). Isso mostra que, visivelmente, as plantas obtiveram maior vigor vegetativo à medida que se aplicaram maiores doses de gesso.

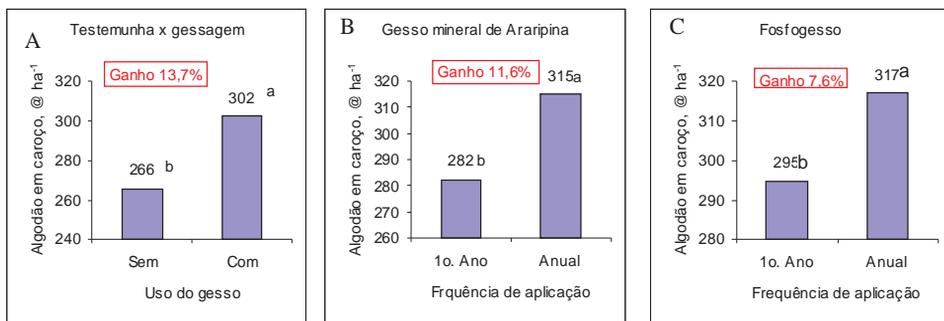


**Figura 9.** Variação no número de nós (A) e no crescimento de plantas (B) de algodoeiro em função da aplicação de doses crescentes de gesso de duas fontes distintas, fosfogesso e fosfato natural. Obs.: ns, o, \*, \*\* e \*\*\*. Não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA

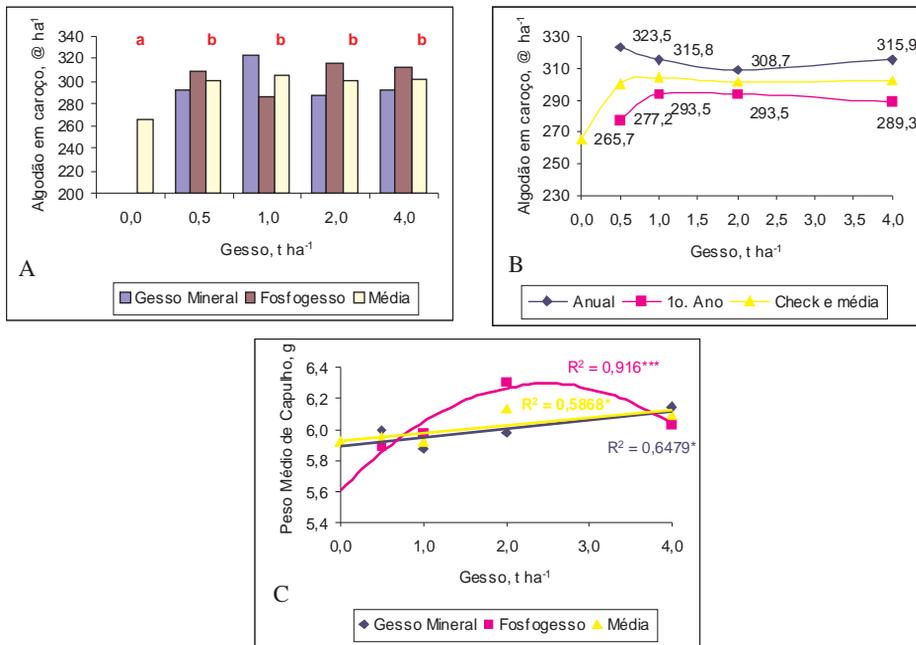
O algodoeiro respondeu efetivamente em produtividade à aplicação do gesso, com ganhos médios de 13,7% em relação à área não gessada (Quadro 8 e Figura 10A). Mesmo a aplicação feita há cerca de três anos, na safra 2005/2006, promoveu ganhos de 16 @ ha<sup>-1</sup> ou 6%, com o uso do gesso mineral, e 29 @ ha<sup>-1</sup> ou 10,9 %, com o uso do fosfogesso (Figura 10A, B e C). Além desses ganhos, a aplicação anual do gesso promoveu ganhos de 11,6% e 7,6%, respectivamente, para ambas as fontes testadas, as quais foram equivalentes quando aplicadas anualmente. Para aplicação apenas no primeiro ano, o fosfogesso permitiu um ganho de 13 @ ha<sup>-1</sup> sobre o gesso mineral, provavelmente não significativo estatisticamente.

Não houve ajuste significativo consistente para o efeito de dose. Entretanto, é possível observar que as doses de 0,5 a 4 t ha<sup>-1</sup> de gesso foram superiores à testemunha (adicional) e equivalentes estatisticamente entre si (Figura 10A). Do mesmo modo, a trajetória das doses sobre a produtividade é crescente na aplicação feita no primeiro ano apenas e decrescente na aplicação anual de gesso, com evidente superioridade desta opção de uso do gesso (Figura 10B). Assim, se a decisão de manejo for usar gesso anualmente, o que se mostra mais produtivo, a recomendação deve ser aplicar 0,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Se, porém, for feita opção por aplicações em maiores períodos de tempo, o uso de 1,0 t ha<sup>-1</sup> a cada três safras é o mais indicado. Neste último caso, a produtividade raramente ultrapassará as 300 @ ha<sup>-1</sup>, geralmente programadas para regiões de alta produtividade. Porém, haverá uma redução de custo razoável com compra de gesso e gastos de aplicação no campo. Curiosamente, a indicação técnica vigente entre os consultores de aplicação, de 1,0 t ha<sup>-1</sup> a cada duas safras, se mostra razoável, sendo uma solução intermediária entre a mais ousada (0,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e a mais conservadora (1,0 t ha<sup>-1</sup> a cada 3 safras). Apesar da aplicação anual de gesso ter levado a um aumento quadrático no peso médio de capulho (Figura 10C), o efeito mais consistente da dose sobre a produtividade é o linear. Provavelmente, a melhoria crescente nos teores de Ca e S no solo e, por consequência, no ambiente radicular e na

disponibilidade de água, permitiu a manutenção de crescimento constante dos capulhos, o que se refletiu em maior produtividade.



