

ESTUDOS SOBRE O APROVEITAMENTO DE NOVOS
FERTILIZANTES PORTADORES DE CÁLCIO E ENXOFRE

LIEM TJIAN HING

Orientador: Prof. Dr. **Euripedes Malavolta**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de
São Paulo, para obtenção do Título de Mestre em
Solos e Nutrição de Plantas

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1980

Aos meus pais,

Tom e Erna

À minha querida esposa,

Kitty;

Aos meus filhos,

Johnny e Hwie e

ã Yolanda;

às minhas netas,

Patrícia, Jessica e Assuncion

D E D I C O

"Dos céus tu envias chuvas para os montes,
e a terra fica cheia das tuas bênçãos.
Fazes crescer capim para o gado,
e verdura e cereais para uso do homem,
e assim ele tira da terra o seu alimento".

Salmo 104: 13 e 14.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. *E. MALAVOLTA*, Professor Catedrático do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP., pela orientação na execução deste trabalho.

Aos colegas do Departamento de Química Analítica do CENA pelas análises executadas.

À Ultrafertil pelo apoio dado na realização deste trabalho, em especial aos colegas da DIATEC pelo incentivo dado e aos colegas da LQA pelas análises executadas.

Aos colegas e amigos que direta e indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO.	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.	5
2.1. Deficiência de cálcio, adição e resposta no Brasil	5
2.1.1. Causa da deficiência	5
2.1.2. Adição de cálcio	7
2.1.3. Resposta à adição do cálcio	8
2.2. Deficiência de enxofre, adição e resposta no Brasil	10
2.2.1. Causa da deficiência	10
2.2.2. Adição de enxofre	12
2.2.3. Resposta à adição do enxofre	17
2.3. Balanço de cálcio e enxofre no Brasil	18
2.3.1. Adições e perdas de cálcio	18
2.3.2. Adições e perdas de enxofre	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Descrições de GESSO, SNCa e DAPSCa, obtenção e características químicas.	25
3.2. Experimentos.	29
3.2.1. Em vasos	29
3.2.1.1. Avaliação agronômica do SNCa na cultura de algodão.	29
3.2.1.2. Aproveitamento de SNCa e DAPSCa na cultura de feijoeiro e sor go	32

	.v.
3.2.2. No campo	36
3.2.2.1. Avaliação de adubos contendo SNCa na cultura de batata	36
3.2.2.2. Efeito de doses de gesso na cul- tura do feijoeiro (<i>Phaseolus</i> <i>vulgaris</i> L.)	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1. Características do GESSO, SNCa e DAPSCa compa- rando com outros adubos.	44
4.1.1. Gesso	44
4.1.2. SNCa	45
4.1.3. DAPSCa	47
4.2. Experimentos em vasos	48
4.2.1. Avaliação agrônômica do SNCa na cultura de algodão	48
4.2.2. Aproveitamento de SNCa e DAPSCa na cultu- ra de feijoeiro e sorgo.	52
4.3. Experimentos no campo	62
4.3.1. Avaliação de adubo contendo SNCa na cul- tura da batata.	62
4.3.2. Efeito de doses de gesso na cultura de feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	63
5. CONCLUSÃO	67
6. RESUMO.	68
7. SUMMARY.	71
8. LITERATURA CITADA.	74
APÊNDICE.	81

1. INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros, por sua acidez generalizada são quase sempre pobres em cálcio quando comparados com os das regiões de clima temperado. Em São Paulo cerca de 80% dos solos possuem teores considerados baixos e médios desse elemento e de magnésio (GARGANTINI *et alii*, 1970).

As determinações de enxofre total e de sulfatos solúveis feitas por MALAVOLTA (1951), revelaram muitas vezes teores tidos como baixos em outros pontos do mundo, chamando a atenção para a necessidade de se usar o elemento em questão na adubação das culturas mais exigentes. P. Vagler, (comunicação particular a MALAVOLTA, 1951) levantou a hipótese de que muitas das respostas atribuídas ao fósforo do superfosfato simples seriam devidas na verdade ao enxofre do gesso nele contido.

As necessidades de Ca para o desenvolvimento do sistema radicular e, principalmente, para o crescimento inicial da planta e para a absorção iônica devem explicar, pelo menos em parte, resultados desfavoráveis da aplicação de fórmulas preparadas com adubos que não contêm esse nutriente. Sintomas típicos de deficiência de Ca tem sido frequentemente observados no tomateiro (podridão estilar ou "fundo preto") (veja-se MALAVOLTA *et alii*, 1975); foram descritas recentemente no cafeeiro. A ocorrência deverá ser mais frequente nos solos ácidos de cerrado.

Sintomas de carência de enxofre e respostas à adição do mesmo têm sido observados nas seguintes culturas principalmente: algodoeiro, cafeeiro, cereais diversos, hortaliças, feijão e pastagens (gramíneas e leguminosas) conforme se pode ler em MALAVOLTA *et alii* (1974). Embora não sejam ainda muito frequentes é de se esperar que isso ocorra à medida que aumenta o consumo unitário de adubos sem enxofre o que, aumentando a produção, determina uma perda mais rápida das reservas de enxofre nos solos adubados (e a de outros elementos também, inclusive o cálcio).

São fontes tradicionais de cálcio para a planta: os superfosfatos, as escórias de desfosforação do ferro e os calcários.

São fontes tradicionais de enxofre: o sulfato de amônio, o sulfonitrato de amônio, o superfosfato simples, o enxofre elementar e o gesso; no super simples o enxofre aparece como gesso, como é sabido, além de ácido sulfúrico residual.

Que o gesso funciona como fornecedor de enxofre é abundantemente demonstrado na literatura, inclusive em trabalhos conduzidos no Brasil: *MASCARENHAS et alii* (1967) verificaram-no com relação à soja; *FREITAS et alii* (1972-a) demonstraram-no com respeito à soja e ao milho; *FREITAS et alii* (1972-b) verificaram-no no caso do cafeeiro.

O adubo fosfatado cujo consumo mais cresce no mundo é o fosfato diamônico (DAP) que não contém nem Ca e nem S. O sulfato de amônio por sua vez, vai cedendo lugar para a uréia, nitrato de amônio e amônia (anidra ou na solução). No Brasil a tendência é a mesma no sentido do uso crescente de DAP, supertriplo (que não tem S), nitrato de amônio e uréia, por força de indústria instalada (ou em instalação) e das importações. Concluimos que, se continuar a situação, as fórmulas empregadas não terão S e muitas delas não possuirão nem Ca e nem S.

No processo de fabricação do DAP (e do fosfato monoamônico MAP, que agora se inicia), a rocha fosfatada é

atacada com ácido sulfúrico (preparado a partir do enxofre importado) do que resulta ácido fosfórico e gesso; o primeiro é neutralizado com amônia e o segundo é um resíduo não aproveitado. Quer dizer então, que o resíduo não aproveitado contém Ca e S - os dois elementos que ficam faltando no DAP e na mistura em que for incorporado.

Evidencia-se pois o interesse em se utilizar de modo econômico o gesso, que é subproduto da fabricação do DAP e do MAP.

Entre as possíveis alternativas duas mostram-se promissoras: a) granulação do gesso com o nitrato de amônio dando o sulfonitrato de cálcio (SNCa); b) granulação do DAP com gesso dando o DAPSCa.

O objetivo do trabalho é estudar o comportamento do SNCa e do DAPSCa como fontes de S e Ca para as plantas cultivadas - sendo produtos há pouco preparados por indústria brasileira (sendo patenteados) nada existe sobre os mesmos na literatura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Deficiência de Ca, adição e resposta no Brasil.

2.1.1. Causa de deficiência

Devido ao alto grau de intemperização, os solos tropicais apresentam geralmente baixa capacidade de troca de cátions. Esta capacidade está, em sua maior parte, ocupada pelos íons H^+ e Al^{3+} trocáveis, conferindo a estes solos características de baixo índice de pH, alta saturação de Al e baixos teores de Ca e Mg.

Os solos brasileiros mostram teores de Ca variando de 0,18 a 22,10 emg/100 g de solo (MALAVOLTA, 1967); análises de terra revelam que 89% de solos do cerrado contém menos de 1,0 emg/100 g (MALAVOLTA *et alii*, 1979a): um nível considerado inadequado para as exigências das culturas. O Instituto Agronômico de Campinas considera teores de 2 emg/100 g de solo, ou menos, como inadequados para as culturas nos solos arenosos, pobres em matéria orgânica, e 3 emg para

os demais solos. GALRÃO & LOPEZ, 1979, julgaram o teor de 1,5 emg de Ca trocável/100 ml de solo como nível crítico nos solos sob a vegetação de cerrado, enquanto Hardy sugeriu 4 emg/100 g de solo, como nível baixo para a Costa Rica (MALAVOLTA *et alii*, 1979 a).

No Brasil, ocorrências de deficiências de Ca foram relatadas e observadas com mais frequência, atribuídas aos seguintes fatores (MALAVOLTA *et alii*, 1979 a):

- a) a reserva de Ca em algumas regiões é esgotada pela extração de nutrientes com as colheitas, erosão e lixiviação;
- b) o uso cada vez maior de fertilizantes não contendo Ca, como fosfatos de amônio;
- c) a expansão da fronteira agrícola, ocupando áreas de solos com acidez elevada e baixo teor de Ca, como as de solos de cerrado;
- d) o uso de adubos concentrados contendo N, P e K, criando um desequilíbrio relativo com o Ca no solo;
- e) o uso inadequado do calcário em relação ao aumento do uso de adubos minerais.

Um outro aspecto muito importante, que pode

agravar os problemas com o Canó Pais, é o uso de adubos acidificantes como a uréia e sulfato de amônio.

2.1.2. Adição do Ca

Nas condições normais de solo em nosso meio, não se deve esperar boas colheitas, a não ser que seja corrida a acidez do solo e, ao mesmo tempo elevado o teor de Ca até níveis adequados. MALAVOLTA (1978) fez um balanço entre oferta, necessidade e demanda do Ca no País, no ano de 1980, mostrando um deficit de aproximadamente 400.000 t de CaO. A oferta em 1980 foi estimada em 638.000 t, a necessidade em 1000.000 t, enquanto a demanda é da mesma ordem que a oferta. O deficit pode ser satisfeito pelo emprego de adubos contendo Ca e calcário. Os principais adubos portadores de Ca são apresentados no Quadro 3. Com a aplicação de calcário objetiva-se duas finalidades: fornecer os nutrientes Ca e Mg, e corrigir a acidez do solo.

Na prática recomenda-se o uso de calcário dolomítico contendo (25-30% de CaO e 13-20% MgO) ou calcário magnesiano (31-39% CaO e 6-12% MgO).

A prática da calagem apresenta ainda, entre outros, os seguintes benefícios:

- . reduzir a toxidez de Al, Fe e Mn;

- . aumentar a disponibilidade de nutrientes presentes no solo, bem como os aplicados através de adubos;
- . aumentar a disponibilidade de molibdênio;
- . acelerar a mineralização da matéria orgânica e assim liberar os nutrientes a ela ligados.

Sugere-se aplicações de Ca até um nível de 10 ou mais vezes os de K uma vez que a planta não é capaz de absorver o Ca tão eficientemente como no caso do K. Análises químicas de plantas revelam teores menores do Ca que os de K. Para produzir 1.000 kg de feijão/ha são absorvidos 54 e 93 kg de Ca e de K respectivamente e, para produzir 5.000 kg de milho/ha, 26 kg de Ca e 175 kg de K. (MALAVOLTA s.d. a e b).

2.1.3. Respostas à adição de Ca

Foi discutido no item anterior, que a planta não é capaz de absorver o Ca eficientemente. Esse fenômeno pode ser atribuído ao fato de que, este elemento não é redistribuído para as partes novas, uma vez que é localizado nas folhas. O Ca é pouco móvel no floema. A maior parte deste elemento é transportado pelo xilema.

As consequências da imobilidade do Ca no floema podem ser demonstradas pelo aparecimento de sintomas de de

ficiências nas partes mais novas da planta. A podridão estilar do tomate, o "bitter pit" nas frutas de maçã e as vagens pouco desenvolvidas do amendoim, são causadas pela falta do Ca nestas partes das plantas.

MALAVOLTA et alii (1975) verificaram um nível crítico de 4 emg de Ca/100 g de solo para a cultura do tomate, sendo que acima deste nível não se espera a incidência desta doença. *DECHEM et alii* (1973) mostraram o aparecimento de podridão estilar quando o teor do Ca na solução nutritiva era menor que 200 ppm; nos frutos com teores acima de 0,15% não houve manifestação desses sintomas. *DUARTE* (1980) conseguiu aumento de produção total de frutos comerciáveis de até 12%, ou seja, 4,7 t/ha, com uma aplicação de 420 kg de CaO/ha, na forma de gesso.

O aparecimento do "bitter pit" nas frutas de maçã pode ser evitado pela pulverização, diretamente nas frutas, de adubos contendo Ca, como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e CaCl_2 pouco antes da colheita. O Ca, localizado nas folhas não é mobilizado pelo floema para os frutos.

Na cultura do amendoim, a imobilidade do Ca no floema causa uma falta deste elemento nos ginóforos, prejudicando o desenvolvimento e, conseqüentemente a produtividade das vagens. Uma prática bastante adotada nesta cultura é a

aplicação do Ca na época de florescimento, para o fornecimento aos ginóforos. Trabalhando com amendoim *FERREIRA et alii* (1979) mostraram respostas positivas de até 37% com a adição de 140 kg de CaO/ha na forma de gesso.

