

# XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

## “Uso da ESTA Kieserita granulada na cultura do algodão”

**MARIA DA CONCEIÇÃO SANTANA CARVALHO<sup>1</sup>, TONI ANDREAS WIENDL<sup>2</sup>, ALEXANDRE CUNHA DE BARCELLOS FERREIRA<sup>3</sup> & FLÁVIA CRISTINA DOS SANTOS<sup>4</sup>**

**RESUMO** – A ESTA Kieserita granulada é um produto que contém 25 % de MgO e 20% de S solúveis em água, podendo ser usado como fertilizante, sobretudo em culturas exigentes nesses nutrientes, a exemplo do algodoeiro, cultivado em solos da região do Cerrado. Esse estudo foi conduzido na safra 2007/2008, no município de Ipameri, GO, com o objetivo de avaliar o efeito de doses de ESTA® Kieserita no crescimento, nutrição e produtividade do algodão cultivado em solo do Cerrado do estado de Goiás. O solo, classificado como Latossolo Vermelho de textura muito argilosa, continha  $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg nas camadas 0-20 e 20-40 cm de profundidade, respectivamente. O experimento de campo foi composto por seis tratamentos, correspondentes às doses de ESTA Kieserita granulada (0, 120, 240, 360, 480 e  $600 \text{ kg ha}^{-1}$ ), dispostos em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. O plantio do algodoeiro foi realizado em 25/11/2007 com sementes da cultivar Fibermax 966 e adubação no sulco com  $480 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação 06-34-15. Em 08/01/2008, foi realizada uma adubação de cobertura com  $135 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de amônio e após 20 dias mais uma adubação de cobertura com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de 20-0-20. Os tratamentos correspondentes às doses de ESTA Kieserita foram aplicados em 15/01/2008, manualmente a lanço na superfície do solo, sem incorporação. O produto testado apresentou efeito positivo para o algodoeiro, melhorando a nutrição em Mg e S, aumentando a retenção de capulhos e a produtividade de algodão. Nas condições estudadas, a dose entre 240 e  $280 \text{ kg ha}^{-1}$  apresentou os melhores resultados em produtividade de algodão em caroço e de algodão em pluma. Devido à sua composição química que possibilita o fornecimento de Mg e de S, na forma de sulfato, a ESTA Kieserita é um produto com alto potencial de utilização como fonte desses nutrientes, sobretudo em solos cultivados em sistema plantio direto e em locais de difícil acesso ao gesso.

**Palavras-Chave:** (*Gossypium hirsutum*, magnésio, enxofre, Cerrado)

### Introdução

O algodoeiro é uma planta que evoluiu sobre solos ricos em nutrientes, tendo necessidade de solos férteis para produzir adequadamente e, assim, extrai grandes quantidades de nutrientes do solo durante o seu ciclo [1,2]. Com relação aos macronutrientes, a cultura é mais exigente em nitrogênio (N) e potássio (K), seguindo-se de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S). Dados obtidos no Brasil e compilados por Carvalho et al. [1] indicam que, para a produção de  $300 \text{ @ ha}^{-1}$  de algodão em caroço, a cultura absorve durante o ciclo:  $220$  a  $380 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $58$  a  $112 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $193$  a  $315 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $38$  a  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg e  $18$  a  $36 \text{ kg ha}^{-1}$  de S.

No mercado brasileiro e mundial de fertilizantes e corretivos, a maior importância nos negócios é dada às fontes de NPK, que são as bases das formulações comerciais. No entanto, essas formulações deveriam conter quantidades significativas de outros nutrientes minerais tão essenciais para a produção agrícola como NPK, tais como Ca, S, Mg e micronutrientes. O uso constante de formulações NPK que não contêm macronutrientes secundários ou micronutrientes pode acarretar em diminuição da eficiência agrônômica desses fertilizantes, caso algum outro nutriente esteja deficiente no solo.