**Figura 10.** Variação na produtividade de algodão em caroço pelo uso da gessagem (A), do gesso mineral (B) e do fosfogesso (C), em duas frequências de aplicação no Cerrado da Bahia. Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA



**Figura 11.** Variação na produtividade de algodão em caroço (A e B) e do peso médio de capulho (C) em função da aplicação de doses crescentes de gesso de duas fontes distintas, fosfogesso e fosfato natural, e duas frequências de aplicação. Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade; ns, o, \*, \*\* e \*\*\*. Não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. Fazenda Marechal Rondon, safra 2007/08, São Desidério, BA

## Soja

### Mudanças nos índices de fertilidade

Na Fazenda Mineira, também houve forte efeito da dose e frequência de

aplicação de gesso e relativamente pouco efeito direto de fontes nas principais variáveis de solo analisadas (Quadro 9). A fertilidade do solo é claramente superior na Fazenda Mineira em relação à Fazenda Marechal Rondon (Quadro 6 e 7). Há mais argila, matéria orgânica e CTC no solo, o que eleva as quantidades retidas de cada nutriente.

Na Fazenda Mineira, também houve forte efeito de dose (Figura 12A) e frequência (Figura 12B) de aplicação de gesso e relativamente pouco efeito direto das fontes (Figura 12C) nos teores de S disponível no solo analisado.

Os teores de S disponível foram elevados em todas as camadas pelo uso de gesso, tendo ajuste linear altamente significativo para o uso de fosfogesso, que também permitiu o alcance das maiores concentrações no perfil e nas camadas abaixo de 60 cm (Quadro 9 e Figura 12). Claramente, observa-se que o teor alcança um valor máximo na camada 40 a 60 cm, que limita os teores das camadas abaixo, as quais não a superam mesmo com a aplicação das maiores doses de gesso (Figura 12F).

Provavelmente, isso ocorre devido à redução do teor de matéria orgânica e ao aumento dos teores de óxidos de ferro e alumínio em profundidade. Os maiores teores medidos estiveram ligados ao uso do fosfogesso, cuja maior solubilidade é esperada em função do tamanho de suas partículas (pó) (Figura 12E). O gesso mineral não aumentou os teores de S disponível na camada arável, mas o fez nas camadas mais profundas, porém em teores menores do que aqueles obtidos pelo uso do fosfogesso (Figura 12D). Na média (Figura 12F), no entanto, o uso de  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso permite pouca elevação nos teores de S disponível comparativamente ao tratamento testemunha (ou adicional), permitindo o fornecimento de enxofre efetivamente para a planta sem levar a grandes perdas de bases trocáveis no solo.

**Quadro 9.** Efeitos principais de uso de doses de gesso, fonte e frequência de aplicação na produção e crescimento da soja e em alguns índices de fertilidade do solo no Cerrado da Bahia. (PROD - produção de soja, em  $sc\ ha^{-1}$ ; COMPRAIZ – comprimento de raiz, em cm; PMILG – peso de mil grãos, em g; TAMPLA – tamanho de planta, em cm; STDM – stand por metro linear; K, S – teor disponível de potássio e enxofre, em  $mg\ dm^{-3}$ ; Ca, Mg, teor trocável, em  $cmol_c\ dm^{-3}$ ; e; 1 a 5 – camadas de 0-20 a 80-100 cm; SB – soma de bases trocáveis, em  $cmol_c\ dm^{-3}$ ; PK – % de K na soma de bases trocáveis; R – relações especificadas de nutrientes). Fazenda Mineira, São Desidério, BA, Safra 2007/2008