2.2. Deficiência de S, adição e resposta no Brasil

2.2.1. Causa da deficiência

Em estudos feitos no Brasil por *Mohr*, citado por *MALAVOLTA*, (1951), verificou-se que no Rio Grande do Sul o S total variou de 35 para 390 mg de SO_4 por 100 g de solo. No Estado de São Paulo os teores de S solúvel variam de 0,15 (como S) para 0,50 emg/100 g, enquanto que o total (sulfato + orgânico) variam de 0,07 a 0,096% (*MALAVOLTA*, 1951).

GALRÃO e LOPES, (1979) verificaram nos solos de cerrados teores de S variando de 0,04 até 6,81 emg de SO_4 ; entretanto 96% das amostras contêm teores abaixo do nível crítico (1,5 emg).

Com estes baixos teores de S no solo é de se esperar o aparecimento de sintomas de deficiências do elemento. O uso de adubos portadores de S como SS, SA, K_2SO_4 , mascarou as carências deste elemento no País.

Vale mencionar que nos Estados Unidos da América do Norte a ocorrência de deficiências de S em 13 estados no

ano de 1960, se elevou para 31 estados em 1973. (AMEN e DIXON, 1979).

No Brasil, onde *Mc CLUNG et alii* (1959) verificaram casos típicos de deficiências de S, a situação tende a se agravar nos próximos anos devido:

- ao uso cada vez maior de adubos concentrados não contendo S, ou com quantidades desprezíveis, como MAP, DAP, Uréia, NA e ST;
- . as maiores produções por unidade de área, que extraem maiores quantidades de nutrientes, inclusive o S;
- . o maior consumo de combustível com baixo teor de S;
- . o menor uso de defensivos contendo S;
- . o menor uso de matéria orgânica na lavoura, inclusive do esterco;
- . a ocupação de áreas ácidas e pobres em matéria orgânica, e de solos arenosos, para as culturas.

No País, a fronteira agrícola deverá estender-se nas regiões de campo cerrado, que são muito deficientes em S. Postula-se que os teores extremamente baixos sejam atribuídos às repetidas queimas das áreas, que resultam em perda de 75% do S por volatilização (*McCLUNG e FREITAS, 1950*).

A respeito do S não existe levantamento no Brasil indicando as áreas onde a deficiência deste elemento poderia ser esperada. Na prática a recomendação do uso deste elemento se baseia na necessidade para a maioria das culturas, que é aproximadamente de um quinto daquela de nitrogênio. (BIXBY e BEATON, 1970 e MALAVOLTA s.d.c). Até 10-20 anos atrás o problema foi ignorado, porque as deficiências foram mascaradas pelo uso do superfosfato simples e sulfato de amônio, dois adubos contendo S, frequentemente usados nas culturas.

A participação de SS e SA (dois adubos contendo S) no mercado Brasileiro de fertilizantes mostram tendência de redução a cada ano como se vê no Quadro 1, (CEFER/IPT, 1979), mostrado na página seguinte.

A produção nacional dos dois produtos tende a diminuir como mostra o Quadro 2, (CEFER/IPT, 1979), mostrado nas páginas seguintes.

2.2.2. Adição de S

MALAVOLTA (1978) estimou a necessidade, oferta e deficit de S da ordem respectivamente de 600.000 t, 185.000 t e 415.000 t, no ano de 1980. Esse deficit poderá ser coberto pelo S contido no gesso, subproduto da fabricação de superfosfato triplo e fosfatos de amônio. Assim, o gesso não in

Quadro 1. Participação relativa de SS e SA no mercado de fertilizantes (em %).

	A n o			
	1960	1965	1970	1977
Fosfatos				
SS	58,7	71,7	32,6	27,3
ST	<u>39,0</u>	<u>26,4</u>	<u>24,3</u>	<u>37,2</u>
Total	97,7	98,1	56,9	64,5
Nitrogenados				
SA	52,2	64,4	52,3	23,5
NA	<u>24,0</u>	<u>17,1</u>	<u>3,7</u>	<u>30,3</u>
Total	76,2	81,5	56,0	53,8

Fonte: Instituto Brasileiro Mercado de Capitais, 1973., ANDA, 1978.

Quadro 2. Participação de SS e SA na produção de fertilizantes (em %).

	A n o			
	1960	1965	1970	1977
Fosfatos.				
SS	46,5	73,7	69,3	44,3
SE	-	-	-	<u>12,6</u>
Total	46,5	73,7	69,3	56,9
Nitrogenados				
SA	9,6	16,8	6,7	2,5
NA	<u>90,4</u>	<u>83,2</u>	<u>50,6</u>	<u>52,7</u>
Total	100,0	100,0	57,3	55,2

Fonte: *Sindicato de Indústria de Adubos e Corretivos do Estado de São Paulo.*

corporado nesses adubos "concentrados", constituirá em volume de cerca de 7 milhões de toneladas anuais, o que corresponde a 1,3 milhões de toneladas de S, que finalmente equivale a 3 vezes o deficit das necessidades brasileiras. Convém também ressaltar que o S importado e contido nesse gesso custará ao País cerca de 80 milhões de dólares anuais.

O gesso já era usado pelos Gregos e Romanos. Na Suíça, Reverendo A. Meyer obteve respostas positivas com gesso em experimentos no ano de 1768 e, desse ano em diante o uso de gesso em certas culturas foi se expandindo aos outros países Europeus. Nos Estados Unidos da América do Norte, muitos anos depois, Benjamin Franklin, demonstrou o valor do S como nutriente numa cultura de pastagem, escrevendo com gesso na encosta de uma colina, a frase: "*This land has been plastered*". O maior crescimento de pastagem que recebeu o gesso, serviu para demonstrar a sua eficiência como adubo. No Brasil este gesso não foi usado em grande escala, provavelmente em virtude de desconhecimento do valor agrônômico deste produto.

Os principais adubos contendo S usados na agricultura são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Principais adubos fornecedores de Ca e S no Brasil

Adubo	Porcentagens de	
	CaO	S
Sulfato de amônio (SA)	-	24
Sulfonitrato de amônio (SNA)	-	15
Nitro cálcio (NC)	7	-
Superfosfato simples (SS)	25-28	12
Superfosfato trinta (S30)	28	8
Superfosfato triplo (ST)	14-16	1,2
Fosfato bicálcio	30-32	-
Termofosfato	28	-
Escória de Thomas	20-23	-
Farinhas de ossos	30-37	-
Fosforita (norte da África, Hiperfosfato)	40-42	-
Fosforita, Flórida	42-45	-
Fosforita, Olinda	42-45	-
Apatita, Jacupiranga	45	-
Apatita, Araxá	42-45	-
Sulfato de potássio K_2SO_4	-	17
Sulfato de potássio e magnésio $K_2Mg(SO_4)_2$	-	22
Enxofre elementos	-	80-99
Gesso	26	15

2.2.3. Respostas à adição de S

O sulfato absorvido pelas plantas é translocado na direção ascendente, e a capacidade para transporte descendente é relativamente pequena. O S das folhas, porém, não contribui para o fornecimento deste elemento para as partes mais novas (MENGEL & KIRBY, 1978). É por causa disto que os primeiros sintomas de deficiências aparecem nas partes novas da planta, com paralização das pontas de crescimento e clorose das folhas mais novas. Tais sintomas foram observados pelo autor na cultura de arroz irrigado em várzea do Baixo Amazonas; as plantas param seu crescimento e as folhas novas começam a amarelecer. Verificou-se que o arroz respondeu à adição do S na forma de gesso; recomendou-se a complementação das fórmulas N, P, K com 10 a 25 kg de S/ha (WANG *et alii*, 1976 a,b).

Na cultura do cafeeiro no solo de cerrados de São Paulo, uma dose de cerca de 30 kg de S/ha dobrou a colheita (FREITAS *et alii*, 1972b).

Dados do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa mostraram a influência do enxofre do gesso, na nodulação de algumas leguminosas forrageiras na seguinte ordem: siratro > centrosema > galãctia = soja perene (RELATÓRIO Nº 1, 1977).

Trabalhos no IAC mostraram o efeito do S aplica

do sob a forma de gesso e superfosfato simples na produção de soja. O superfosfato triplo produziu 1.306 kg/ha, o superfosfato triplo + gesso, 1.789 kg/ha e o superfosfato simples 1.685 kg/ha (MASCARENHAS *et alii*, 1977).

A importância do S na cultura do feijoeiro foi relatado pelo IAC em solos de cerrado de São Paulo. Os tratamentos N, P, K + gesso produziram 255 e 322 kg/ha respectivamente 13 4 58%, acima dos tratamentos N,P,K (MASCARENHAS *et alii*, 1976).

Na cultura de cenoura, CASTELLANE (1980) conseguiu aumento de produção totais em torno de 12 t/ha com a aplicação de 30 kg de S/ha.

Mc CLUNG & QUINN (1959) mostraram produções máximas de cultura de grama batatais com aplicações de 20-40 kg/ha de S. Mc CLUNG & FREITAS (1950) verificaram que a adição de 20 kg de S/ha sob a forma de gesso resultou em uma produção máxima de matéria seca de milho.

2.3. Balanço do cálcio e enxofre no Brasil

2.3.1. Adições e perdas de Ca

As quantidades de cálcio que são liberadas através de processo de mineralização não são disponíveis no momento, assim como a fração adicionada como aerosol vindo do mar.

Do ponto de vista agrícola a adição mais importante deste elemento é decorrente da aplicação de adubos contendo cálcio, e de corretivos para neutralizar a acidez do solo.

O cálculo da adição do Ca se baseia no consumo aparente dos adubos (produção nacional + importação) apresentado na Tabela 1, para área colhida estimada em 44.000.000 ha em 1977. (Fonte Sistema Nacional de Planejamento Agrícola; número aproximado). Pelos cálculos, estima-se a adição com a aplicação de adubo, em 15,4 kg de CaO/ha.

Calcula-se que o consumo de calcário no Brasil em 1977. foi ao redor de 6.000.000 t (MALAVOLTA, 1979), isto quer dizer que cada ha colhido recebeu 136 kg ou 40,9 kg de CaO/ha.

As perdas de Ca foram calculadas pela exportação, com as colheitas, erosão e lavagem.

A Tabela 2 mostra as áreas de 18 culturas mais importantes, as produções de cada cultura, como também as quantidades de CaO exportadas, calculadas na ordem de 4,1 kg/ha.

Os cálculos de perdas por erosão e lixiviação na área cultivada foram baseados nos dados obtidos da Seção de Conservação de Solo do Instituto Agrônomo de Campinas,

apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Perdas de terra, matéria orgânica e alguns nutrientes do Estado de São Paulo.

Material	Quantidade
Terra	130 milhões de t;
Matéria orgânica	1 milhão de t;
N total	5.300 t;
P ₂ O ₅	10.500 t;
CaO	79.000 t;
MgO	9.000 t;
K ₂ O	4.600 t.

As perdas para o Brasil foram estimadas em 7 a 8 vezes superior (F. LOMBARDI NETO, Comunicação pessoal) ou seja:

Terra	1.000 milhões de t;
Matéria orgânica	7,5 milhões de t;
N total	40.000 t;
P ₂ O ₅	80.000 t;
CaO	630.000 t;
MgO	70.000 t;
K ₂ O	35.000 t.

A perda por lixiviação de CaO/ha será $630.000:44.000.000 = 0,0143 \text{ t} = 14,3 \text{ kg}$ (área colhida 44.000.000 ha).

Com a remoção de terra pode-se obter a perda de nutrientes. A terra erodida no País foi estimada em 1.000 milhões de t, ou seja, $1.000.000.000:44.000.000 = 22,7 \text{ t/ha}$. Supondo que a terra contenha 1 emg de $\text{Ca}^{2+}/100 \text{ g}$ ou 560 kg de CaO/ha, a perda por ha será: $22,7 \times \frac{560}{2.000} = 6,4 \text{ kg/ha}$. (1 ha = 2.000 t de terra).

O balanço de Ca no solo pode ser resumido no Quadro 5 mostrado a seguir.

Quadro 5. Balanço de Ca no solo

A d i ç ã o		P e r d a	
adubos	15,4 kg/ha	colheita	4,1 kg/ha
corretivos	40,9 kg/ha	lavagem	14,3 kg/ha
		erosão	6,4 kg/ha
total	56,3 kg/ha		24,8 kg/ha

Analisando o balanço do cálcio no solo dado no Quadro 5, observa-se que a adição do mesmo é superior à sua perda, nas condições de solos brasileiros.

2.3.2. Adições e perdas de S

Conforme Tabela 1, a adição de S no País através de fertilizantes foi de 417.462 t, ou seja, 9,5 kg/ha.

Uma outra fonte importante de S é o SO_2 do ar que vem do mar e da queima dos combustíveis (carvão, madeira e óleo). O SO_2 pode ser absorvido diretamente pelas plantas (Thomas e Hendricks (1974), Fried (1948), mencionados por JORDAN e ENSMINGER (1958), ou dissolvidos na água de chuvas e, nesta forma penetra no solo. Na área do Baixo Amazonas, (Estado do Pará) calcula-se a quantidade de 2,5 kg de S/ha contribuída pela água de chuva (WANG et alii, 1976 a); no Planalto Central (Goiás) 5 kg/ha e perto de São Paulo 20 kg/ha (MALVOLTA, nota 25 da tradução Nutrição Mineral de Plantas, 1975). Na base destes dados estima-se a contribuição de S pela água de chuva na ordem de 5 kg de S/ha, atribuída ao SO_2 produzido na queima de restos de culturas e, as árvores depois de uma derrubada.