No caso do algodoeiro, há relatos de sintomas visuais de deficiência de Mg nas seguintes condições: (i) em solos ácidos, que não foram corrigidos com calcário contendo Mg; (ii) solos de textura arenosa, intensamente lixiviados; (iii) solos corrigidos continuamente com calcário calcítico, sobretudo quando se aplicam altas doses de K, sendo possível ocorrer deficiência de Mg induzida por doses muito altas de K nas adubações [3]. Considerando que o Mg é um dos nutrientes que pode limitar a produção vegetal, pois é essencial para a síntese das clorofilas e, por consequência, para a fotossíntese das plantas, o desenvolvimento de fertilizantes que sejam fontes econômica e tecnicamente viáveis de Mg pode ser de grande importância para que o aumento da demanda de fertilizantes seja acompanhado pelo aumento da eficiência do uso dos nutrientes pelas culturas.

Para a cultura do algodão, o teor de Mg no solo deve ser igual ou superior a  $0,7$  a  $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (dependendo do teor de argila) e a saturação de Mg na CTC superior a 13 % [4]. A forma convencional de se corrigir a baixa disponibilidade natural de Mg nos solos é por meio da

<sup>1</sup> Pesquisadora da Embrapa Algodão/Núcleo de P&D do Cerrado, Rodovia BR-153, km 04, CP 714, CEP: 74001-970, Goiânia, GO. E-mail: conceicao@cnpa.embrapa.br.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M. Sc., K+S Brasileira Fertilizantes e Produtos Industriais Ltda., Rua Eng. Antonio Jovino, 220, Morumbi, SP, E-mail: toni@ksbrasileira.com.br.

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Algodão/Núcleo de P&D do Cerrado, Rod. BR-153, km 04, Goiânia, GO.

<sup>4</sup> Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG-424, km 45, CEP: 35701-970, Sete Lagoas, MG. Apoio financeiro: K+S Brasileira Fertilizantes e Produtos Industriais Ltda. e Fundação Goiás.

prática da calagem, com aplicação de calcários dolomíticos ou magnesianos. Entretanto, quando se considera o sistema plantio direto (SPD), que já é utilizado em mais de 20 milhões de hectares no Brasil, preconiza-se a calagem superficial, a qual apresenta limitações para o fornecimento de Mg para as culturas. Além disso, considerando que uma dose de 6,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário fornece cerca de 250 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e que, anualmente, as culturas podem extrair até 40-60 kg ha<sup>-1</sup> de Mg [5], a quantidade desse nutriente fornecida pela calagem seria exaurida em quatro a cinco anos de uso da terra. Há casos, também, em que a reserva mais próxima é de calcário calcítico; assim uma fonte granulada de Mg que possa ser fornecida na formulação NPK ou ser aplicada em pré-plantio, ou em cobertura, pode ser uma alternativa mais econômica e mais eficiente. Desse modo, há necessidade de reposição anual de Mg por meio de uma fonte solúvel de fertilizante, visando o aumento da eficiência dos fertilizantes NPK em lavouras de alta produtividade no Cerrado brasileiro.

A ESTA Kieserita granulada, por se tratar de um produto com 25 % de MgO e 20 % de S solúveis em água, possui elevado potencial de uso agrícola, sobretudo em culturas exigentes nesses nutrientes, a exemplo do algodoeiro, cultivado em solos da região do Cerrado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de ESTA® Kieserita no crescimento, nutrição e produtividade do algodão em solo do Cerrado do estado de Goiás.

### Material e Métodos

Esse estudo foi realizado na safra 2007/2008, numa propriedade particular no município de Ipameri, GO. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho de textura muito argilosa. Antes da instalação dos experimentos foram coletadas amostras de solo da área experimental, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, para análise química (Tabela 1). A análise granulométrica indicou os seguintes teores de areia, silte e argila, respectivamente, na camada 0-20 cm: 120, 200 e 680 gkg<sup>-1</sup>.