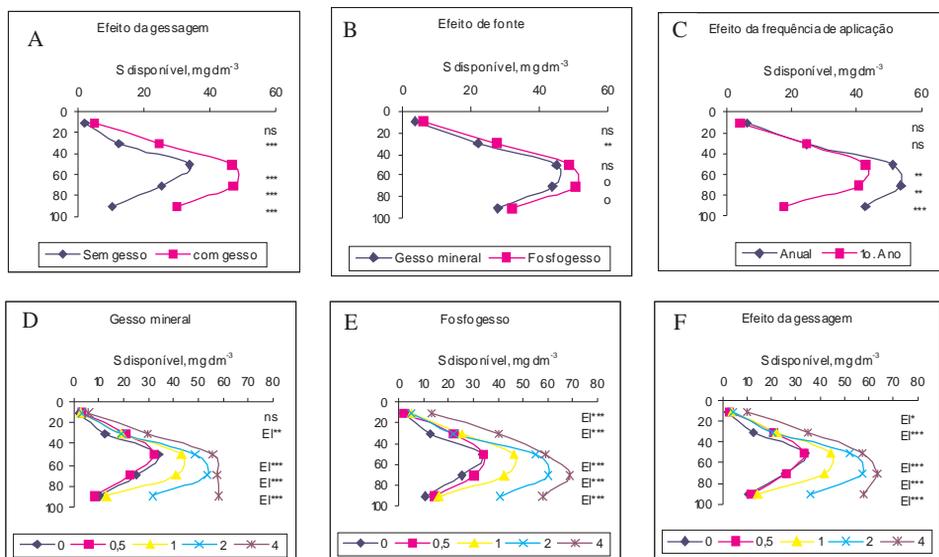
	Gesso			Fonte		Frequência			Média	CV (%)	
	sem	com	sig	Mineral	Fosfogesso	Anual	1o.ano				
PRODSOJA	71,95	72,00	ns	70,90	73,09	o	72,35	71,64	ns	71,99	6,1
COMPRAIZ	20,93	22,75	ns	23,75	21,75	o	23,09	22,41	ns	22,55	15,8
PMILG	137,67	140,31	ns	139,38	141,25	ns	142,08	138,54	ns	140,02	5,5
TAMPLA	44,97	44,53	ns	44,12	44,93	ns	44,72	44,33	ns	44,57	6,7
STDM	5,18	5,10	ns	5,02	5,17	ns	5,05	5,14	ns	5,11	11,4
K1	173,83	161,21	ns	159,88	162,54	ns	138,96	183,46	**	162,61	26,8
K2	68,33	75,92	ns	74,29	77,54	ns	83,33	68,50	*	75,07	28,2
K3	32,83	44,42	***	43,58	45,25	ns	48,83	40,00	***	43,13	9,9
K4	24,83	34,02	***	35,67	32,38	**	38,96	29,08	***	33,00	10,3
K5	17,17	27,90	***	27,38	28,42	ns	33,04	22,75	***	26,70	16,1
S1	2,18	5,19	ns	3,91	6,46	ns	6,14	4,23	ns	4,85	113,8
S2	12,53	24,74	***	22,05	27,42	**	24,74	24,73	ns	23,38	28,1
S3	33,80	46,83	***	44,93	48,72	ns	51,05	42,60	**	45,38	20,0
S4	25,37	47,10	***	43,73	50,47	o	53,57	40,63	**	44,69	29,5
S5	10,58	30,06	***	27,94	32,18	o	42,65	17,48	***	27,90	29,9
Ca1	2,87	3,04	ns	3,00	3,08	ns	3,28	2,81	***	3,02	11,3
Ca2	1,68	1,43	o	1,40	1,46	ns	1,59	1,28	*	1,46	28,0
Ca3	0,50	0,64	***	0,60	0,68	**	0,76	0,51	***	0,62	13,2
Ca4	0,45	0,52	o	0,49	0,55	ns	0,58	0,45	*	0,51	33,1
Ca5	0,27	0,51	***	0,49	0,52	ns	0,48	0,53	*	0,48	18,1
Mg1	0,95	0,71	ns	0,61	0,81	ns	0,72	0,70	ns	0,74	101,7
Mg2	0,83	0,47	***	0,47	0,47	ns	0,45	0,49	ns	0,51	35,6
Mg3	0,33	0,27	***	0,26	0,28	ns	0,28	0,26	ns	0,28	19,7
Mg4	0,27	0,35	**	0,30	0,40	***	0,37	0,33	o	0,34	20,8
Mg5	0,23	0,33	*	0,28	0,37	**	0,31	0,34	ns	0,31	30,6
SB1	4,26	4,17	ns	4,03	4,31	ns	4,35	3,98	ns	4,18	19,7
SB2	2,69	2,10	*	2,06	2,13	ns	2,25	1,95	o	2,16	26,5
SB3	0,92	1,02	***	0,97	1,07	*	1,17	0,87	***	1,01	13,5
SB4	0,78	0,96	*	0,89	1,03	*	1,05	0,86	**	0,94	21,6
SB5	0,54	0,90	***	0,84	0,96	**	0,88	0,93	ns	0,86	17,7
PK1	10,68	10,12	ns	10,15	10,09	ns	8,50	11,73	***	10,18	29,6
PK2	6,73	9,71	**	9,58	9,85	ns	9,79	9,64	ns	9,38	30,6
PK3	9,33	11,49	***	11,88	11,10	*	11,15	11,82	o	11,25	11,6
PK4	8,77	9,64	ns	10,58	8,70	**	9,96	9,32	ns	9,54	22,3
PK5	9,09	8,51	*	8,82	8,21	ns	10,07	6,95	***	8,58	23,3
RCaMg1	3,10	6,40	**	6,01	6,80	ns	8,55	4,26	***	6,04	42,1
RCaMg2	2,02	4,37	*	4,53	4,22	ns	5,67	3,08	**	4,11	61,9
RCaMg3	1,53	2,81	***	3,01	2,62	***	3,58	2,05	***	2,67	10,0
RCaMg4	1,85	1,77	ns	2,15	1,39	*	2,13	1,42	*	1,78	67,4
RCaMg5	1,42	1,69	o	1,81	1,58	*	1,70	1,68	ns	1,66	21,2
RCaK1	6,70	9,01	ns	9,70	8,31	ns	10,75	7,27	*	8,75	54,5
RCaK2	9,97	7,84	*	7,96	7,73	ns	8,03	7,66	ns	8,08	37,8
RCaK3	5,92	5,62	*	5,39	5,85	*	6,04	5,20	***	5,65	11,3
RCaK4	7,27	6,09	o	5,46	6,71	o	6,05	6,12	ns	6,22	38,3
RCaK5	7,17	7,39	ns	7,40	7,37	ns	5,69	9,08	***	7,36	18,4