Esta adição não pode ser considerada como um ganho, pois este elemento faz parte de um ciclo, saindo da terra como S-SO_4^{2-} e S-orgânico, sofrendo algumas transformações dentro da planta, formando S-orgânico e depois pela queima da matéria orgânica tornando-se SO_2 , sendo trazido de volta para a terra por intermédio da água de chuva.

A contribuição do S pelos defensivos tem se tornado cada vez menor pelo fato de que no País são empregados cada vez mais produtos químicos isentos deste elemento. Dados de importação e produção nacional mostram as quantidades destes produtos disponíveis à agricultura no País de 78.357 t, ou seja, 1,8 kg/ha. Supondo, que os defensivos contêm em média de 20% de S, a contribuição deste elemento será aproximadamente 0,4 kg/ha, portanto desprezível.

As perdas deste elemento constituem-se na exportação pela colheita, erosão e lavagem.

Segundo os dados da Tabela 2, a colheita leva consigo 149.414.681 kg de S no País, ou seja, 3,4 kg/ha. As quantidades deste elemento perdidas por lavagem não são disponíveis para este trabalho, porém vale citar que a calagem e a adubação fosfatada aceleram a lavagem de S (VITTI, 1979).

As quantidades de perdas atribuídas pela erosão podem ser calculadas a partir da quantidade da terra erodida e o teor de S que a contém.

Estima-se a perda de terra por erosão em 1.000 milhões de t e supondo que esta terra contenha 0,03% de S, calcula-se a perda por ha de 6,1 kg. A perda atribuída pela perda de matéria foi calculada em 0,013 kg/ha. A quantidade

de perda de matéria orgânica é estimada em 7,5 milhões de t, com um teor suposto de 78,5 ppm de S (McCLUNG *et alii*, 1959).

Os ganhos e as perdas deste elemento no solo podem ser resumidos no Quadro 6, mostrado logo abaixo.

Quadro 6. Balanço de S no solo

A d i ç ã o		P e r d a	
Aubos	9,5 kg/ha	colheita	3,4 kg/ha
defensivos	0,4 kg/ha	erosão	6,1 kg/ha

Pode-se notar neste balanço que a perda de S está equilibrada com a adição deste elemento muito embora não se considerando as perdas do mesmo por lixiviação, a qual se gundo Lyon & Bizzel, citados por JORDAN & ENSMINGER (1958) é de 3 a 6 vezes o removido pelas colheitas.

Com a expansão da indústria de fertilizantes no País em geral e a de fosfatos solubilizados particularmente, aumenta também a necessidade de ácido fosfórico.

ZYLBERSZTAJN (1979) fez uma projeção da produção da mesma, como se vê no Quadro 7.

Quadro 7. Produção Nacional de ácido fosfórico de 1977 - 1981.

Ano	Produção P_2O_5 (em t)
1977	181.218
1978	188.047
1979	212.500
1980	405.958
1981	667.000

(Fonte: *Perfil Técnico Econômico do Setor de Fertilizantes, 1979 (CEFER/IPT)*).

Com um fator de conversão de 4,5 t de fosfogesso por tonelada de P_2O_5 produzido, estima-se a seguinte produção nacional deste produto conforme Quadro 8 mostrado na página seguinte.

Quadro 8. Produção de fosfogesso de 1977 - 1981.

Ano	Produção de fosfogesso
1977	815.481
1978	846.211
1979	956.250
1980	1.826.811
1981	3.001.500

(Fonte: *Perfil Técnico Econômico do Setor de Fertilizantes, 1979* CEFER/IPT).

A disponibilidade de tamanhas quantidades de gesso trará 3 tipos de problemas, os quais tenderão a se agravar com o aumento da produção de ácido fosfórico:

- Como acumular este subproduto obedecendo as regulamentações de controle anti-poluição ao mesmo tempo.
- Locais para estocagem do gesso, que ocupam uma área entre 0,2 e 0,5 ha, seja na forma de lagoas de decantação, seja através de montes área essa correspondente à produção de 1,0 t/dia de P_2O_5 (KREMF, 1975).
- Qual a forma de promover a reciclagem dos elementos Ca e S contidos no mesmo, para uso agrícola ou para outras formas de utilização.

O gesso se apresenta na forma de pó branco, contendo 26% de CaO e 15% de S. Quando aplicado ao solo não promove mudanças no pH no mesmo. É de baixa solubilidade (lenta_{mente} solúvel) em água, porém é mais solúvel do que o calcário.

O gesso proveniente de lagoa de gesso se apresenta com aspecto pastoso. Apesar de friável apresenta problemas de aplicação com equipamentos utilizados na aplicação de calcário. Na prática após o secamento ao sol durante 2 ou 3 dias, o produto adquire boas condições de fluidez nos aplicadores, tornando-se mais fácil sua utilização.

3.1.2. SNCa

O sulfonitro cálcio (SNCa) é obtido pela adição de gesso ao nitrato de amônio a 170°C, na proporção 3:7. A mistura passa pelo granulador, sendo depois resfriada. O produto obtido apresenta um aspecto de grãos irregulares, de cor cinza claro. É solúvel em água e possui 27% N, 8% CaO e 4% S.

3.1.3 DAPSCa

O DAPSCa é produzido a partir da mistura de "borra" de DAP com gesso. Na fabricação do DAP neutraliza-se o ácido fosfórico com amônia, formando DAP e uma lama grossa

(slurry) causada pelas impurezas contidas no ácido fosfórico. Essa lama é bombeada e espalhada num tanque (que serve como misturador, granulador e secador) misturada novamente com amônia e posteriormente com o gesso formando-se uma mistura do DAP com o gesso.

O DAPSCa apresenta-se na forma de grãos mais ou menos esféricos, com superfície externa irregular e de cor cinza.

É solúvel em água, porém tende a manter o formato dos grânulos mesmo em contato direto com a água. Neste caso desfaz-se facilmente quando levemente tocado.

Apresenta boas propriedades físicas o que facilita o seu emprego em misturas com outros elementos simples. O DAPSCa contém 7% N, 18% P_2O_5 , 18% CaO e 10% S.

3.2. Experimentos

3.2.1. Em vasos

3.2.1.1. Avaliação agronômica do SNCa na cultura do algodão

O presente trabalho foi realizado em vasos em casa de vegetação no CENA, Piracicaba. Utilizou-se solo coletado em Araçatuba, classificado como Latosol Vermelho Escuro fase arenosa (LEa) (COMISSÃO DE SOLOS, 1960).

As análises do mesmo, realizado nos Laboratórios de Química Agrícola da Ultrafertil, mostraram as características químicas apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9. Características químicas do solo

pH	Carbono %	emg/100 ml TFSA					
		PO_4^{3-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H^+
5,3	1,6	0,1	0,23	3,0	1,2	0,0	2,60

Observações:

Métodos empregados na análise:

- pH - em KCl 1,0 N;
- M.O. - bicromato;
- P e K - ácido sulfúrico 0,05 N;
- Ca, Mg, Al - KCl 1,0 N;
- H - acetato de Ca 1,0 N, relação 1:20

A adubação empregada neste ensaio consistiu em: 400 kg de N, 400 kg de P_2O_5 , 300 kg de K_2O , 500 kg de CaO/ha. As quantidades de S usadas vieram de adubos que o contém.

No Quadro 10 mostrado na página seguinte, são dados os tratamentos usados neste ensaio.

Quadro 10. Tratamento no ensaio de algodão

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	S	N/S
Sem S	400	400	300	500		
(NH ₄) ₂ SO ₄	400	400	300	500	480	1:1
SS	400	400	300	500	240	2:1
SNCa	400	400	300	500	65	6:1

Observações:

Foram empregados NA, ST, CaCO₃ e KCl para completar os tratamentos desejados.

Utilizou-se para este ensaio sementes de algodão cultivar IAC 17.

O ensaio foi conduzido em vasos, pintados internamente com neutrol. A terra depois de seca ao ar e peneirada (com peneira de 2 mm), foi colocada nos vasos (15 kg cada vaso) misturada com as quantidades de CaCO₃ para corrigir a acidez, conforme o método de *Catani e Gallo (MALAVOLTA, 1967)* e deixada molhada até capacidade de campo por duas semanas. No plantio misturou-se um terço de N e os demais adubos (micro - e macronutrientes) com uma camada de terra até 10 cm de profundidade, colocando-se 3 sementes aos 3 cm abaixo da superfície.

Depois de 2 semanas foi feito o desbaste deixando 1 plantinha em cada vaso. O resto de N foi aplicado em cobertura aos 35 dias após a germinação. Os vasos foram mantidos úmidos.

Utilizou-se neste ensaio um delineamento experimental em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 4 repetições.

3.2.1.2. Aproveitamento de SNCa e DAPSCa na cultura de feijoeiro e sorgo

O presente trabalho tem por objetivo verificar o aproveitamento do Ca e S contido no sulfonitrocálcio e fosfato diamônico enriquecido com S e Ca.

O experimento foi realizado em vasos, em casa de vegetação no CENA em Piracicaba. Utilizou-se solos coletados em região de Iracemápolis e Tupi classificados como Latossol Vermelho Escuro Orto (LE) e Podzólico Vermelho Amarela variação Laras (PVls). (COMISSÃO DE SOLOS, 1960).

As análises dos mesmos, realizadas no Laboratório de Química Agrícola da Ultrafertil revelaram as características químicas que são apresentados no Quadro 11, mostrado na página seguinte.

Quadro 11. Características químicas do solo

Solo	pH	Carbono	emg/100 ml TFSA					
			PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
LE	4,9	2,20	0,03	0,23	1,00	0,40	1,50	9,00
PVls	5,5	1,40	0,06	0,37	2,90	1,00	0,00	2,60

Observação:

Métodos empregados na análise:

pH - em água na relação 1:2,5
M.O - bicromato;
P e K - ácido sulfúrico 0,05 N;
Ca, Mg e Al - KCl 1,0 N;
H - acetato de Ca 1N, relação 1:20.

Seguindo-se o método de *Catani e Gallo* (*MALAVOLTA, 1967*) para se elevar o pH de solos até pH 6,5, utilizando-se o CaCO₃ como corretivo.

Os adubos empregados neste experimento são dados no Quadro 12. mostrado na página seguinte.

Quadro 12. Adubos usados e sua composição

Adubo	Composição
SA (sulfato de amônio)	: 20,5% N, 24% S;
NA (nitrato de amônio)	: 34% N;
U (uréia)	: 45% N;
MAP (fosfato monoamônico)	: 11% N; 48% P ₂ O ₅ ;
DAP (fosfato diamônico)	: 18% N, 45% P ₂ O ₅ ;
SS (superfosfato simples)	: 17% P ₂ O ₅ , 26% CaO, 12% S;
SNCa (sulfonitrocálcio)	: 27% N, 8% CaO, 4% S;
DAPSCa (fosfato diamônico + Ca+S)	: 7% N, 18% P ₂ O ₅ , 13% CaO, 7,5% S;
KCl (cloreto de potássio)	: 60% K ₂ O;
G (gesso)	: 26% CaO, 15% S.

A proporção do N, P, K aplicado foi de 200 ppm para cada elemento. Utilizou-se Na₂HPO₄ para completar a quantidade de P, e uréia para completar a quantidade de N. Além dos macronutrientes mencionados acima foram aplicados também 25 ppm de Mg como MgCl₂.6H₂O e os micronutrientes B (borax 25 kg/ha), Cu (CuCl₂.2H₂O 10 kg/ha), Fe (FeCl₃.6H₂O 50 kg/ha), Mn (MnCl₂.4H₂O 25 kg/ha), Mo (Ácido molibdico 0,1 kg/ha) e Zn (ZnCl₂ 25 kg/ha).

Utilizou-se no presente experimento 2 culturas: feijoeiro (cultivar Goiano Precoce) e sorgo (cultivar TEY 101).

O presente ensaio foi conduzido em vasos, pintados internamente com neutrol.

A terra depois de seca ao ar e peneirada (com peneira de 2 mm) foi colocada nos vasos (10 kg cada vaso), misturada com as quantidades de CaCO_3 previamente determinadas para corrigir a acidez, e deixada molhada até capacidade de campo por duas semanas. Um terço de N e os demais adubos (macro e micronutrientes) foram bem misturados com a terra até 10 cm de profundidade; as sementes (5 sementes de sorgo e 8 de feijão) foram enterradas a 3 cm. Após 2 semanas foi feito o desbaste, deixando-se 2 plantinhas de sorgo e 3 de feijão por vaso. O restante de N foi aplicado em cobertura, aos 35 dias após a germinação. Os vasos foram mantidos úmidos.

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos ao acaso com nove tratamentos e três repetições.

As composições químicas de adubos utilizados no experimento com sorgo e feijão, são dados na Tabela 3 e as composições de adubos e composições químicas dos tratamentos na obtenção de 200 ppm N, P e K são apresentados na Tabela 4.

3.2.2. No campo

3.2.2.1. Avaliação de adubos contendo SNCa na cultura de batata

O presente trabalho visa fazer comparação entre os adubos convencionais usados na cultura de batata em Mogi das Cruzes (4-14-8 aplicado 3.000 kg/ha) e os adubos preparados para este teste contendo o SNCa. O ensaio foi realizado em condições de campo em solos pertencentes à unidade de mapeamento Solos Podzolizados com cascalhos, conforme a *COMISSÃO DE SOLOS (1960)*.