O experimento foi composto por seis tratamentos, correspondentes às doses de ESTA Kieserita granulada (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha<sup>-1</sup>), dispostos em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por seis linhas de 5 m de comprimento, em espaçamento 0,90 m, das quais foram utilizadas as quatro linhas centrais de área útil.

O produtor realizou na área uma adubação de pré-plantio com cloreto de potássio em quantidade suficiente para elevar o teor de K para 100 mg dm<sup>-3</sup> de solo, na camada 0-20 cm. A semeadura do algodoeiro foi realizada em 25/11/2007 com a cultivar Fibermax 966, com cerca de 10 sementes por metro, e adubação no sulco com 480 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 06-34-15 (1,3 % uréia + 73,7 % superfosfato triplo + 25 % cloreto de

potássio) + 0,6 % B + 0,2 % Zn + 0,2 % Cu. Em 08/01/2008 foi realizada uma adubação de cobertura com 135 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio e após 20 dias mais uma adubação de cobertura com 300 kg ha<sup>-1</sup> de 20-0-20 (32 % sulfato de amônio + 30 % uréia + 33 % de cloreto de potássio + 5 % enchimento)

Os tratamentos, correspondentes às doses de ESTA Kieserita, foram aplicados em 15/01/2008, manualmente a lanço na superfície do solo, sem posterior incorporação.

Em 03/03/2008 realizou-se a amostragem de folhas para análise química de macronutrientes, coletando-se a 4ª ou 5ª folha a partir da haste principal, em 15 plantas por parcela. As amostras foram secas em estufas a 60-70 °C e analisadas quimicamente quanto aos teores de macronutrientes, utilizando os métodos descritos em Malavolta et al. [6].

Antes da colheita do algodão foram avaliados: a altura final de plantas, medindo-se 10 plantas por parcela; o número médio de capulhos por planta, contando-se o número de capulhos de 10 plantas em cada parcela; e o peso médio de um capulho, pesando-se 20 capulhos coletados do terço médio das plantas.

A colheita do algodão foi realizada em 24/06/2008, coletando-se manualmente todos os capulhos das quatro linhas centrais de cada parcela. O material colhido foi pesado para se estimar a produtividade em quilogramas por hectare ou arroba (@) por hectare (1 @ = 15 kg). A porcentagem de fibra foi determinada por meio do descarçamento de 20 capulhos do terço médio das plantas com um descarçador de rolo, obtendo-se o peso de pluma e de sementes. A produtividade de pluma foi calculada multiplicando-se a produtividade de algodão em caroço pela porcentagem de fibra.

Após a colheita, foram coletadas amostras de solo nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade nas parcelas correspondentes às doses 0, 240 e 480 kg ha<sup>-1</sup> de ESTA Kieserita, com o objetivo de avaliar a disponibilidade de Mg no solo.

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância e análise de regressão polinomial (Pr<0,05).

### Resultados & Discussão

Os resultados das variáveis de produção e estado nutricional do algodoeiro, em função das doses de ESTA Kieserita são apresentados na Tabela 2. De acordo com a análise de variância, a aplicação de Kieserita granulada afetou significativamente a produtividade de algodão em caroço e em pluma, e os teores de Mg e de S na folha.

A produtividade de algodão aumentou linearmente até a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de Kieserita (equivalente a 36 kg ha<sup>-1</sup> de Mg); porém começou a diminuir com a aplicação de quantidades mais elevadas, possivelmente devido à ocorrência de interações de Mg e S com outros nutrientes na solução do solo, embora as avaliações realizadas nesse trabalho não tenham detectado alterações que pudessem confirmar essa hipótese. A análise de regressão, realizada com as doses equidistantes (0, 120, 240 e 480 kg ha<sup>-1</sup>) de Kieserita possibilitou um ajuste quadrático para a produtividade de algodão em caroço (Figura 1) e em pluma

