

## EFEITOS DA APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES E DE NÍVEIS DE CALAGEM EM LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS. II. CENTROSEMA E GALÁXIA CULTIVADAS EM VASOS (1)

(Effects of liming and micronutrient addition on forage legumes. II. Centro and galaxia grown in pots)

FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO (2), EURÍPEDES MALAVOLTA (3)  
e JOAQUIM CARLOS WERNER (4)

**RESUMO:** Em um experimento de vasos, em casa de vegetação no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa (SP), com um solo Podzólico Vermelho-Amarelo - variação Laras, foram cultivadas a centrosema (*Centrosema pubescens* Benth.) e a galáxia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.). Estudaram-se quatro níveis de calagem (0; 0,83; 1,66 e 2,49t/ha) e, dentro de cada nível de calagem, testaram-se, num fatorial 2<sup>2</sup>, os efeitos do molibdênio e do boro + cobre + zinco. Empregou-se o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. A produção de matéria seca, a nodulação e o nitrogênio total na galáxia colhida no primeiro corte e na centrosema foram crescentes com as doses de calcário dolomítico, e os máximos valores para essas variáveis seriam obtidos com níveis superiores aos aplicados. No segundo corte da galáxia, essas três variáveis seguiram uma equação do terceiro grau, e o máximo valor para o nitrogênio total na galáxia ocorreria mediante a aplicação de 0,72t de calcário por hectare. Esse ponto de máximo ocorreu em pH = 5,05, Al<sup>3+</sup> trocável = 0,45 e mg/100ml, V = 23,2% e saturação em alumínio = 33,2%, por ocasião da semeadura da leguminosa. O molibdênio foi o micronutriente que proporcionou as respostas mais favoráveis nas duas leguminosas, enquanto a aplicação de boro + cobre + zinco resultou em elevação nos teores de boro na parte aérea das plantas. A calagem proporcionou significativas variações na composição mineral das leguminosas estudadas.

### INTRODUÇÃO

O aproveitamento do potencial de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas forrageiras constitui uma alternativa importante para se introduzir nitrogênio na pastagem. Para que se possa bem aproveitar esse potencial, entretanto, necessário se torna que tanto a leguminosa como o *Rhizobium* estejam adequadamente nutridos. Nesse aspecto, a calagem e os micronutrientes são pontos que merecem realce.

A necessidade de calagem para cultivo de leguminosas de origem tropical e subtropical em solos ácidos é ponto de muita discussão. Para NORRIS<sup>30</sup> e ANDREW & NORRIS<sup>5</sup>, essas leguminosas toleram a acidez e prosperam bem em solos ácidos. Já

MUNNS & FOX<sup>28</sup> não colocam em evidência esse tipo de tolerância para todo o grupo de leguminosas tropicais, mas apontam uma resposta diferenciada à calagem, em função da espécie considerada.

Por outro lado, a disponibilidade dos micronutrientes varia sensivelmente em função do pH do solo (MALAVOLTA<sup>20</sup> e LINDSAY<sup>18</sup>), de tal forma que se torna importante estudar o emprego desses elementos minerais em conjugação com níveis de calagem no solo.

Os aspectos gerais da acidez e necessidade de calagem em solos tropicais, bem como as funções dos micronutrientes no sistema leguminosa-*Rhizobium*, são discutidos na primeira parte deste trabalho, relatada por MONTEIRO et alii<sup>25</sup>.

(1) Parte do Projeto IZ-435 e da dissertação apresentada pelo primeiro autor à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, para obtenção do grau de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas. Parte do acordo IZ/NESTLÉ. Recebido para publicação a 24 de julho de 1981.

(2) Da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.

(3) Do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba (SP).

(4) Da Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.



As influências do pH, do cálcio e do magnésio na nodulação e no desenvolvimento de leguminosas são discutidas por ANDREW<sup>1,2,3</sup>, NORRIS<sup>31</sup> e MUNNS<sup>27</sup>.

O excesso de alumínio trocável nos solos ácidos prejudica o desenvolvimento das plantas (ANDREW<sup>2</sup> e KAMPRATH<sup>17</sup>), principalmente as leguminosas no desenvolvimento da plântula, sendo o principal efeito negativo desse excesso a inibição do crescimento radicular (RORISON<sup>35</sup>).

A toxidez de manganês ocorre mais comumente nas leguminosas que em plantas de outras famílias e seu maior efeito está na fase de germinação e no desenvolvimento da nascidica (ANDREW<sup>3</sup>).