As amostras do solo retiradas até 20 cm de profundidade foram analisadas e as características químicas são apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13. Características químicas do solo

pH	Carbono %	Elementos analisados em emg/100 g TFSA				
		PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺ +	Mg ²⁺	Al ³⁺
5,3	3,20	0,17	0,48		1,80	0,10
5,3	3,20	0,09	0,33		1,90	0,10
5,3	3,20	0,20	0,34		1,40	0,10
5,3	3,20	0,14	0,32		1,90	0,10

Utilizou-se sementes de batata cultivar "Radosa", proveniente de fazenda onde foi instalado o teste. As sementes foram tratadas com uma solução de bicloreto de mercúrio a 0,1%.

As fórmulas e quantidades de adubos utilizadas e suas respectivas composições químicas são apresentadas nos Quadros 14 e 15.

As doses de adubos aplicadas foram baseadas na quantidade de 3000 kg/ha da fórmula 4-14-8 comumente usada pelos bataticultores daquela região. A quantidade equivalente a 420 kg de P_2O_5 /ha, assim como a proporção de $N:P_2O_5:K_2O$ nas fórmulas foram mantidas possivelmente constantes (1:3,5:2).

A adubação nitrogenada de cobertura foi feita aos 45 dias após o plantio em quantidade equivalente a 69 kg de N/ha e ao mesmo tempo fornecendo 10 kg de S/ha.

O experimento foi montado segundo o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas em quatro repetições.

As parcelas foram constituídas pela aplicação de diferentes fórmulas de adubo e as sub-parcelas pelo uso ou não de SNCa em cobertura. As parcelas foram compostas de 4 linhas de 14 m de comprimento. De cada sub-parcela as 2 lini

Quadro 14. Quantidades de adubo usados no ex
perimento de batata em kg/ha.

Fórmula	No plantio	Cobertura com SNCa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
8-25-16	1.680	-	134	420	266	15
8-25-16	1.680	262	203	420	266	25
10-30-20	1.400	-	140	420	280	0
10-30-20	1.400	262	209	420	280	10
7-23-14	1.826	-	128	420	256	24
7-23-14	1.826	262	197	420	256	34
4-14-8	3.000	-	120	420	240	243
4-14-8	3.000	262	189	420	240	253

Observação:

A cobertura foi feita aos 45 dias após o plantio.

.39.

Quadro 15. Composição de adubos usados no experimento de batata.

Fórmula	Composição	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
8-25-16	SNCa	180 kg	45		9
	DAP	200 kg	36	92	
	SFT	350 kg		161	
	KCl	270 kg			162
	Total		81	253	162
10-30-20	DAP	564 kg	102	259	
	SFT	98 kg		45	
	KCl	338 kg			203
	Total		102	304	203
7-23-14	SNCa	265 kg	70		13
	SFT	500 kg		230	
	KCl	235 kg			141
	Total		70	230	141
4-14-8	NA	119 kg	40		
	SFT	71 kg		32	
	SS	676 kg		122	81
	KCl	133 kg			80
	Total		40	154	80

Observação:

Análises de SNCa N:26,5%, S:5%;
 DAP N:18%, P₂O₅:46%;
 SFT P₂O₅:46%;
 KCl K₂O:60%;
 NA N:34%;
 SS P₂O₅:18%, S:12%.

nhas centrais de 5 m foram colhidas, desprezando-se 1 m de cada lado.

Após o sulcamento, aplicou-se o adubo previamente pesado, colocando-o no fundo do sulco e as sementes acima e ao lado, separados de uma camada de terra, evitando assim a fitotoxicidade das sementes causada pelo contato direto com o adubo.

Junto com o adubo no plantio foram aplicados também borax (25 kg/ha) e aldrin 5% (2 g/m linear).

Em seguida procedeu-se a colheita quando os tubérculos alcançam maturação completa que é evidenciado pelo completo secamento das hastes e folhas. A colheita foi feita manualmente com o emprego de enxada.

De cada sub-parcela somente os tubérculos mais sadios foram escolhidos e pesados. Analisou-se os dados, terminando-se os efeitos de cada tratamento.

3.2.2.2. Efeito de doses de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

O presente trabalho foi realizado na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias "Campus" de Jaboticabal com a colaboração da Ultrafertil S/A - Indústria e Comércio de Fertilizantes em São Paulo.

O ensaio foi conduzido em um Latosol Vermelho Escuro fase arenosa, série Santa Tereza (de acordo com classifica o de ALOISI e DEMATTÊ, 1974). A análise química da terra se encontra apresentada no Quadro 16.

Quadro 16. Análise química de amostras de terra no local do experimento.*

pH (H ₂ O)	C%	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
		ug/ml	T.F.S.A.	emg/100 ml	T.F.S.A.	
5,6	0,84	14	96	1,4	0,7	0

*metodologia em VETTORI (1969)

Antes da instala o do ensaio foram feitas uma araa o e duas gradagens sucessivas. A seguir procedeu-se ao sulcamento mecânico a 60 cm de distância entre as linhas e 5 cm de profundidade.

Foi feita manualmente a aduba o no plantio, equivalente a 15 kg de N, 60 kg de P₂O₅ e 20 kg de K₂O por ha, aplicada em área total; a essa dose foram acrescentados tratamentos com doses de gesso, objetos do estudo, conforme apresentados no Quadro 17, que   mostrado na página seguinte.

Quadro 17. Níveis e quantidades de gesso aplicados na adubação.

Níveis de gesso	Quantidades aplicadas (kg/ha)		
	Gesso	Ca	S
G0	0	0	0
G1	50	10,0	8,5
G2	100	20,0	17,0
G3	150	30,0	25,5
G4	200	40,0	34,0
G5	250	50,0	42,5
G6	300	60,0	51,0

Procedeu-se posteriormente à sementeira manual com 15 sementes por metro linear.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos e 4 repetições no total de 28 parcelas. Cada parcela foi representada por 5 linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 0,6 m entre si dando um total de 18 m^2 cada parcela e área útil de 9 m^2 , colhendo as 3 centrais, deprezando-se 0,5 m de cada lado.

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

- . produção média de grãos (kg/ha);
- . número de vagens por planta;

- peso de 1.000 sementes (g);
- teor de Ca^{2+} do solo (emg/100 ml TFSA);
- teor de S-SO_4 do solo ($\mu\text{g/ml}$).

Durante todo o desenvolvimento da cultura procedeu-se a tratos culturais normalmente recomendados.

A colheita foi realizada manualmente, colocando-se as plantas ao sol. Uma vez secas, foram degradadas e os grãos, após pesagem, foram armazenados em sacos de papel para serem submetidos às análises químicas no laboratório. Das amostras de cada parcela foi tomada uma porção de grãos para determinação do teor de umidade para a estimativa das produções de feijão por tratamento.

Uma vez secos, os grãos foram levados para o laboratório para o cálculo dos dados referentes a: produção média de grãos em kg/ha, número de vagens por planta e peso de 1.000 sementes.

Foram retiradas amostras de solos de cada parcelas para determinação das correlações de componentes de produção, com os teores de Ca^{2+} e S-SO_4^{2-} do solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Características do gesso, SNCa e DAPSCa comparando com outros audobs

4.1.1. Gesso

O gesso estocado na lagoa do mesmo possui uma umidade de 14-17%, dependendo das condições climáticas. A análise típica deste produto proveniente da lagoa de gesso da Ultrafertil S/A em Cubatão é dada no Quadro 18.

Quadro 18. Análise típica de gesso (em %) (MA LAVOLTA *et alii*, 1979 b).

Umidade	17
CaO	20
S	15
P ₂ O ₅	0,75
SiO ₂ (insolúveis em ácidos)	1,26
Fluoreto (F)	0,63
R ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃)	0,37

Por ser um subproduto da obtenção do ácido fósforico, o gesso contém 0,75% de P_2O_5 residual e devido a isso é também denominado "fosfogesso" ou "gesso fosfórico".

A composição provável (base seca) do gesso é apresentada no Quadro 19.

Quadro 19. Composição provável do gesso (em %).

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	96,5
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	0,31
$[Ca_3(PO_4)_2]_3 CaF_2$	0,25

4.1.2. SNCa

O SNCa apresenta a seguinte análise típica (Quadro 20).

Quadro 20. Análise típica do SNCa

Teor	Porcentagem
Umidade	0,9
N total	27,3
SO_4	11,8
S	3,9
CaO	8,5

O produto possui a seguinte análise granulométrica como se vê no Quadro 21.

Quadro 21. Análise granulométrica do NA e SNCa

Peneira Tyler	NA	SNCa
	Porcentagem	
+ 6	0,1	6,5
+ 8	19,3	65,8
+ 10	64,0	93,8
+ 14	96,5	97,1
- 14 + 20	2,4	0,8
- 20	1,1	2,1

Quanto à higroscopicidade, as amostras foram submetidas a um ambiente em 100% de umidade, e a porcentagem de água absorvida determinada. Foi feita uma comparação na absorção de umidade entre NA e SNCa, como se vê no Quadro 22.

Quadro 22. Higroscopicidade de NA e SNCa

Tempo em horas	% de água absorvida	
	NA	SNCa
3.00	4,6	8,0
6.00	9,3	14,8
21.00	32,0	40,0
30.00	43,5	52,0
45.15	66,3	68,8
54.00	76,5	79,2
71.00	96,6	95,6

4.1.3. DAPSCa

No Quadro 23, 24 e 25 são apresentados os resultados de análise típica, análise granulométrica e higroscopicidade do DAPSCa, respectivamente.

Quadro 23. Análise típica do DAPSCa

Teor	Porcentagem
Umidade	1,5
N total	7,2
P ₂ O ₅ (ácido cítrico)	18,4
CaO	18,0
S	9,6

Quadro 24. Análise granulométrica do DAP e DAPSCa (em %)

Peneira Tyler	DAP	DAPSCa
+ 6	1,2	0,9
+ 8	21,0	62,3
+ 10	69,2	90,1
+ 14	98,2	93,1
- 14 + 20	1,6	1,7
- 20	0,2	5,2

Quadro 25. Higroscopicidade do DAP e DAPSCa

Tempo em horas	% de água absorvida	
	DAP	DAPSCa
3.00	2,8	3,7
6.00	4,8	6,9
21.00	15,3	31,1
30.00	20,4	39,2
45.15	30,6	56,5
54.00	34,8	62,4
71.00	43,7	80,7

4.2. Experimentos em vasos

4.2.1. Avaliação agrônômica de SNCa na cultura de algodão.

Nos Quadros 26, 27 e 28 são apresentados os dados médios obtidos nos quatro tratamentos empregados para as produções de matéria seca nas partes aéreas e nas raízes, os respectivos valores de F, diferenças mínimas significativas (dms, Tukey a 5%) e coeficientes de variação (cv). Os dados completos obtidos neste experimento são dados nas Tabela 5a, b e c.

Pelos dados apresentados no Quadro 26 verificam-se aumentos altamente significativos dos tratamentos com SNCa sobre a produção de matéria seca nas partes aéreas e nas

Quadro 26 Produções de matéria seca (65°C) das folhas velhas, folhas novas, maçãs, sementes + fibras, caule + ramos e raízes do algodoeiro em gramas por vaso. Média de quatro repetições.

TRATAMENTOS	FOLHA NOVA	FOLHA VELHA	MAÇÃ	SEMENTE + FIBRAS	CAULE + RAMOS	RAÍZ
Sem S	5,63a	13,43ab	6,70a	6,33a	17,70a	10,55a
S A	9,63 c	15,70 b	9,30a	9,15 b	25,30 b	22,13 b
S S	7,95 b	11,95a	9,23a	11,68 bc	26,95 b	20,20 b
S N Ca	9,25 c	14,20 b	13,00 b	13,08 c	26,43 b	22,80 b
F	24,21**	6,84**	14,80**	19,64**	11,26**	10,42**
dms 5%	1,54	2,52	2,83	2,82	5,40	7,40
CV %	21,0	13,0	27,1	28,7	18,7	31,7

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* e ** = Significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms 5% = Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

Quadro 27 - Teores de S, N e P nas folhas novas e velhas do algodoeiro em porcentagens da matéria seca. Média de quatro repetições.

TRATAMENTOS	S		N		P	
	FOLHAS NOVAS	FOLHAS VELHAS	FOLHAS NOVAS	FOLHAS VELHAS	FOLHAS NOVAS	FOLHAS VELHAS
Sem S	0,39a	0,49a	1,31	0,83a	0,26	0,16
S A	0,72 b	0,79 b	1,30	0,94ab	0,26	0,15
S S	0,71 b	0,92 b	1,29	1,16 c	0,23	0,15
S N Ca	0,71 b	0,94 b	1,33	1,04abc	0,27	0,14
F	31,13**	38,77**	0,25ns	13,29**	1,25ns	0,36ns
dms 5%	0,12	0,28		0,16		
CV %	23,4	28,1	4,5	14,7	11,4	13,3

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* e ** = Significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms 5% = Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

Quadro 28 - Teores de K, Ca e Mg nas folhas novas e velhas do algodoeiro em porcentagens da matéria seca. Média de quatro repetições.