(Figura 2), e também para o número médio de capulhos por planta (Figura 3). Por meio dos parâmetros das equações apresentadas nas Figuras 1 a 3 foi possível calcular as doses máximas para produtividade de algodão em caroço ( $265 \text{ kg ha}^{-1}$  de ESTA Kieserita) e em pluma ( $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de ESTA Kieserita) e para o número de capulhos por planta ( $315 \text{ kg ha}^{-1}$  de ESTA Kieserita). Contudo, considerando-se que, geralmente, a dose econômica se situa em torno de 90 % da dose que proporciona a máxima resposta física, a dose mais adequada de ESTA Kieserita granulada, para as condições observadas nesse experimento, estaria entre  $240$  e  $280 \text{ kg ha}^{-1}$ . Essas doses forneceriam  $36$  a  $48 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg e  $42$  a  $56 \text{ kg ha}^{-1}$  de S, portanto suficientes para a cultura do algodoeiro [1].

A aplicação de Kieserita aumentou de forma linear os teores de Mg e S na folha, porém em magnitude inferior ao esperado (Tabela 4). Os teores de S se encontram, inclusive, abaixo da faixa considerada adequada para o algodoeiro ( $4$  a  $8 \text{ g kg}^{-1}$ ), mesmo com a aplicação de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de ESTA Kieserita, equivalente a  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de S. Além do S proveniente da Kieserita, o algodoeiro foi adubado também com  $135 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de amônio, sugerindo que, nesse caso, os baixos teores de S na folha não indicam, necessariamente, que as plantas estavam deficientes, já que as quantidades aplicadas desse nutriente foram suficientes para a cultura, e também não se observou qualquer sintoma visual de deficiência. Assim, as explicações para os baixos teores de S nas folhas podem estar relacionadas com a cultivar ou até mesmo com algum problema na análise química realizada no laboratório.

De qualquer modo, os resultados evidenciam que a aplicação de Kieserita aumentou a disponibilidade de Mg no solo (Figura 4) e os teores de Mg e S na planta (Tabela 2). O teor de Mg no solo aumentou também na camada  $0-40 \text{ cm}$  (Figura 4), possivelmente em função da presença do  $\text{SO}_4^{2-}$  como íon acompanhante, que facilita o movimento de Mg em profundidade. Essas alterações resultaram na retenção de maior número maçãs (e depois em capulhos) e aumento da produção de algodão, conforme se pode observar nas correlações entre essas variáveis (Figura 5).

## Conclusões

- O produto ESTA Kieserita granulado apresentou efeito positivo para a cultura do algodoeiro, melhorando a nutrição em Mg e S, aumentando a retenção de capulhos e a produtividade de algodão.
- Nas condições estudadas, a dose entre  $240$  e  $280 \text{ kg ha}^{-1}$  de ESTA Kieserita granulada apresentou os melhores resultados.
- Devido à sua composição química que possibilita o fornecimento de Mg e de S, na forma de sulfato, a Kieserita é um produto com alto potencial de utilização como fonte desses nutrientes, sobretudo em solos cultivados em sistema plantio direto e em locais de difícil acesso ao gesso.

## Referências

- [1] CARVALHO, M.C.S.; FERREIRA, G.B. & STAUT, L.A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E.C. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. Cap. 16. p. 581-647.
- [2] ROCHESTER, I.J. Nutrient uptake and export from an Australian cotton field. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 77, p. 213-223, 2007.
- [3] FRYE, I.A.A.; KAIRUZ, I.A.G. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. In: FEDERACIÓN NACIONAL DE ALGODONEROS. **Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia**. Bogotá: Guadalupe, 1990. p. 113-202.
- [4] STAUT, L.A.; KURIHARA, C H. Calagem e Adubação. In: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p.103-123.
- [5] YAMADA, T.; MALAVOLTA, E.; MARTINS, O.C.; ZANCANARO, L.; CASALE, H.; BAPTISTA, I. Teores foliares de nutrientes observados em áreas de alta produtividade. Piracicaba: Potafos, 1999.
- [6] MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 319p.