Continua

Quadro 9. Continuação

	Gesso			Fonte		Frequência			Média	CV (%)	
	sem	com	sig	Mineral	Fosfogesso	Anual	1o.ano				
RMgK1	2,23	1,71	ns	1,95	1,47	ns	1,46	1,96	ns	1,77	80,8
RMgK2	4,87	2,54	***	2,63	2,45	ns	2,14	2,94	*	2,80	40,9
RMgK3	3,90	2,50	***	2,44	2,55	ns	2,27	2,72	***	2,65	16,2
RMgK4	4,35	4,23	ns	3,54	4,91	***	3,90	4,55	*	4,24	25,6
RMgK5	5,30	4,54	*	4,28	4,79	o	3,50	5,57	***	4,62	21,3

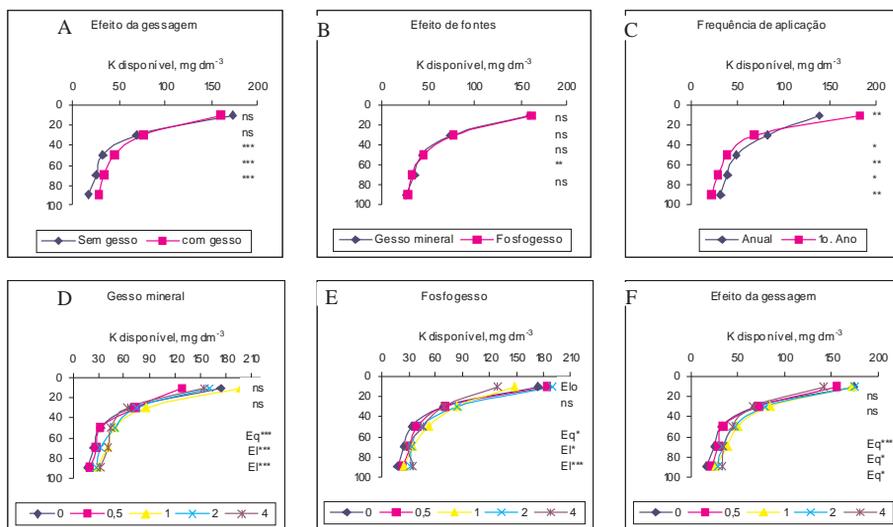
Obs.: ns, o, \*, \*\*, \*\*\*: não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F



**Figura12.** Variação nos teores de S disponível em função da gessagem (A), da fonte (B), da frequência de aplicação (C) e de doses (D, E e F) em solo do Cerrado da Bahia cultivado com soja. Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade; ns, \*, \*\*, e \*\*\*. Não significativo e significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. Fazenda Mineira, safra 2007/08, São Desidério, BA

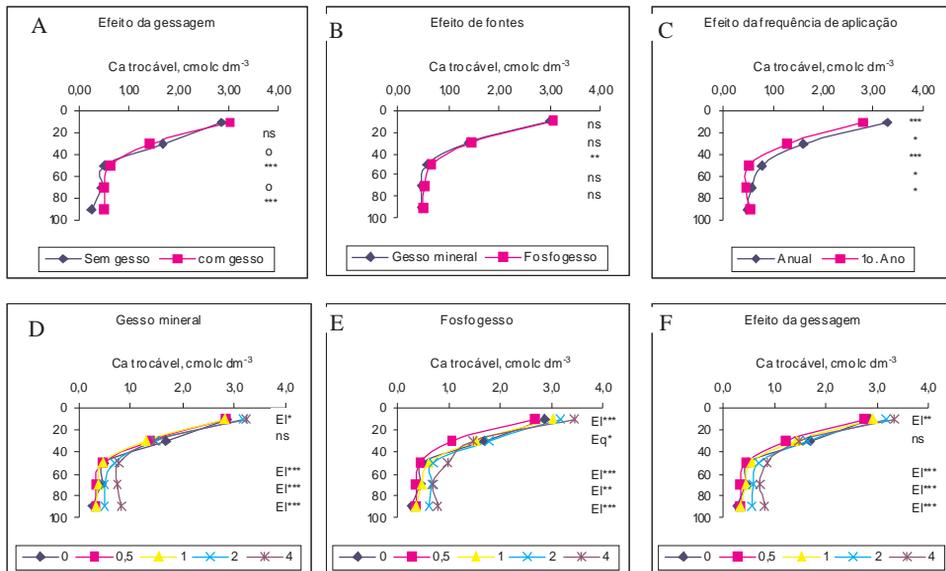
No solo mais argiloso da Fazenda Mineira, a perda de potássio da camada arável e seu acúmulo nas camadas mais profundas são claramente caracterizados, no entanto, em menor intensidade relativa (percentual de perda) em relação aos solo mais arenoso (Figura 13A e F). Em geral, as maiores diferenças de teores são observadas nas camadas abaixo de 40 cm (Figura 13A). Não há grandes diferenças entre as fontes usadas (Figura 13B), mas a intensidade da variação aumenta com o incremento da frequência de aplicação (Figura 13C).