TRATAMENTOS	K		Ca		Mg	
	FOLHAS NOVAS	FOLHAS VELHAS	FOLHAS NOVAS	FOLHAS VELHAS	FOLHAS NOVAS	FOLHAS VELHAS
Sem S	1,41	1,58	1,81ab	2,17 c	0,61	0,53
S A	1,53	1,80	1,39a	1,76 b	0,66	0,65
S S	1,55	1,81	1,38a	1,46a	0,66	0,67
S N Ca	1,41	1,84	2,32 b	1,90 b	0,56	0,66
F	0,93ns	1,73ns	11,57**	51,99**	13,71ns	0,58ns
dms 5%			0,55	0,17	0,06	
CV %	10,2	11,3	29,8	16,8	8,0	6,5

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* e ** = Significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms 5% = Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

nas folhas velhas e a proporção N/S no adubo. O Quadro 29 mostra essa relação.

Quadro 29. Relação entre teores de S e N/S no adubo

Tratamentos	N no solo (kg/ha)	S	N/S	Teores de S nas folhas velhas
SA	400	480	1:1	0,79
SS	400	24	2:1	0,92
SNCa	400	80	5:1	0,94

O aproveitamento do S foi maior com o aumento da proporção N:S, mesmo que o teor do solo seja menor, coincidindo com as recomendações na prática, que a proporção de N:S no adubo seja da ordem de 5:1 (MALAVOLTA *s.d.c.*).

4.2.2. Aproveitamento de SNCa e DAPSCa na cultura de feijoeiro e sorgo.

a) Aspectos gerais sobre o experimento

Com os dados apresentados nas Tabelas 6 a 29, foram feitas análises de variância, com a finalidade de se verificar possíveis efeitos dos tratamentos sobre os teores de macronutrientes nas folhas. Os Quadros 30, 31, 32 e 33 mostram

Quadro 30 - Teores de macronutrientes em porcentagem de matéria seca nas folhas do sorgo, cultivado no PVLs. Média de três repetições.

TRATAMENTOS	M A C R O N U T R I E N T E S (%)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	S
Test.	0,61a	0,28a	2,42	1,46a	0,24	0,12a	0,12a
DAP	1,07a	1,10 b	3,12	1,60a	0,32	0,23ab	0,23ab
MAP	1,24a	1,10 b	3,37	1,54a	0,38	0,24ab	0,24ab
SA	1,23a	1,02 b	3,43	1,46a	0,26	0,30 bc	0,30 bc
NA	0,68a	0,69ab	3,43	1,41a	0,27	0,12a	0,12a
Gesso	1,05a	0,70ab	2,98	1,58a	0,25	0,38 c	0,38 c
SS	1,21a	0,91 b	2,77	1,76a	0,33	0,32 bc	0,32 bc
DAPSCa	1,00a	1,00 b	3,02	1,86a	0,23	0,42 c	0,42 c
SNCa	0,76a	0,73ab	3,65	1,48a	0,27	0,43 c	0,43 c
F	3,28*	4,95**	1,18ns	2,88*	1,72ns	9,27	9,27
dms 5%	0,67	0,60		0,47		0,15	0,15
cv%	30,9	43,8	17,8	14,6	25,0	42,8	42,8

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* e ** = Significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms 5% = Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

Quadro 31 - Teores de macronutrientes em porcentagem de matéria seca nas folhas do feijoeiro, cultivado no PVLs. Média de três repetições.

TRATAMENTOS	M A C R O N U T R I E N T E S (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Test.	1,96a	0,35	1,70a	2,43abcd	0,63	0,17a
DAP	2,86ab	0,61	3,37ab	1,39abc	0,55	0,32ab
MAP	3,80 b	0,51	4,25ab	1,38ab	0,55	0,21a
SA	2,69ab	0,55	4,25 b	1,21a	0,46	0,55
NA	2,40ab	0,42	3,80ab	2,15abcd	0,55	0,13a
Gesso	2,80ab	0,50	3,80ab	2,66 cd	0,56	0,97 c
SS	3,05ab	0,54	3,00ab	2,49 bcd	0,54	0,55 b
DAPSCa	3,15ab	0,60	3,45ab	1,35ab	0,42	1,13 c
SNCa	2,08a	0,40	2,50ab	2,86 d	0,58	1,16 c
F	3,56*	2,00ns	3,39*	6,79**	0,59ns	32,12**
dms 5%	1,51		2,29	1,28		0,30
CV %	25,1	26,0	30,7	40,7	22,2	71,1

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* e ** = Significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms 5% = Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

Quadro 32 - Teores de macronutrientes em porcentagem de matéria seca nas folhas do sorgo, cultivado no IE. Média de três repetições.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Test.						
DAP	1,26	0,32	2,49	1,80	0,27	0,17
MAP	1,25	0,34	2,80	1,75	0,29	0,17
SA	1,09	0,34	2,81	1,70	0,22	0,20
NA	0,93	0,27	2,90	1,81	0,30	0,15
Gesso	1,06	0,35	2,71	1,77	0,26	0,21
SS	1,46	0,32	2,79	1,81	0,27	0,20
DAPSCa	1,19	0,33	2,82	1,80	0,28	0,18
SNCa	0,95	0,30	2,86	1,87	0,29	0,18
F	1,76ns	0,18ns	0,44ns	0,18ns	0,74ns	1,93ns
dms 5%						
CV %	27,7	29,1	10,4	9,7	17,3	16,2

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* e ** = Significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms 5% = Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

Quadro 33 - Teores de macronutrientes em porcentagem de matéria seca nas folhas do feijoeiro, cultivado no IE. Média de três repetições.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTES (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Test.	-	-	-	-	-	-
DAP	2,32	0,29	3,00	4,33	0,40	0,14
MAP	2,55	0,32	2,70	4,51	0,40	0,12
SA	2,58	0,29	3,30	4,25	0,35	0,18
NA	2,47	0,29	3,15	5,06	0,42	0,13
Gesso	2,26	0,27	2,10	5,55	0,34	0,20
SS	2,50	0,28	2,95	3,87	0,41	0,19
DAPSCa	2,08	0,29	3,38	4,24	0,38	0,17
SNCa	2,30	0,31	3,60	3,55	0,34	0,16

F	0,58ns	0,50ns	1,57ns	1,95ns	1,14ns	1,86ns
dms 5%						
cv %	15,3	16,5	25,5	19,8	17,3	26,4

ns = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* e ** = Significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms 5% = Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

raízes, comparando com as testemunhas. Nas folhas velhas, não houve diferenças. Pode-se notar que os efeitos das aplicações do SNCa foram iguais aos tratamentos com as demais fontes de S. No caso de produção de matéria seca nas maçãs o SNCa apresentou melhores resultados.

O Quadro 27 mostra diferenças altamente significativas na absorção de S e N. Isso pode ser observado nos teores destes elementos presentes nas folhas novas e velhas para o primeiro elemento, e nas folhas velhas para o segundo. Não ocorreram contudo diferenças entre as fontes de S em ambos os casos.

Pelo Quadro 28 pode-se constatar que nas folhas novas, o teor do Ca proveniente do SNCa foi superior àquele proveniente dos tratamentos com SA e com o SS. O efeito do SNCa nos teores do mesmo elemento nas folhas velhas foi igual o de SA, porém foi significativamente melhor do que o de SS.

Pelos resultados obtidos neste experimento com algodão, pode-se tirar a conclusão que o SNCa como fonte de N, Ca e S foi igual, ou em alguns casos melhor do que o SA (fonte N e S), SS (fonte de Ca e S).

Embora não tivessem ocorrido diferenças significativas entre os tratamentos contendo S, observa-se uma tendência de se ter uma relação entre os teores destes elementos

os teores médios de macronutrientes absorvidos pelas folhas, e também os valores de F, diferença mínima (dms) calculado pelo teste Tukey e coeficiente de variação (cv).

Pelos Quadros 30, 31, 32 e 33 podemos observar que a cultura de feijoeiro foi capaz de absorver os macronutrientes mais eficientemente do que a de sorgo em ambos os tipos de solos empregados.

Com respeito ao aproveitamento de macronutrientes, portanto, não houve diferenças significativas, tanto para sorgo, quanto para feijoeiro cultivados no LE. Pode-se lembrar que as plantinhas no mesmo tipo de solo sofreram bastante no início do crescimento, e todas morreram 3 semanas após o plantio, morte essa atribuída à baixíssima disponibilidade de fósforo no solo, não sendo suficiente para proporcionar um desenvolvimento das plantas.

Analisando os dados apresentados nos Quadros 30, 31, 32 e 33 verificou-se efeitos significativos dos tratamentos no aproveitamento de N, P, Ca, Mg e S pelas folhas do sorgo e de N, K, Ca e S pelas folhas de feijoeiro, ambos cultivados no PVls. Nas culturas no LE, entretanto, não foram verificados efeitos significativos.

Observou-se que os teores de N no feijoeiro foram maiores do que no sorgo, cultivados em ambos os solos, pro-

vavelmente atribuídos à fixação de N atmosférico pelas bactérias.

b) Absorção dos macronutrientes pelo sorgo no PVIs.

Os dados de aproveitamento dos macronutrientes em estudo são apresentados no Quadro 30.

Apesar do teste F ter mostrado diferenças significativas na absorção do N e Ca, verifica-se que não houve diferenças na dms pelo teste Tukey a 5%. Pode-se observar que o N vindo do NA e SNCa teve menor aproveitamento em relação àquele proveniente de outras fontes. Esse fato pode ser previamente atribuído à composição dos 2 adubos, que contém a metade do N na forma de $N-NO_3$ e outra metade na forma de $N-NH_4$.

O aproveitamento do P foi altamente significativo, conforme os teores destes elementos nas folhas, porém não houve diferenças no teste Tukey a 5%, entre os tratamentos.

Verifica-se no Quadro 30, que houve diferenças significativas na absorção de S proveniente do SNCa e DAPSCa, comparando com os tratamentos em que o S esteve ausente (NA e DAP).

Não se constataram contudo, diferenças entre as diversas fontes de S.

c) Absorção dos macronutrientes pelo feijoeiro no PVI's.

Observa-se pelo Quadro 31 que houve diferença significativa nos teores de N nas folhas entre as testemunhas e os demais tratamentos, que não diferiram entre si. O tratamento com MAP provocou o teor mais alto de N nas folhas. O aproveitamento do N vindo do SNCa foi menor do que o de NA.

Não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos nos teores de P e Mg nas folhas.

Os dados no Quadro 31 revelaram efeito significativo na absorção de K; as absorções provocadas pela MAP e SA foram as maiores, porém não diferiram entre si e com os demais tratamentos, exceto com a testemunha.

Embora os dados tenham mostrado diferenças significativas na absorção de Ca, o teste Tukey não acusou diferenças entre SNCa e NA e entre DAPSCa e DAP. Salvo com DAPSCa que provocou o menor efeito na absorção de Ca, o gesso não mostrou diferenças com os demais adubos portadores de Ca.

Com relação ao S, houve diferenças altamente significativas nos teores deste elemento nas folhas. As absorções provocadas pelo SNCa e DAPSCa foram significativamente maiores que as provocadas pelo gesso.

Pelos Quadros 30 e 31 verifica-se que no PVls houve uma tendência de diminuir a proporção N/S absorvida pelo sorgo e feijoeiro, com aumento da mesma proporção no adubo. O Quadro 34 mostra esta relação.

Quadro 34. Relação entre N/S absorvida e N/S no adubo

Adubo	Proporção N/S	
	No adubo	Na planta
Gesso + uréia	0,5:1	3:1
SS + uréia	0,6:1	4-5:1
DAPSCa + uréia	1:1	2,5-3:1
SNCa	6,5:1	2:1

d) Absorção dos macronutrientes pelo sorgo e feijoeiro no LE.

Os efeitos dos tratamentos na absorção de macronutrientes pelo sorgo e feijoeiro no LE não foram significativos, provavelmente devido à falta de plantas testemunhas que não sobreviviam, pela falta de nutrientes, principalmente o fósforo no solo. Pode-se verificara nos dados do Quadro 33, que o feijoeiro no LE foi capaz de absorver o Ca em quantidades maiores do que os demais macronutrientes. Os teores do K nas folhas do sorgo, no entanto, foram mais elevados do que

os de Ca. (Quadro 32). O aproveitamento do Ca e S vindo do gesso tendeu a ser maior pelo feijoeiro. A absorção de Ca pelo sorgo proveniente do SS, DAPSCa e SNCa foi mais eficiente, ao passo que a mesma cultura foi capaz de absorver S do gesso em maiores quantidades.

4.3. Experimentos no campo

4.3.1. Avaliação de adubos contendo SNCa na cultura da batata

Na Tabela 30 são apresentados os resultados gerais de produção de tubérculos, nos oito tratamentos em kg/ha. Os valores médios de produções, juntamente com os resultados de análise de variância são apresentados no Quadro 35.

Pelos resultados da análise de variância verifica-se que não ocorreram efeitos significativos entre as médias dos tratamentos. A cobertura com SNCa mostrou uma tendência a aumentar as produções, entretanto o efeito não foi significativo. As ausências de respostas significativas podem, possivelmente, ser atribuídas, pelo menos em parte, aos altos teores de matéria orgânica presente no solo, devido à prática de uso de quantidades elevadas de adubo orgânico que serve como fontes adicionais de N e S, também para obtenção de boa estrutura do solo.

Quadro 35. Efeitos de fórmula contendo SNCa e SS na produção de batata no campo. Média de quatro repetições.