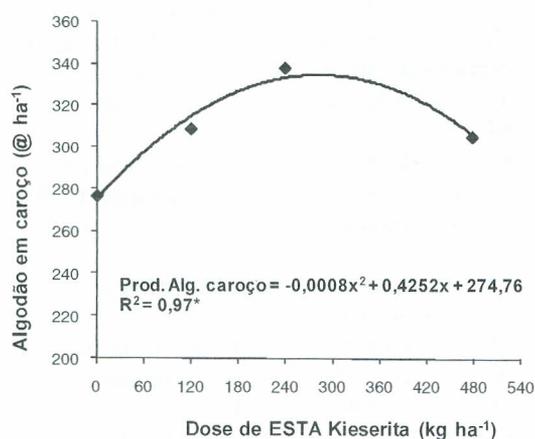
**Tabela 1** - Resultados da análise de solo nas camadas  $0-20 \text{ cm}$  e  $20-40 \text{ cm}$ , antes da instalação do experimento. Ipameri, safra 2007/2008.

M.O.	pH	P (Mehl.)	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	CTC	V	B	Cu	Mn	Zn
$\text{g kg}^{-1}$	CaCl <sub>2</sub>	--- $\text{mg dm}^{-3}$ ---	---	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----	-----	-----	-----	%	-----	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----	-----	-----
<b>Camada 0-20 cm</b>												
44	4,7	8,4	61	1,90	0,60	0,10	8,8	31	0,2	1,50	12,2	5,0
<b>Camada 20-40 cm</b>												
-	4,6	3,5	47	1,20	0,30	0,10	7,7	21	-	-	-	-

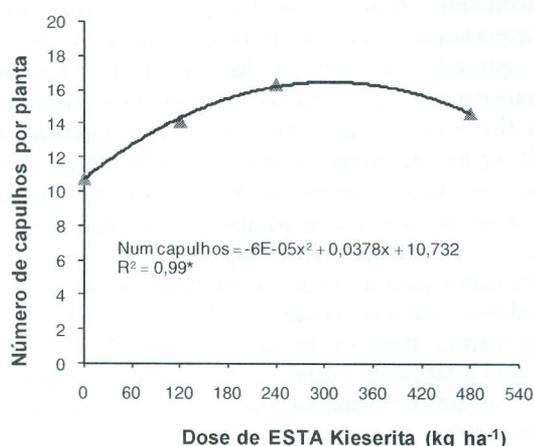
**Tabela 2** - Resultados das variáveis de produção e teores foliares de macronutrientes, em função da aplicação de doses de ESTA Kieserita granulada. Experimento conduzido em Ipameri, GO, safra 2007/2008.

Dose de Kieserita	Altura	Ncap	Pcap	A. caroço	Fibra	Pluma	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha <sup>-1</sup>	cm	g		@ ha <sup>-1</sup>	%	@ ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>					
0	92,7	10,8	5,8	277	45,1	125	45,6	3,2	19,2	26,0	3,2	2,0
120	93,6	14,2	6,1	309	45,0	139	45,5	3,3	18,1	25,4	3,6	2,3
240	94,5	16,4	6,1	338	44,8	151	44,9	3,3	18,6	25,2	3,7	2,4
360	94,3	13,7	5,9	309	45,2	139	44,7	3,3	19,0	24,5	3,6	2,6
480	97,1	14,7	6,2	305	45,4	138	43,8	3,3	19,0	25,5	3,6	2,7
600	97,1	14,7	6,1	306	44,5	136	44,0	3,3	19,1	24,1	4,0	2,6
<i>C.V.(%)</i>	3,99	17,19	5,72	6,41	1,04	6,08	2,68	5,04	5,52	5,33	4,80	12,25
<i>Pr&gt;F</i>	0,48	0,10	0,56	0,03	0,16	0,03	0,24	0,93	0,68	0,42	0,01	0,05