Embora haja perda de potássio (ou saída) na camada arável, trata-se de um fenômeno difícil de avaliar devido à variabilidade elevada dos teores nesta camada (Quadro 9 e Figura 13D, E, F). O aumento da frequência de aplicação de gesso mostra claramente que há redução nos teores de K da camada 0-20 cm e acréscimos importantes nas demais em profundidade (Figura 13C). Dado o baixo acúmulo de K na subsuperfície e a alta demanda por potássio na soja ( $20 \text{ kg K}_2\text{O t}^{-1}$  de grãos  $\text{ha}^{-1}$ ), é provável que a redução dos teores observada na camada arável ocorra devido à extração pela planta e à lixiviação no perfil de 0-100 cm, com poucas perdas em maiores profundidades. Isso mostra que o uso de culturas com raízes mais profundas deve ser feito no sistema de rotação para aproveitar o potássio que desce no perfil do solo.



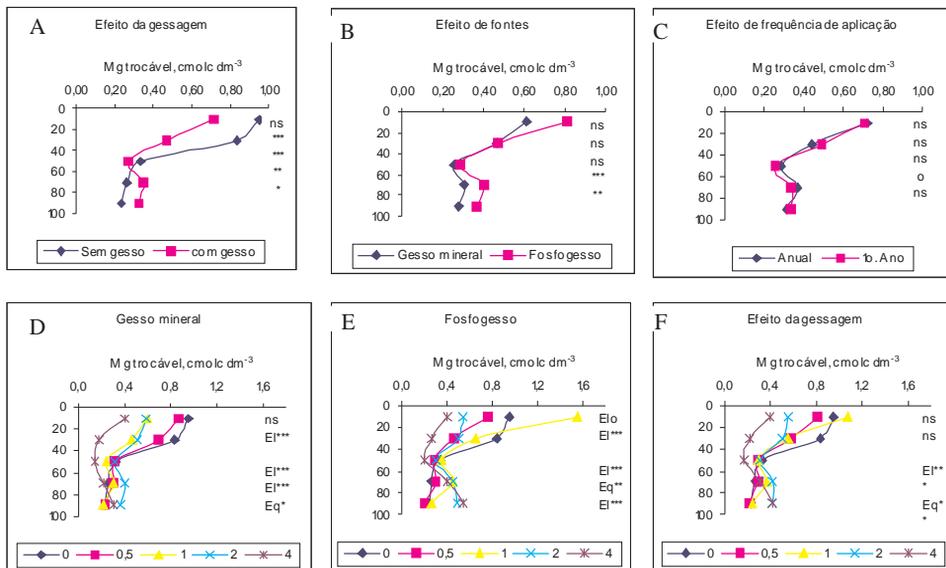
**Figura 13.** Variação nos teores de K disponível em função da gessagem (A), da fonte (B), da frequência de aplicação (C) e de doses (D, E e F) em solo do Cerrado da Bahia cultivado com soja. Obs.: ns, \*, \*\* e \*\*\*. Não significativo e significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. EI, efeito linear; Eq, efeito quadrático. Fazenda Mineira, safra 2007/08, São Desidério, BA

A aplicação do gesso (Figura 14A), especialmente em maior frequência (Figura 14C), promove elevação dos teores de Ca trocável em todo o perfil do solo, independente da fonte usada (Figura 14B). Em geral, quanto maior a dose das fontes usadas, maior foi o teor acumulado nas diversas camadas (Figura 14D, E e F). Dados de pesquisas anteriores têm mostrado que são necessários teores acima de  $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca trocável para que haja bom crescimento radicular nas camadas subsuperficiais do solo, especialmente se associados com teor de Al trocável menor que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ou saturação por  $\text{Al}^{3+} < 30\%$ . Apenas na camada de 80 a 100 cm, os teores na testemunha estiveram abaixo desse nível de Ca trocável, sendo necessário cerca de  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso para elevá-los para valores acima do considerado adequado, tendo o fosfogesso sido mais efetivo na elevação das concentrações de Ca trocável em profundidade (Figura 14 D, E e F).



**Figura 14.** Variação nos teores de Ca trocável em função da gessagem (A), da fonte (B), da frequência de aplicação (C) e de doses (D, E e F) em solo do Cerrado da Bahia cultivado com soja. Obs.: ns, \*, \*\* e \*\*\*. Não significativo e significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. EI, efeito linear; Eq, efeito quadrático. Fazenda Mineira, safra 2007/08, São Desidério, BA

A gessagem provocou forte perda de Mg trocável no solo da Fazenda Mineira (Figura 15A), sendo esse fenômeno intensificado pelo uso do fosfogesso (Figura 15B), mas pouco influenciado pela frequência de aplicação (Figura 15C). O efeito da lixiviação aparenta ser mais intenso sob o uso de fosfogesso, levando a algum incremento do nutriente nas camadas abaixo de 60 cm. A baixa acumulação, comparativamente à saída do nutriente da camada arável, leva à suspeita de que grande parte do nutriente esteja sendo perdida para camadas inferiores a 100 cm de profundidade. Apesar disso, os teores na superfície estão próximos do limite de  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Mg}^{2+}$ , o que minimiza o efeito da lixiviação sobre a produtividade, se bem que isso pode ser agravado com o passar do tempo. Com a redução dos teores de Mg trocável, somada ao aumento dos teores de Ca em todo o perfil e à aplicação de doses elevadas de potássio no início do cultivo do algodoeiro (plantio e cobertura), o impacto sobre o estado nutricional pode ser grande, visto que esses fatores combinados provocam a redução da absorção de magnésio pelas raízes das plantas.