Fórmulas	Produções média em kg/ha	
	Sem cobertura	Com cobertura
8-25-16	12.344	14.250
10-30-20	11.938	12.938
7-23-14	11.688	14.219
4-14-8	10.375	13.625
F	1,00 ns	0,27 ns
CV %	18,5	24,2

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2. Efeito de doses de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)

No Quadro 36, mostrado na página seguinte, são apresentados os dados médios de produção de grãos em kg/ha, de número de vagens por planta, peso de 1.000 sementes (em g), teores de Ca (em emg/100 ml TFSA) e S-SO₄ (em µg/ml TFSA), os respectivos valores F, dms (Tukey a 5%) e coeficientes de variação (VITTI et alii, 1980).

Quadro 36. Análise de produção, número de vagens, peso de 1.000 sementes e teores de Ca e S em relação às doses de gesso.

Doses de Gesso kg/ha	Produção kg/ha	Nº de vagens por planta	Peso de 1000 Sementes (em gramas)	Ca ⁺⁺ (mg/100 ml TFSA)	S-SO ₄ µg/ml TFSA
T ₁ = 0	1104a	24a	139a	1,37a	1,02a
T ₂ = 50	1298a	32ab	159 b	1,65 b	1,60 b
T ₃ = 100	1535 bc	42 b	165 b	1,85 c	1,95 bc
T ₄ = 150	1602 c	40 b	165 b	1,97 c	2,17 c
T ₅ = 200	1630 c	37ab	159 b	2,15 d	2,70 d
T ₆ = 250	1699 c	40 b	150 b	2,85 e	2,85 d
T ₇ = 300	1623 c	33 ab	154 b	2,65 f	2,65 d
F	12,47**	4,50**	7,67**	181,79**	57,52**
dms (5%)	282	13	15	0,15	0,40
cv	8,17	16,37	4,15	3,18	8,21

(* e **) significativo respectivamente aos níveis de 5 e 1% de probabilidade.

dms teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Dados completos de produção são apresentados na Tabela 31.

Os dados de produções obtidos no Quadro 36 mostram que as doses 0 e 50 kg de gesso/ha não diferiram entre si nas produções de vagens, mas houve diferenças significativas comparada à testemunha com as demais doses utilizadas (100, 150, 200, 250 e 300 kg/ha) não ocorrendo entretanto, diferenças significativas entre as mesmas. Observa-se ainda, um aumento de 39% na produção de grãos, pela aplicação de 100 kg de gesso/ha, quando comparada à testemunha.

Resultados semelhantes foram obtidos por *MASCA RENHAS et alii (1976)* com a aplicação de gesso na cultura de feijão. Obtiveram-se aumentos na produção de 13 a 58% com a aplicação de 100 kg de gesso/ha num solo Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras.

Observa-se no Quadro 36 que houve diferença significativa nas produções de vagens por planta com aplicações de 100, 150 e 250 kg de gesso/ha e a testemunha.

Quanto ao peso de 1.000 grãos, verificou-se um efeito significativo de todas as doses de gesso utilizadas, em relação à testemunha. Entretanto não se revelaram diferenças significativas entre si.

Pelos dados no Quadro 36 pode-se notar um aumento significativo no teor de cálcio no solo com as doses de ges

so utilizadas. Tais resultados são esperados, pois o gesso contém em média 28% de CaO em sua composição.

Analisando os dados apresentados no Quadro 36 nota-se um aumento significativo do teor de S-SO₄ no solo com as doses de gesso até o nível de 150 kg/ha. Doses maiores provocaram aumentos no teor de S-SO₄, porém não significativos, apresentando tendência de decréscimo com a aplicação da dose máxima de gesso (300 kg).

Observa-se que ocorre uma relação entre a produção de grãos e o teor de SO₄ e de Ca, até um nível de 250 kg/ha; acima deste nível a produção caiu com o decréscimo do teor de SO₄ no solo.

5. CONCLUSÕES

Dados colecionados destes experimentos mostraram que o gesso fosfórico, SNCa e DAPSCa constituíram-se em iguais fontes de Ca e/ou S quando comparados ao superfosfato simples e sulfato de amônio e, em alguns casos mesmo melhores.

O SNCa e DAPSCa foram superiores ao nitrato de amônio, MAP e DAP.

Produções de feijão aumentaram significativamente com aplicações de gesso de 100 até 200 kg/ha. Acima destas doses a produção apresentou tendência a cair.

6. RESUMO

Considera-se como certas as seguintes premissas sobre a utilização de fertilizantes químicos no Brasil:

1) Há tendência no Brasil, para produzir cada vez maiores quantidades de adubos nitrogenados e fosfatados de alta concentração, porém pobres em Ca e S.

2) Ocorre a expansão da fronteira agrícola, ocupando cada vez mais áreas com solos ácidos e pobres em nutrientes.

3) Com o aumento do nível de produtividade das culturas, o Brasil está enfrentando o problema de deficiências destes elementos, os macro elementos secundários Ca e S.

É certo também, que a necessidade de maiores

quantidades de ácido fosfórico para a indústria de fosfatos de amônio, causa a produção de grandes quantidades de gesso fosfórico, que cria problemas de espaço para acumulá-lo, e com os regulamentos antipoluição.

Para resolver estes problemas, deve-se procurar recursos para a utilização deste subproduto, não somente para uso agrícola como também para a indústria de materiais de construção, e outras formas industriais de sua utilização.

O principal objetivo deste estudo visa uma avaliação da eficiência agronômica de gesso fosfórico, e os adubos produzidos pela granulação de gesso misturado com nitrato de amônio (SNCa) e com fosfato diamônico (DAPSCa).

Estes 2 novos produtos são desconhecidos em outros países.

Para realizar este objetivo, foram instalados 2 experimentos em vasos, com cultura de algodão, sorgo e feijão, e também 2 experimentos no campo, com culturas de batata e feijão.

Dados colecionados destes experimentos mostraram que o gesso fosfórico, SNCa e DAPSCa constituíram-se em iguais fontes de Ca e/ou S quando comparados ao superfosfato simples e sulfato de amônio e, em alguns casos mesmo melhores. O SNCa e DAPSCa foram superiores ao nitrato de amônio,

MAP e DAP. Produções de feijão aumentaram significativamente com aplicações de gesso de 100 até 250 kg/ha. Acima destas doses a produção apresentou tendência a cair.

Um balanço de adições e perdas de Ca e S no Brasil foi estabelecido.

Foram analisadas as características físico-químicas dos novos adubos, quais sejam SN_{Ca} e DAPSC_{Ca}.

7. SUMMARY

Owing to:

- 1) The trend of the Brazilian industry to producing more and more high concentration N and P fertilizers, but poor in Ca and S contents,
- 2) The expanding agricultural area to occupying poorer and more acid soils,
- 3) The increasing production levels of some the agricultural crops,

This country is facing problems with Ca and S deficiencies.

The modern fertilizer industry needs bigger quantities of phosphoric acid for the production of ammonium phosphates, giving rise to the production of huge amounts of phosphogypsum as a byproduct. This will create problems in the future regarding spacing and ant-pollution

regulations.

Ways have to be looked for to dispose of this byproduct, not only for agricultural use, but also for the industry of building materials.

The main objective of this study was to make an evaluation of the agronomic effectiveness of phosphogypsum and fertilizers made by granulation of phosphogypsum mixed with ammonium nitrate (SNCa) and with diammonium phosphate (DAPSCa); these two last mentioned products are not yet known in countries outside Brazil.

To accomplish this study, two pot experiments have been carried out with cotton, sorghum and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and two field experiments set up with potatoes and common bean.

Experimental data showed phosphogypsum, SNCa and DAPSCa to be as efficient sources of Ca and/or S as single superphosphate and ammonium sulphate, and in some cases even superior. SNCa and DAPSCa were superior to ammonium nitrate, monoammonium phosphate and diammonium phosphate.

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production increases were obtained with phosphogypsum application rates

from 100 to 250 kg/ha. Above these rates, productions tended to decline.

A rough balance sheet of the input and output of Ca and S in Brazil has been calculated.

Physical and chemical characteristics of the new fertilizers SNCa and DAPSCa have been analysed.

8. LITERATURA CITADA

ALOISI, RR e J.L.I. DEMATTÊ. 1974. Levantamento de Solo da fazenda onde se localiza a Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia "Prof. Antonio Ruete" de Jaboticabal. *Científica*. 2(2):123-136.

AMEN, W.J. e R.C. DIXON. 1979. Sulfur: new look at a poor stepchild. *Calif. Farmer*, 251(5):8-42.

CASTELLANE, S.R.P.L., 1980. Adubação da cultura de cenoura (*Dacus carrota* L.). Efeito do gesso e associação de fontes de nitrogênio e fósforo. Trabalho de Graduação. UNESP, Jaboticabal.

CEFER/IPT, 1979. Perfil econômico do setor de fertilizantes. Publi. IPT nº 1138.

COMISSÃO DE SOLOS. 1960. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, S.N.P.A. Bol. 12.

DECHEM, A.R., G.D. de OLIVEIRA e H.P. HAAG. 1973. Nutrição mineral de hortaliças: XXIII Influência do cálcio no desenvolvimento do tomateiro, variedade Santa Cruz, linhagem Kada e Samano. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, XXX: 305-315, Piracicaba.

DUARTE, A.A., 1980. Adubação da cultura de tomateiro (*Lycopersicon lycopersicum*. Farwell; cv. Euromech.). Efeitos de aplicação de gesso associado a fontes de nitrogênio e fósforo. Trabalho de Graduação. UNESP, Jaboticabal.

FERREIRA, M.E., D. FORNASIERI Fº, G.C. VITTI e C. MARVULO. 1979. Estudo de doses e época de aplicações do gesso na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea*). *Científica*, VII nº 2.

FREITAS, L.M.M., T. TANAKA, E. LOBATO, W.V. SOARES e G.E. FRANÇA. 1972 a. Experimentos da adubação de milho doce e soja em Solos de Campo Cerrado. *Pesq. Agropec. Brasil*. 7:57-63.

FREITAS, L.M.M., F.P. GOMES e W.L. LOTT. 1972 b. Effects of sulfur fertilizer on coffee. *Bol. Inst. de Pesquisas IRI* nº 41.

GALRÃO, E.R. e A.S. LOPES. 1979. Deficiências nutricionais em solos de cerrados. In: Simpósio sobre o cerrado: Uso e manejo - EMBRAPA - CPAC - Brasília:595-614.

GARGANTINI, H.F., A.S. COELHO, F. VERLENGIA e E. SOARES. 1970. Levantamento da fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Instituto Agrônômico, Campinas (mimeo.).

JORDAN, H.V. e L.E. ENSMINGER. 1958. The role of sulphur in soil fertility. *Adv. Agron.* 10:408-534.

KREMPPF, R. 1975. Phospho - gypsum processing. ANDA/ISMA Technical Seminar, São Paulo, 22-24 April.

MALAVOLTA, E. 1951. *Estudo sobre o enxofre*. Tese de Livre Docência. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba 93 p. (mimeo.).

MALAVOLTA, E. 1967. Manual de química agrícola - Adubos e adubação, 2^a ed. Edit. Agronômica "Ceres" Ltda. S. Paulo. 606 p.

MALAVOLTA, E. 1978. Nutrição de plantas e tecnologia de fertilizantes. Princípios, problemas e perspectivas. Aula dada no Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal. (mimeo.).

MALAVOLTA, E., 1979. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. Bol. Tec. nº 4. Instituto de Potassa (EUA) Instituto Internacional da Potassa (Suíça).

MALAVOLTA, E., s.d.a. Nutrição mineral e adubação de feijão (*Phaseolus vulgaris*) e da soja ("*Glycine max*") E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba. (mimeo.).

MALAVOLTA, E., s.d.b. Nutrição e adubação do milho (*Zea mays*) e do sorgo (*Sorghum vulgare*) E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba. (mimeo.).

MALAVOLTA, E., s.d.c. Necessidade de fertilizantes com enxofre no Brasil: Princípios e perspectivas. Depto. de Química E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba. (mimeo.).

MALAVOLTA, E., P.R.C. CASTRO, V.E. CRUZ, T. YAMADA. 1975. Calcium and its relationship to blossom end rot in tomato. E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, (mimeo.).

MALAVOLTA, E., J.P. DANTAS, R.S. MORAIS e F.D. NOGUEIRA. 1979 a. Calcium problems in Latin America. *Commun. Soil Sci. and Plant. An.* 10(1 e 2).

MALAVOLTA, E., J.P. ROMERO, T.H. LIEM e G.C. VITTI. 1979 B. Gesso agrícola. Seu uso na adubação e correção do solo. Série divulgação técnica nº 7. *Ultrafertil S/A.*, São Paulo.

- MALAVOLTA, E., H.P. HAAG, F.A. de MELLO e M.O.C. BRASIL SOBRº. 1974. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivivadas. Livraria Pioneira. Editora S. Paulo. 727 p.
- MASCARENHAS, H.A.A., E.A. BULISANI e R. BELLINAZZI Jr. 1976. O enxofre na adubação. CATI, Campinas. 11 p.
- MASCARENHAS, H.A.A., A. MIYASAKA, N.R. BRAGA, M.A.C. MIRANDA e O. TISELLI FILHO. 1977. Calagem e adubação de soja. In: A soja no Brasil Cental. Fundação Cargill, 87-130.
- MASCARENHAS, H.A.A., S. MIYASAKA, E.S. FREIRE e T. IGUE. 1967. Adubação da soja. VI Efeitos de enxofre e de vários micro nutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo) e, solo latosol roxo com vegetação de cerrado. *Bragantia* 26(29):373-370.
- McCLUNG, A.C. e L.M.M. de FREITAS. 1950. Sulfur deficiency in soils from the Brazilian Campos. *Ecology* 40(2):315-317.
- McCLUNG, A.C. e L.R. QUINN. 1959. Resposta de grama Batatais (*Paspalum notatum*) à aplicação de enxofre e fósforo. Inst. de Pesq. IBEC nº 18.
- McCLUNG, A.C., L.M.M. de FREITAS e N.L. LOTT. 1959. Estudos sobre o enxofre em solos de São Paulo. Bol. Inst. de Pesquisas. IBEC nº 17.