ANDREW & HEGARTY<sup>4</sup> e SOUTO & DÖBEREINER<sup>38</sup>, submetendo leguminosas forrageiras a níveis de manganês, puderam verificar ampla variação entre as espécies estudadas, quanto à sensibilidade para toxidez ao excesso desse elemento. Já FRANCO & DÖBEREINER<sup>14</sup> verificaram, com soja, que a nodulação e a fixação de nitrogênio foram mais sensíveis à toxidez de manganês do que a produção de matéria seca da planta.

## A. Respostas da centrosema ou da galáxia à calagem

### a) Estudos com centrosema

ANDREW & NORRIS<sup>5</sup> cultivaram nove leguminosas forrageiras em um solo com pH 5,5 e com 0,1 equivalente miligrama de cálcio trocável por 100 gramas de solo que representava 3% da capacidade de troca de cátions do referido solo, empregando oito níveis de carbonato de cálcio (0 a 2.500kg/ha). Uma das espécies estudadas foi a centrosema, que mostrou acréscimos na produção de matéria seca e no nitrogênio total da parte aérea até a dose de 1.250kg de carbonato de cálcio por hectare (a qual elevou o pH do solo a 6,4). A avaliação da nodulação efetuada para os tratamentos entre a dose 0 e 750kg de carbonato de cálcio por hectare mostrou crescente número e peso de nódulos da centrosema. O teor de cálcio na parte aérea da leguminosa foi crescente do menor até os dois maiores níveis de calagem.

DÖBEREINER & ARONOVICH<sup>10</sup> estudaram, em centrosema, o efeito da aplicação do calcário num solo com problemas reconhecidos de toxidez de manganês: verificaram aumentos significativos na produção de matéria seca, no número de nódulos e no nitrogênio total da centrosema, mediante a aplicação do calcário que elevou o pH do solo de 4,7 para 5,8. O teor de manganês das plantas oriundas de vasos com calcário e dependentes do nitrogênio fixado biologicamente foi menor que 100 ppm, enquanto nos vasos sem calcário esse teor foi ligeiramente superior a 300 ppm.

FRANÇA & CARVALHO<sup>12</sup> cultivaram, entre outras leguminosas, a centrosema num solo de cerrado com pH = 4,3, cálcio trocável baixo, traços de magnésio trocável e alumínio trocável de 0,62 equivalente miligrama por 100 gramas de solo: houve aumentos significativos na produção de matéria seca e no nitrogênio total da leguminosa, bem como decréscimo na massa nodular da centrosema, mediante o emprego do calcário que elevou o pH do solo a 6,0.

As respostas de centrosema ao emprego de sete níveis de calagem em um Latossolo de cerrado foram estudadas por JONES & FREITAS<sup>15</sup>. O pH do solo variou de 4,5 a 6,8 e os AA. constataram que a produção de matéria seca dessa leguminosa foi incrementada até o quinto nível de calagem (pH 6,4 no início do experimento), a partir do qual essa variável sofreu seqüentes decréscimos. A aplicação do calcário resultou em elevações nos teores de proteína, de cálcio e de magnésio e em decréscimos nos de potássio e de manganês na planta.

A aplicação de calcário a um Latossolo Vermelho cultivado com oito leguminosas forrageiras foi estudada por JONES et alii<sup>16</sup>. O pH do solo foi elevado de 4,7 para 7,6, o que resultou, para a centrosema, em aumentos significativos na produção de matéria seca e no nitrogênio total, e em reduções expressivas nos teores de boro, zinco, manganês e ferro.

Estudando os efeitos do emprego da calagem a um Latossolo Vermelho-Escuro (o pH elevou-se de 4,7 para 5,8), CARVALHO et alii<sup>7</sup> cultivaram, entre outras leguminosas, a centrosema: a calagem não fez variar significativamente a produção de matéria seca, o nitrogênio total e o número e o peso de nódulos dessa espécie forrageira.

Cultivando a centrosema em dois solos da Nigéria, nos quais estudaram a calagem na forma de carbonato de cálcio, ODU et alii<sup>32</sup> puderam verificar que os mais altos valores para a produção de matéria seca e para o número de nódulos, bem como as mais eficientes fixações de nitrogênio, ocorreram em pH final de 6,1 e 6,4 para cada um dos dois solos.