**Figura 15.** Variação nos teores de Mg trocável em função da gessagem (A), da fonte (B), da frequência de aplicação (C) e de doses (D, E e F) em solo do Cerrado da Bahia cultivado com soja. Obs.: ns, o, \*, \*\* e \*\*\*: Não significativo e significativo a 10, 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F. EI, efeito linear; Eq, efeito quadrático. Fazenda Mineira, safra 2007/08, São Desidério, BA

### Mudanças no estado nutricional da soja

Apesar de ter sido feita apenas uma análise indicadora por tratamento, sem repetição que melhor e mais seguramente caracterizasse o fenômeno, pode ser observado no que houve influência do gesso na absorção dos nutrientes.

Em geral, o aumento das doses de gesso permitiu maiores teores de S e Ca no tecido e redução na absorção de K e Mg, sendo esse efeito mais visível nos tratamentos em que a aplicação do gesso foi mais frequente

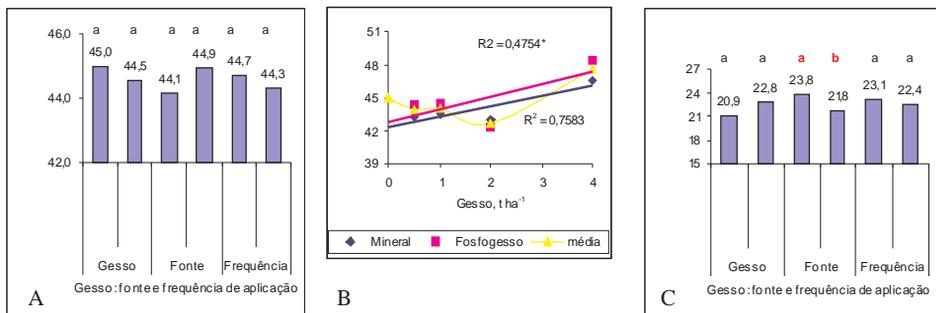
(com aplicação anual, quadro 10). As fontes foram equivalentes em seus efeitos sobre os nutrientes foliares e não houve diferenças perceptíveis nos teores dos micronutrientes. Em geral, a gessagem melhorou a fertilidade do solo nas camadas abaixo de 40 cm e isto foi sentido pela planta, como medido pelo seu estado nutricional.

## Mudanças no crescimento e produtividade da soja

Em geral, a média das doses aplicadas de gesso, as fontes e frequência de aplicação usadas não alteraram o crescimento da planta em altura (A). Apesar disso, houve crescimento linear da planta com as doses aplicadas (B) e o gesso mineral melhorou o crescimento da raiz principal (C). Assim, a planta de soja se tornou mais viçosa e, provavelmente, mais tolerante ao veranico, especialmente quando se fez uso do gesso mineral.

**Quadro 10.** Teor médio de nutrientes na folha de plantas de soja em função de frequência de aplicação e fonte de gesso aplicado. Fazenda Mineira, safra 2007/08, São Desidério, BA

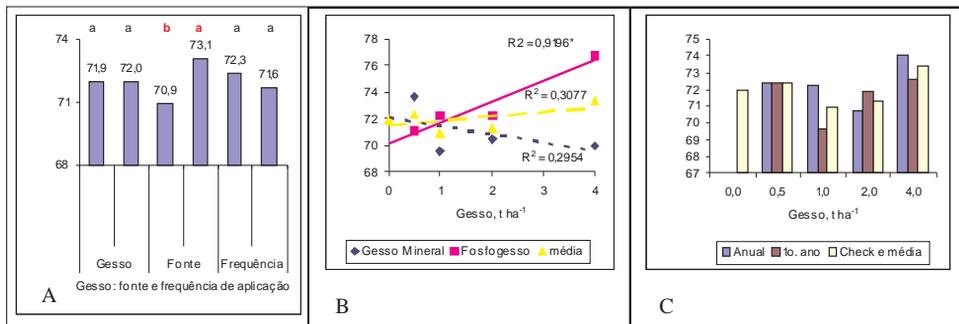
Nutriente na folha	Adicional	Frequência de aplicação de gesso (t ha <sup>-1</sup> )								Fonte de Gesso	
		Com aplicação anual				Aplicação só no 1º. ano				Mineral	Fosfogesso
		0,5	1	2	4	0,5	1	2	4		
g kg <sup>-1</sup>											
N	32,2	28,5	32,2	31,5	30,7	31,8	32,6	32,2	31,5	32,4	30,3
P	2,3	2,3	2,2	2,3	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,2
K	11,0	10,3	9,1	9,8	9,1	10,0	9,0	9,9	9,9	10,1	9,1
Ca	23,1	24,0	24,7	26,0	27,5	22,5	25,6	24,3	24,8	24,3	25,5
Mg	5,5	5,1	5,1	4,7	4,6	5,2	5,7	5,1	4,2	4,8	5,1
S	2,3	2,3	2,4	2,6	2,6	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3
mg kg <sup>-1</sup>											
B	52,5	50,5	50,5	51,0	49,0	50,5	51,0	50,5	48,5	50,5	49,9
Cu	6,0	6,0	6,5	6,5	6,5	6,0	6,5	6,0	6,0	6,1	6,4
Fe	109,0	101,0	108,0	103,5	100,5	102,5	105,5	108,0	105,5	106,4	102,3
Mn	50,5	46,0	64,5	57,0	68,0	50,0	47,5	55,5	43,0	53,9	54,0
Zn	24,5	23,5	27,0	24,0	24,5	24,0	22,5	25,0	24,5	25,6	23,1