MENGEL, K. e E.A. KIRKBY, 1978. Principles of plant nutrition. Intern. Potash Inst. Berna, Switzerland. 593 p.

RELATÓRIO nº 1 projeto sobre a utilização do gesso e da associação fosfato natural + gesso em plantas forrageiras. Acordo Instituto de Zootecnia/Ultrafertil, Janeiro, 1977.

VETTORI, J.F. 1969. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura. Bol. Tecn. nº 7.

VITTI, G.C. 1979. Efeito do valor pH na disponibilidade do enxofre em latossóis do município de Jaboticabal. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias - "Campus" de Jaboticabal UNESP para obtenção do título Mestre em Ciências. 75 p.

VITTI, G.C., D. FORNASIERI Fº, M.E. FERREIRA, D. RAGAZZI e T.H. LIEM. 1980. Efeitos de doses de gesso na cultura de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Agric. (no prelo).

WANG, C.H., T.H. LIEM e D.S. MIKKELSEN 1976a. Sulfur deficiency - A limiting factor in rice production in the Lower Amazon Basin I. Development of sulfur deficiency as a limiting factor for rice production. IRI Res. Inst. Bull. 47.

WANG, C.H., T.H. LIEM e D.S. MIKKELSEN. 1976b. Sulfur deficiency - A limiting factor in rice production in the Lower Amazon Basin II. Sulphur requirement for rice production. IRI Res. Inst. Bull. 48.

ZYLBERSZTAJN, D. 1979. Avaliação econômica das possibilidades agrícolas do Fòsfogesso. I.P.T. 56 p. (mimeo.).

A P È N D I C E

Tabela 1 - Produção nacional e importação de adubos fornecedores de Ca e S em 1977 (t).

A D U B O	Q U A N T I D A D E (t)			
	PRODUÇÃO NACIONAL	IMPORTAÇÃO	Ca O	S
SA	38.652	789.613	-	198.784
NC	109.683	14.430	8.688	-
SNA	-	117.470	-	17.621
Cianamida de Ca	-	327	124	-
SS	1.195.604	128.252	344.203	158.863
S 30	57.066	-	15.978	4.565
ST	922.278	370.643	193.938	15.515
Fosfato Rhenânia	-	6.650	1.663	-
Termofosfato	119.740	-	33.527	-
Escórias de Thomas	-	11.850	2.963	-
Fosfato natural	123.073	-	49.229	-
Fosfato natural	-	196.691*	26.000	12.000
K_2SO_4	-	28.382	-	4.825
$K_2Mg(SO_4)_2$	-	24.040	-	5.289
Total de CaO e S adicionado:			676.312	417.462

*Das 196.691 t de fosfato natural importado estima-se 100.000 t para fabricação de SS e o resto para a produção de DAP, MAP e ST.

Tabela 2 - Área colhida, produção total e exportação de Ca e S pela colheita de 18 culturas no Brasil (1977).

C U L T U R A	ÁREA COLHIDA (x 1.000 ha) *	RENDIMENTO MÉDIO (kg/ha) *	PRODUÇÃO (t)	EXPORTAÇÃO	
				Ca TOTAL (kg)	S TOTAL (kg)
1. Algodão	3.750	469	1.758.750	14.881.730	13.528.845
2. Alho	12	3.169	38.028	4.111	22.611
3. Amendoim	275	1.437	395.175	14.884.925	2.107.600
4. Arroz	5.950	1.522	9.055.900	12.074.533	15.093.166
5. Banana	322	12.750	4.105.500	1.779.050	-
6. Batata Inglesa	215	9.172	1.971.980	147.831	147.831
7. Cacau	416	600	249.600	748.800	-
8. Café	1.908	931	1.776.348	6.217.218	2.664.522
9. Cana de açúcar	2.151	51.243	110.223.693	14.329.080	13.228.043
10. Cebola	60	7.842	470.520	50.867	279.769
11. Cevada	90	1.293	116.370	232.740	465.480
12. Feijão	4.396	455	2.000.180	8.000.720	20.001.800
13. Laranja	432	78.084	33.732.288	38.880.000	6.480.000
14. Mandioca	2.170	12.045	26.137.650	16.507.988	2.751.331
15. Milho	11.783	1.629	19.194.507	7.677.803	42.227.915
16. Soja	7.033	1.767	12.427.311	41.424.370	24.854.622
17. Tomate	49	27.068	1.326.332	226.447	291.146
18. Trigo	3.000	1.054	3.162.000	3.162.000	5.270.000
TOTAL...	44.012			181.230.213	149.414.681

*FONTE: Sistema Nacional de Planejamento Agrícola.

Tabela 3 - Composição química de adubo utilizado no experimento com sorgo e feijoeiro, em %.

ADUBO	N U T R I E N T E S (%)						
	N	P ₂ O ₅	P	CaO	S	K ₂ O	K
SA	20,5	-	-	-	24	-	-
NA	35	-	-	-	-	-	-
Uréia	45	-	-	-	-	-	-
DAP	18	45	19,6	-	-	-	-
MAP	11	48	21,0	-	-	-	-
SS	-	17	7,4	26	12	-	-
DAPS Ca	7	18	7,8	17	7	-	-
SN Ca	27	-	-	8	4	-	-
Gesso	-	-	-	26	15	-	-
KCl	-	-	-	-	-	60	49,8
Na ₂ HPO ₄	-	-	21,8	-	-	-	-

OBSERVAÇÃO: O Na₂HPO₄ serviu para completar o P até 200 ppm, e a uréia para completar o N até 200 ppm.

Tabela 4 - Composição de adubos e composição química dos tratamentos na obtenção de 200 ppm N, P e K, expressa em kg/ha.

TRATAMENTO	COMPOSIÇÃO DE ADUBOS	COMPOSIÇÃO QUÍMICA				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	S
Testemunha						
DAP	DAP	2.547	458	1.146		
	Uréia	93	42			
	KCl	1.000			600	
MAP	MAP	2.388	263	1.146		
	Uréia	527	237			
	KCl	1.000			600	
SA	SA	2.439	500			585
	Na ₂ HPO ₄	2.295		1.146		
	KCl	1.000			600	
NA	NA	1.429	500			
	Na ₂ HPO ₄	2.295		1.146		
	KCl	1.000			600	
Gesso	Uréia	1.111	500			
	Na ₂ HPO ₄	2.295		1.146		
	KCl	1.000			600	
	Gesso	6.500			1.755	975
SS	SS	6.741		1.146		809
	Uréia	1.111	500		1.753	
	KCl	1.000			600	
DAPS Ca	DAPS Ca	6.367	446	1.146		446
	Uréia	120	54		1.082	
	KCl	1.000			600	
SN Ca	SN Ca	1.852	500		148	74
	Na ₂ HPO ₄	2.295		1.146		
	KCl	1.000			600	

OBSERVAÇÃO: 1 ha de terra = 2.500.000 kg (a 20 cm de profundidade).

Tabela 5a - Produções de matéria seca (65°C) das folhas novas, folhas velhas, maçãs, sementes + fibras, caule + ramos e raízes do algodoeiro em gramas por vaso. Média de quatro repetições.

VASO	TRATA- MENTO	FOLHA NOVA	FOLHA VELHA	MAÇÃ	SEMENTE + FIBRAS	CAULE + RAMO	RAIZ
1	Sem S	6,0	13,0	6,7	5,1	18,8	10,8
2		4,5	13,8	6,8	5,8	16,0	8,1
3		6,1	12,2	6,8	8,6	17,4	10,5
4		5,9	14,7	6,5	5,8	18,6	12,8
MÉDIA		5,63	13,43	6,70	6,33	17,70	10,55
5	SA	10,6	15,6	9,0	8,6	25,4	20,8
6		9,2	15,8	9,5	7,7	19,8	18,2
7		9,3	16,5	10,5	10,7	27,6	25,4
8		9,4	14,9	8,2	9,6	28,4	24,1
MÉDIA		9,36	15,70	9,30	9,15	25,30	22,13
9	SS	7,7	14,4	10,6	13,1	25,8	22,0
10		7,3	10,8	6,9	10,8	29,8	20,3
11		8,9	10,4	9,6	10,8	26,4	18,9
12		7,9	12,2	9,8	12,0	25,8	19,6
MÉDIA		7,95	11,95	9,23	11,68	26,95	20,20
13	SNca	9,7	14,7	14,6	12,5	23,6	26,5
14		9,2	12,9	10,7	13,0	26,5	23,5
15		10,0	14,5	14,5	15,0	29,6	14,4
16		8,1	15,1	12,1	11,8	26,0	26,8
MÉDIA		9,25	14,20	13,00	13,08	26,43	22,80

Tabela 5b - Teores de S, N e P nas folhas novas e velhas do algodoeiro, em porcentagens de matéria seca. Média de quatro repetições.

VASO	TRATA- MENTO	S		N		P	
		FOLHA NOVA	FOLHA VELHA	FOLHA NOVA	FOLHA VELHA	FOLHA NOVA	FOLHA VELHA
1	Sem S	0,43	0,49	1,33	0,86	0,24	0,15
2		0,39	0,59	1,23	0,79	0,25	0,16
3		0,35	0,39	1,34	0,83	0,30	0,17
4		0,40	0,49	1,34	0,82	0,24	0,17
MÉDIA		0,39	0,49	1,31	0,83	0,26	0,16
5	SA	0,63	0,76	1,27	0,97	0,25	0,18
6		0,65	0,77	1,33	1,05	0,24	0,15
7		0,69	0,85	1,34	0,85	0,30	0,14
8		0,71	0,76	1,27	0,87	0,23	0,13
MÉDIA		0,72	0,79	1,30	0,94	0,26	0,15
9	SS	0,69	0,89	1,34	1,24	0,24	0,13
10		0,75	0,90	1,23	1,26	0,20	0,12
11		0,69	1,10	1,23	1,10	0,25	0,18
12		0,71	0,79	1,34	1,03	0,24	0,15
MÉDIA		0,71	0,92	1,29	1,16	0,23	0,15
13	SNCa	0,64	0,87	1,25	1,00	0,30	0,14
14		0,64	0,87	1,35	1,01	0,29	0,13
15		0,84	1,26	1,45	1,11	0,24	0,12
16		0,71	0,77	1,25	1,04	0,25	0,15
MÉDIA		0,71	0,94	1,33	1,04	0,27	0,14

Tabela 5c - Teores de K, Ca e Mg nas folhas novas e velhas do algodoeiro em porcentagens de matéria seca. Média de quatro repetições.

VASO	TRATA- MENTO	K		Ca		Mg	
		FOLHA NOVA	FOLHA VELHA	FOLHA NOVA	FOLHA VELHA	FOLHA NOVA	FOLHA VELHA
1	Sem S	1,30	1,45	2,00	2,03	0,60	0,60
2		1,40	1,85	1,80	2,23	0,61	0,61
3		1,55	1,60	1,79	2,50	0,58	0,70
4		1,40	1,40	1,65	1,90	0,63	0,61
MÉDIA		1,41	1,58	1,81	2,17	0,61	0,53
5	SA	1,30	1,65	1,23	1,60	0,66	0,61
6		1,50	1,85	1,51	1,71	0,70	0,71
7		1,60	1,80	1,49	1,81	0,63	0,61
8		1,70	1,90	1,33	1,91	0,66	0,66
MÉDIA		1,53	1,80	1,39	1,76	0,66	0,65
9	SS	1,30	1,85	1,30	1,20	0,70	0,64
10		1,60	1,55	1,39	1,50	0,65	0,62
11		1,70	1,95	1,49	1,50	0,63	0,70
12		1,60	1,90	1,35	1,65	0,66	0,71
MÉDIA		1,55	1,81	1,38	1,46	0,66	0,67
13	SNCa	1,45	1,95	2,70	1,89	0,60	0,67
14		1,55	2,00	2,75	2,00	0,55	0,71
15		1,45	1,90	1,90	1,80	0,54	0,65
16		1,20	1,50	1,91	1,89	0,55	0,64
MÉDIA		1,41	1,84	2,32	1,90	0,56	0,66

Tabela 6 - Teores de N (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no PVIs.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	0,47	0,54	0,83	0,61
DAP	0,83	1,20	1,19	1,07
MAP	1,23	1,56	0,93	1,24
SA	1,33	1,45	0,91	1,23
NA	0,78	0,69	0,56	0,68
Gesso	0,82	1,17	1,17	1,05
SS	1,42	1,19	1,02	1,21
DAPSCa	1,36	1,02	0,62	1,00
SNCa	0,93	0,70	0,65	0,76

Tabela 7 - Teores de P (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no PVIs.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	0,25	0,30	0,29	0,28
DAP	1,58	0,85	0,88	1,10
MAP	1,60	1,01	0,68	1,10
SA	1,47	0,75	0,84	1,02
NA	0,64	0,55	0,87	0,69
Gesso	0,87	0,50	0,72	0,70
SS	1,21	0,60	0,92	0,91
DAPSCa	1,34	0,74	0,93	1,00
SNCa	1,09	0,55	0,55	0,73