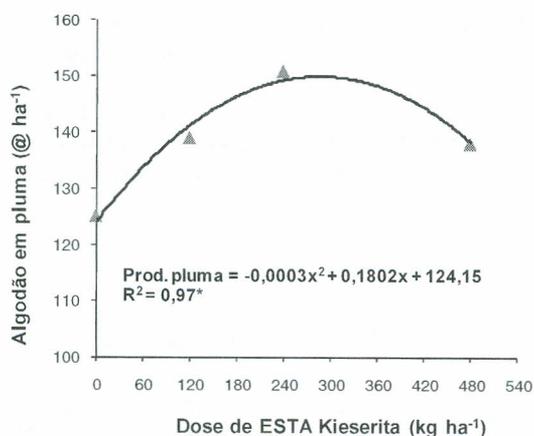
Pcap = peso médio de um capulho, Ncap = número médio de capulhos por planta, A. caroço = produtividade de algodão em caroço, Pluma = produtividade de algodão em pluma.



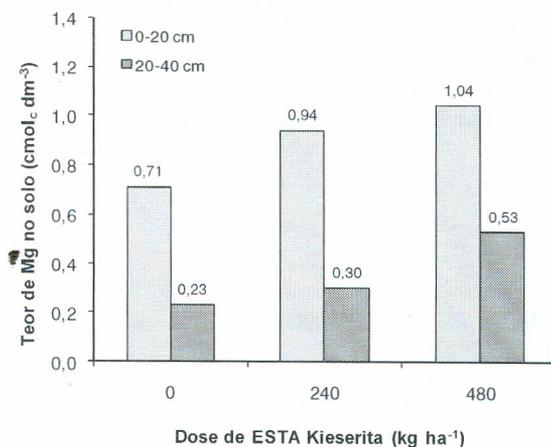
**Figura 1** - Produtividade de algodão em caroço, em função de doses de ESTA Kieserita granulada (0, 120, 240 e 480 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas no solo. Ipameri, GO, safra 2007/2008.



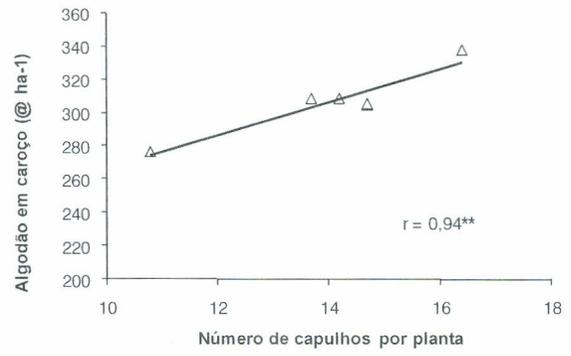
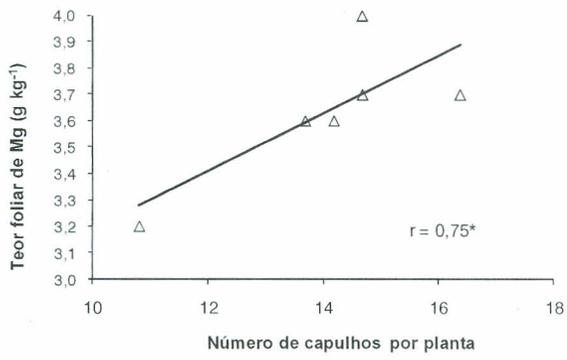
**Figura 3** - Número médio de capulhos por planta, em função de doses de ESTA Kieserita granulada (0, 120, 240 e 480 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas no solo. Ipameri, GO, safra 2007/2008.



**Figura 2** - Produtividade de algodão em pluma, em função de doses de ESTA Kieserita granulada (0, 120, 240 e 480 kg ha<sup>-1</sup>), aplicada no solo. Ipameri, GO, safra 2007/2008.



**Figura 4** - Teor de Mg nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, em função de doses de ESTA Kieserita granulada aplicadas no solo. Ipameri, GO, safra 2007/2008.



**Figura 5** - Relação entre número de capulhos por planta com a produtividade de algodão em caroço e com o teor foliar de Mg. Ipameri, GO, safra 2007/2008.