**Figura 16.** Variação na altura das plantas (A e B) e no comprimento das raízes (C) em função da gessagem, da fonte, da frequência de aplicação e de doses em diferentes fontes em solo do Cerrado da Bahia cultivado com soja. Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 10% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Fazenda Mineira, safra 2007/08, São Desidério, BA

De modo geral, na média das doses, não foram obtidos ganhos em produtividade na soja devido à gessagem (Figura 17A, gesso), apesar do uso do fosfogesso ter se mostrado mais efetivo sobre a produtividade do que o do gesso mineral (Figura 17B, fonte), especialmente se aplicado anualmente (Figura 17C, frequência). Decompondo o efeito das doses, pode-se observar que o fosfogesso foi o único a elevar linearmente a produtividade da soja (Figura 17B), apesar de alcançar um máximo de apenas 76,8 sc ha<sup>-1</sup>. Na realidade, a fertilidade do solo era elevada e não houve estresse hídrico pronunciado. Isso permitiu a obtenção de produtividade muito alta já no tratamento testemunha (72,0 sc ha<sup>-1</sup>). A cultura da soja se mostrou, assim, efetiva no aproveitamento da gessagem feita, mesmo antes do estabelecimento do ensaio, sendo pouco influenciada pelas doses aplicadas há três anos ou na aplicação anual (Figura 17C). Além do aspecto de seguro contra veranico, a gessagem na soja pode ser feita com maior intervalo de tempo e com menor dosagem. Uma forma prática de se fazer isso é aplicar gesso na cultura que

antecede a soja em rotação, como o algodoeiro ou milho, por exemplo, melhorando a performance produtiva de ambas as culturas, sem necessidade de fazer correção específica para a soja.



**Figura 17.** Variação na produtividade de soja em função da gessagem (A), da fonte (B), da frequência de aplicação e doses de gesso (C) em solo do Cerrado da Bahia cultivado com soja. Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 10% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Fazenda Mineira, safra 2007/08, São Desidério, BA

## Considerações gerais e conclusões

- A gessagem provoca aumento consistente nos teores de S e Ca em todo o perfil do solo, redução dos teores superficiais de K e Mg e ligeiro acúmulo nas camadas mais profundas. Esses efeitos são ampliados com a maior frequência de aplicação de gesso.

- A intensidade da melhoria do perfil de solo em profundidade e da descida de enxofre é inversamente proporcional ao teor de argila do solo. Em geral, as maiores concentrações de S disponível são encontradas entre 40 e 80 cm em solo com maior teor de argila, e entre 60 e 100 cm em solos arenosos.

- As mudanças no ambiente físico-químico do solo afetam a planta, que aumenta a absorção de S e Ca e diminui a de K e Mg.
- As alterações no estado nutricional, promovidas pelas doses de gesso, quase sempre promovem alterações nos padrões de crescimento vegetativo (altura, número de nós, comprimento radicular) e produtivo (número de botões, maçãs e capulho) das plantas de algodão ou soja.
- A soja não responde à gessagem em solos com fertilidade corrigida, bons teores de nutrientes e ano normal de chuva. Apenas o efeito residual da gessagem já é suficiente para manter a cultura em altos níveis de produtividade. Entretanto, o uso desta prática é importante em virtude da ocorrência de veranicos frequentes na área de Cerrado. O cultivo em rotação com culturas anteriores que receberam gessagem é mais apropriado do que a aplicação do corretivo no pré-plantio da soja.
- O algodoeiro é responsivo em produtividade à gessagem inicial do solo e necessita da aplicação frequente de gesso. O uso de  $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  permite manter a produtividade acima de  $300 @ \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em áreas e variedades com bom potencial produtivo. Alternativamente, pode-se aplicar  $1 \text{ t ha}^{-1}$  a cada três anos safras.
- Há pouca diferença entre as fontes de gesso usadas. Entretanto, para o mesmo nível de preço, é preferível o uso de fosfogesso.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do Fundeagro e FNDCT/FINEP/MCT, Fundação Bahia, EBDA, Embrapa, produtores e funcionários das fazendas envolvidas, consultorias, empresas de produtos agrícolas e a todos que atuam na agricultura do Oeste da Bahia.

## Referências

AIBA. Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. **1º Levantamento da safra do Oeste da Bahia-2009-10**. Disponível em:

<[http://www.aiba.org.br/estimativas/1\\_levantamento\\_plantio\\_safra\\_2009-10.pdf](http://www.aiba.org.br/estimativas/1_levantamento_plantio_safra_2009-10.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2009.

AGROTAIN. **Agrotain**: product information guidebook. Saint Louis, 2001. 55 p.

BERNARDI, A. C. C.; CARVALHO, M. C. S.; FREITAS, P. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; SILVA, T. M. **No sistema plantio direto é possível antecipar a adubação do algodoeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 8 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 24).