Tabela 8 - Teores de K (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	2,11	2,17	2,98	2,42
DAP	2,81	3,17	3,39	3,12
MAP	3,73	3,14	3,23	3,37
SA	4,40	3,37	2,53	3,43
NA	3,14	3,20	3,95	3,43
Gesso	3,03	3,34	2,58	2,98
SS	3,25	2,72	2,35	2,77
DAPSCa	2,36	2,92	3,78	3,02
SNCa	3,81	3,06	3,31	3,65

Tabela 9 - Teores de Ca (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	1,44	1,40	1,54	1,46
DAP	1,63	1,73	1,44	1,60
MAP	1,97	1,16	1,49	1,54
SA	1,54	1,25	1,59	1,46
NA	1,63	1,40	1,21	1,41
Gesso	1,68	1,59	1,48	1,58
SS	1,97	1,73	1,59	1,76
DAPSCa	2,02	1,87	1,78	1,86
SNCa	1,68	1,40	1,35	1,48

Tabela 10 - Teores de Mg (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	0,22	0,25	0,26	0,24
DAP	0,32	0,33	0,31	0,32
MAP	0,49	0,39	0,25	0,38
SA	0,27	0,22	0,30	0,26
NA	0,33	0,28	0,20	0,27
Gesso	0,27	0,26	0,21	0,25
SS	0,43	0,32	0,25	0,33
DAPSCa	0,28	0,20	0,20	0,23
SNCa	0,32	0,28	0,20	0,27

Tabela 11 - Teores de S (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	0,10	0,11	0,16	0,12
DAP	0,22	0,28	0,20	0,23
MAP	0,26	0,24	0,21	0,24
SA	0,43	0,26	0,21	0,30
NA	0,13	0,13	0,11	0,12
Gesso	0,38	0,38	0,37	0,38
SS	0,33	0,36	0,26	0,32
DAPSCa	0,46	0,33	0,47	0,42
SNCa	0,48	0,42	0,39	0,43

Tabela 12 - Teores de N (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	1,63	1,56	2,70	1,96
DAP	2,67	3,04	2,86	2,86
MAP	3,70	2,92	4,77	3,80
SA	2,30	3,04	2,72	2,69
NA	1,88	2,38	2,94	2,40
Gesso	3,57	2,42	2,41	2,80
SS	2,91	3,19	3,05	3,05
DAPSCa	2,71	3,65	3,10	3,15
SNCa	2,23	1,94	2,07	2,08

Tabela 13 - Teores de P (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	0,33	0,36	0,37	0,35
DAP	0,40	0,84	0,60	0,61
MAP	0,50	0,38	0,64	0,51
SA	0,38	0,65	0,63	0,55
NA	0,30	0,57	0,40	0,42
Gesso	0,43	0,61	0,45	0,50
SS	0,57	0,50	0,54	0,54
DAPSCa	0,57	0,60	0,63	0,60
SNCa	0,31	0,47	0,42	0,40

Tabela 14 - Teores de K (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	1,35	1,50	2,25	1,70
DAP	2,40	4,35	3,37	3,37
MAP	4,50	3,45	4,80	4,25
SA	2,85	4,50	5,40	4,25
NA	4,35	3,75	3,30	3,80
Gesso	4,65	2,55	4,20	3,80
SS	2,70	2,55	3,75	3,00
DAPSCa	3,60	3,45	3,30	3,45
SNCa	2,25	3,00	2,25	2,50

Tabela 15 - Teores de Ca (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	2,03	3,04	2,22	2,43
DAP	1,27	1,50	1,39	1,39
MAP	0,76	2,08	1,29	1,38
SA	0,49	2,26	0,88	1,21
NA	1,76	2,29	2,41	2,15
Gesso	1,87	3,74	2,36	2,66
SS	2,41	2,65	2,42	2,49
DAPSCa	1,78	1,35	0,93	1,35
SNCa	2,13	3,56	2,90	2,86

Tabela 16 - Teores de Mg (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro nos PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	0,54	0,66	0,70	0,63
DAP	0,59	0,50	0,55	0,55
MAP	0,52	0,58	0,54	0,55
SA	0,30	0,68	0,39	0,46
NA	0,42	0,57	0,66	0,55
Gesso	0,66	0,48	0,55	0,56
SS	0,57	0,45	0,60	0,54
DAPSCa	0,62	0,42	0,22	0,42
SNCa	0,42	0,61	0,72	0,58

Tabela 17 - Teores de S (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro nos PVls.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	0,18	0,21	0,12	0,17
DAP	0,25	0,40	0,32	0,32
MAP	0,24	0,20	0,18	0,21
SA	0,45	0,65	0,55	0,55
NA	0,15	0,11	0,12	0,13
Gesso	1,07	0,92	0,93	0,97
SS	0,58	0,52	0,57	0,55
DAPSCa	1,38	1,13	0,89	1,13
SNCa	1,46	1,03	0,97	1,16

Tabela 18 - Teores de N (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	0,96	1,48	1,33	1,26
MAP	1,09	1,19	1,47	1,25
SA	0,80	1,17	1,29	1,09
NA	0,77	0,80	1,21	0,93
Gesso	0,43	1,48	1,27	1,06
SS	1,24	1,72	1,43	1,46
DAPSCa	1,16	1,57	0,84	1,19
SNCa	0,70	1,05	1,09	0,95

Tabela 19 - Teores de P (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	0,27	0,37	0,33	0,32
MAP	0,24	0,37	0,40	0,34
SA	0,26	0,28	0,47	0,34
NA	0,23	0,25	0,33	0,27
Gesso	0,15	0,41	0,49	0,35
SS	0,28	0,40	0,27	0,32
DAPSCa	0,30	0,50	0,19	0,33
SNCa	0,22	0,33	0,34	0,30

Tabela 20 - Teores de K (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	2,37	2,12	2,98	2,49
MAP	2,92	2,95	2,52	2,80
SA	3,07	2,92	2,43	2,81
NA	2,58	3,44	2,67	2,90
Gesso	2,73	2,80	2,61	2,71
SS	2,86	2,89	2,61	2,79
DAPSCa	3,17	2,40	2,89	2,82
SNCa	2,83	2,80	2,95	2,86

Tabela 21 - Teores de Ca (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	1,78	1,74	1,87	1,80
MAP	1,96	1,43	1,87	1,75
SA	1,74	1,65	1,70	1,70
NA	1,96	1,35	2,13	1,81
Gesso	1,78	1,83	1,70	1,77
SS	1,65	1,78	2,00	1,81
DAPSCa	1,74	1,78	1,87	1,80
SNCa	1,78	2,04	1,78	1,87

Tabela 22 - Teores de Mg (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	0,24	0,27	0,30	0,27
MAP	0,26	0,30	0,32	0,29
SA	0,25	0,26	0,16	0,22
NA	0,28	0,25	0,36	0,30
Gesso	0,23	0,30	0,25	0,26
SS	0,26	0,31	0,25	0,27
DAPSCa	0,26	0,32	0,25	0,28
SNCa	0,28	0,36	0,24	0,29

Tabela 23 - Teores de S (porcentagens de matéria seca) em folhas de sorgo no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	0,17	0,15	0,20	0,17
MAP	0,13	0,21	0,17	0,17
SA	0,18	0,23	0,18	0,20
NA	0,15	0,15	0,14	0,15
Gesso	0,19	0,23	0,21	0,21
SS	0,20	0,22	0,17	0,20
DAPSCa	0,17	0,19	0,19	0,18
SNCa	0,15	0,21	0,17	0,18

Tabela 24 - Teores de N (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	2,45	2,39	2,12	2,32
MAP	2,94	2,29	2,43	2,55
SA	2,70	2,73	2,31	2,58
NA	2,59	2,17	2,64	2,47
Gesso	1,67	2,35	2,75	2,26
SS	3,30	1,97	2,22	2,50
DAPSCa	2,42	1,94	1,88	2,08
SNCa	2,05	2,34	2,50	2,30

Tabela 25 - Teores de P (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	0,21	0,30	0,36	0,29
MAP	0,40	0,26	0,30	0,32
SA	0,32	0,30	0,25	0,29
NA	0,34	0,29	0,24	0,29
Gesso	0,21	0,31	0,29	0,27
SS	0,30	0,23	0,30	0,28
DAPSCa	0,34	0,25	0,28	0,29
SNCa	0,27	0,33	0,34	0,31

Tabela 26 - Teores de K (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	4,05	3,75	1,20	3,00
MAP	3,30	1,80	3,00	2,70
SA	3,90	2,70	3,30	3,30
NA	3,30	3,15	3,00	3,15
Gesso	2,25	1,95	2,10	2,10
SS	3,60	2,70	2,55	2,95
DAPSCa	4,05	2,50	3,60	3,38
SNCa	3,90	3,30	3,60	3,60

Tabela 27 - Teores de Ca (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	4,87	4,04	4,08	4,33
MAP	4,71	4,88	3,95	4,51
SA	3,39	3,24	6,11	4,25
NA	4,50	5,33	5,35	5,06
Gesso	5,52	5,27	5,86	5,55
SS	3,93	4,03	3,64	3,87
DAPSCa	4,21	4,72	3,79	4,24
SNCa	4,54	2,65	3,47	3,55

Tabela 28 - Teores de Mg (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	0,49	0,40	0,32	0,40
MAP	0,52	0,38	0,31	0,40
SA	0,33	0,33	0,40	0,35
NA	0,45	0,43	0,38	0,42
Gesso	0,39	0,27	0,36	0,34
SS	0,50	0,40	0,33	0,41
DAPSCa	0,43	0,41	0,30	0,38
SNCa	0,35	0,39	0,28	0,34

Tabela 29 - Teores de S (porcentagens de matéria seca) em folhas de feijoeiro no LE.

TRATAMENTOS	B L O C O S			MÉDIA
	I	II	III	
Testemunha	-	-	-	-
DAP	0,12	0,13	0,16	0,14
MAP	0,16	0,13	0,08	0,12
SA	0,20	0,13	0,20	0,18
NA	0,15	0,07	0,16	0,13
Gesso	0,21	0,20	0,19	0,20
SS	0,17	0,25	0,16	0,19
DAPSCa	0,22	0,14	0,16	0,17
SNCa	0,17	0,12	0,18	0,16

Tabela 30 - Produção de batata em kg/ha. Experimento no campo.

TRATAMENTOS	B L O C O S				MÉDIA
	1	2	3	4	
Sem cobertura:					
8 - 25 - 16	10.875	11.875	10.375	16.250	12.344
10 - 30 - 20	12.750	11.875	12.500	10.625	11.938
7 - 23 - 14	7.875	15.250	11.125	12.500	11.688
4 - 14 - 8	12.500	7.500	10.375	11.125	10.375
Com cobertura:					
8 - 25 - 16	18.125	12.500	16.375	10.000	14.250
10 - 30 - 20	13.625	10.375	15.000	12.750	12.938
7 - 23 - 14	18.125	13.125	11.250	14.375	14.219
4 - 14 - 8	8.500	17.500	15.000	13.500	13.625

Tabela 31 - Resultados obtidos no experimento para os parâmetros analisados.

PARCE- LAS	GESSO kg/ha	Ca ⁺⁺ emg/100ml	S-SO ₄ µg/ml	PRODU- ÇÃO kg/ha	PESO DE 1000 SEMENTES (g)	Nº DE VA- GENS/PLANTA
T _{1,1}	0	1,3	1,0	923	134,8	24,4
T _{1,2}	0	1,4	1,0	1120	139,7	22,0
T _{1,3}	0	1,4	1,0	1240	147,6	30,2
T _{1,4}	0	1,4	1,1	1135	132,3	21,0
T _{2,1}	50	1,6	1,8	1450	161,7	38,5
T _{2,2}	50	1,7	1,6	1108	157,7	27,5
T _{2,3}	50	1,6	1,5	1396	150,3	35,8
T _{2,4}	50	1,7	1,5	1237	144,7	25,8
T _{3,1}	100	1,8	2,0	1548	160,7	41,6
T _{3,2}	100	1,8	2,0	1586	172,7	40,7
T _{3,3}	100	1,9	2,0	1535	163,4	41,0
T _{3,4}	100	1,9	1,8	1470	161,3	44,7
T _{4,1}	150	1,9	2,0	1546	169,8	37,5
T _{4,2}	150	2,0	2,5	1819	168,2	34,6
T _{4,3}	150	2,0	2,0	1494	160,7	38,4
T _{4,4}	150	2,0	2,2	1548	161,0	48,0
T _{5,1}	200	2,1	3,0	1824	165,7	26,8
T _{5,2}	200	2,2	2,5	1562	160,0	43,3
T _{5,3}	200	2,1	2,6	1605	158,2	34,0
T ₅	200	2,2	2,7	1528	151,0	43,2
T _{6,}	250	2,3	3,1	1890	171,8	44,5
T	250	2,3	2,5	1569	157,3	29,4
T	250	2,4	3,0	1654	150,4	38,2
T	250	2,4	2,8	1682	160,4	48,7
T	300	2,6	2,6	1557	154,5	33,5
T	300	2,6	2,6	1620	160,4	34,0
T	300	2,6	2,6	1690	148,8	35,0
T	300	2,8	2,8	1625	154,0	28,6