CARDOSO NETO, F.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G. Nitrogênio residual em solo adubado com diferentes fontes e intervalos de aplicação de nitrogênio. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 161-168, 2006.

CARVALHO, M. C. S.; BARBOSA, K. A. **Manejo da adubação nitrogenada do algodoeiro no sistema plantio direto com integração lavoura-pecuária, no Cerrado de Goiás**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. (Embrapa Algodão. Comunicado técnico, 199).

CERETA, C. A. Dinâmica do nitrogênio em sistemas de produção na região sul do Brasil. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 32-50. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).

COELHO, A. M.; FRANCA, G. E.; BAHIA, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Balanço de nitrogênio (15N) em um Latossolo Vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência**

**do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 187-193, 1991.

COSTA, S. N.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; RAMOS, V. B. N. Mobilidade do nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 190-194, 1999.

EARNST, R. E.; VARCO, A. J. Fertilizer nitrogen source and placement, and Agrotain® effects on no-till cotton n-use efficiency. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 2006, San Antonio, Texas. **Proceedings...** San Antonio, 2006. p. 2105-2108. Disponível em: <<http://ncc.confex.com/ncc/2006/techprogram/MEETING.HTM>>. Acesso em: 18 out. 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no cerrado**: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 47 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 138).

FERREIRA, G. B.; SEVERINO, G. B.; SILVA FILHO, J. L. Aperfeiçoamento da tecnologia de manejo e adubação do algodoeiro no Oeste da Bahia. In: SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B. (Coord.). **Resultados de pesquisa com a cultura do algodão na Bahia, safra 2003/2004**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p. 32-80. (Embrapa Algodão. Documentos, 133).

FERREIRA, G. B.; SEVERINO, L. S.; SILVA FILHO, J. L. Aprimoramento da adubação e do manejo cultural do algodoeiro na Bahia. In: SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B.; SANTOS, J. B. (Coord.). **Pesquisas realizadas com algodoeiro na Bahia, safra 2004/2005**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. p. 25-79. (Embrapa Algodão. Documentos, 146).

FERREIRA, G. B.; SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B. Tecnologia de

adubação e manejo do algodoeiro no Cerrado da Bahia. In: SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B.; SANTOS, J. B. (Coord.). **Pesquisas com algodoeiro no Estado da Bahia - safra 2005/2006**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p. 59-151. (Embrapa Algodão. Documentos, 164).

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C. Melhoramento do algodoeiro no Cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 267-318.

GAMBOA, J.; PERES, G.; BLASCO, M. Un modelo para describir los procesos de retención y lixiviación en los suelos. **Turrialba**, San José, v. 21, p. 312-316, 1971.

HENDRICKSON, L. L. Corn yield response to the urease inhibitor NBPT: five year summary. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, p. 131-137, 1992.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de n-NH<sub>3</sub> na cultura do milho: 1. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 481-487, 1997a.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura e milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 489-496, 1997b.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. L. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; VILELA, L.; PINTO, T. L. F.; TEIXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 2240-2247, 2004.

MUCHOVEJ, R. M. C.; RECHEIGL, J. E. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil processes and water quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. p. 91-135. (Series Advances in Soil Science).

OLIVEIRA, F. C. Percolação de nitrato em Latossolo Amarelo Distrófico afetada pela aplicação de composto de lixo urbano e adubação mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 731-741, 2001.

OLIVEIRA, J. R. A.; VILELA, L.; ANGELAYARZA, M. Adsorção de nitrato em solos de cerrado do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1199-1205, 2000.

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 857-865, 2003.

POSSAMAI, J. M. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o cultivo do algodoeiro**. 2003. 91 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; CARVALHO, M. C. S.; PEDROSA, M. B.; FERREIRA, G. B.; SILVA FILHO, J. L. da; SANTOS, J. B. dos; CARVALHO, M. da C. S.; BARBOSA, C. A. S.; FREIRE, R. M. M. **Pesquisas em fertilidade do solo para o algodão cultivado no Cerrado do Oeste da Bahia – safra 2006/2007**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 72 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 208).

SETREN, J. A.; LIMA, J. J. Características e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 765-820.

SILVA, M. S.; COSTA, L. A. de M.; BENINCASA, M.; LUCAS JÚNIOR, J. de. Avaliação das perdas de nitrato em solo irrigado e submetido à diferentes intensidades de radiação solar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 82-88, 1999.

SILVA, N. M. Calagem e adubação do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. **Produzir sempre, o grande desafio**: resumos das palestras. Campina Grande: Embrapa Algodão: UFMS; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 155-157.

SOUSA, R. A.; SILVA, T. R. B. Acidificação de um Latossolo Vermelho Distroférico em função da aplicação de nitrogênio oriundo de uréia, sulfato de amônio e sulfammo. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, p. 78-83, 2009.

STAUT, L. A.; LAMAS, F. M.; KURIHARA, C. H.; REIS JÚNIOR, R. A. **Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do algodoeiro em sistema plantio direto**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 67).

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, L. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 169-183.

WATSON, C. J.; MILLER, H.; POLAND, P.; KILPATRICK, D. J.; ALLEN, M. B. D.; GARRET, M. K.; CHRISTANSON, C. B. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, p. 1165-1171, 1994.

**Embrapa**

---

*Milho e Sorgo*

**Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