TEITZEL & BRUCE<sup>39</sup> realizaram uma série de onze experimentos em vasos com solos originados de basaltos, na Austrália, e em um deles cultivaram a centrosema. Esse solo tinha pH 6,0; cálcio trocável de 1,92 miliequivalente por cento e magnésio trocável de 0,88 miliequivalente por cento. Verificaram respostas significativas e positivas em termos de produção de matéria seca e porcentagem de nitrogênio na leguminosa, para uma aplicação de 560kg de carbonato de cálcio por hectare.

Realizando um ensaio em casa de vegetação, WERNER & MATTOS<sup>46</sup> cultivaram a centrosema num Latossolo Vermelho-Escuro — orto e testaram,



entre outros tratamentos, três níveis de calagem. O solo original tinha pH 5,30 e alumínio trocável de 0,70 equivalente miligrama por 100 mililitros de T.F.S.A. A calagem para neutralizar o alumínio trocável, além de realmente conseguir essa neutralização, elevou o pH do solo a 5,8, enquanto a calagem para pH 6,5 elevou-o a 6,1. A produção de matéria seca e o peso de nódulos decresceram à medida que se aplicaram as doses de calcário. Estas, por sua vez, resultaram em aumentos nos teores de nitrogênio, cálcio, fósforo, molibdênio e cobre nas plantas. Os teores de zinco e de manganês, bem como o nitrogênio total nas plantas, sofreram aumentos com a calagem para neutralização do alumínio trocável, mas voltaram a decrescer com a mais alta dose de calagem.

TRIGOSO & FASSBENDER<sup>41</sup> cultivaram, entre outras, a centrosema num Ultisol ácido da Costa Rica. Puderam constatar, em termos de calagem, a resposta favorável na produção de matéria seca, na massa nodular, na quantidade de nitrogênio fixado nos nódulos e no nitrogênio absorvido por essa leguminosa.

SOARES & VARGAS<sup>37</sup> estudaram o efeito da calagem na centrosema cultivada em três Latossolos coletados em região de cerrado. Esses solos tinham pH e alumínio trocável (equivalente miligrama por 100 gramas de T.F.S.A.) de 5,2 e 0,9; 5,2 e 0,7 e 4,2 e 2,0 e receberam calagem à base de 1,8; 2,8 e 6,0 toneladas de calcário respectivamente. Verificaram, em todos os solos, que a aplicação de calcário resultou em efeitos significativos e benéficos na produção de matéria seca da parte aérea, no sistema radicular e no teor de proteína da leguminosa.

#### b) Estudos com galáxia

Segundo MATTOS & ALCANTARA<sup>22</sup>, a primeira coleta e introdução dessa leguminosa foi realizada em 1963, iniciando-se mais tarde os estudos a seu respeito em Nova Odessa. Embora apresentem uma série de características favoráveis da galáxia para uso na alimentação animal, os estudos sobre a nutrição mineral dessa espécie são ainda muito escassos. Com relação a esse aspecto, os referidos autores mencionam que a galáxia tolera solos de baixo pH e se desenvolve bem mesmo naqueles de baixa fertilidade.

MATTOS & WERNER<sup>23</sup>, realizando ensaio de vasos com a galáxia num solo Podzólico Vermelho-Amarelo — variação Laras com pH inicial de 5,8, verificaram que a omissão de calagem não resultou em redução significativa na produção de matéria seca da leguminosa.

A galáxia, entre outras leguminosas, foi cultivada por MIRANDA<sup>24</sup> em um Podzólico Vermelho-Amarelo (pH 5,7 e Al<sup>3+</sup> trocável = 0,08 equivalente miligrama por 100 gramas de T.F.S.A.) e em uma

Areia Quartzosa distrófica (pH 5,0 e Al<sup>3+</sup> trocável = 1,04 equivalente miligrama por 100 gramas de T.F.S.A.). Aplicou o corretivo sob a forma de carbonato de cálcio, à base de 2,0 toneladas por hectare na Areia Quartzosa e 1,5 tonelada por hectare no Podzólico e também estudou cálcio e magnésio como nutrientes dentro da série de tratamentos. A ausência somente de calagem não resultou em variação significativa na produção de matéria seca da galáxia; entretanto, essa variável foi significativamente reduzida quando se omitiu calagem + cálcio, no Podzólico. Na Areia Quartzosa, tanto a omissão exclusiva do corretivo como a ausência de calagem + cálcio proporcionaram aumentos na produção de matéria seca dessa leguminosa. Na análise química das plantas, verificou-se aumento no teor de cálcio e diminuição nos teores de boro, ferro e manganês, mediante o emprego da calagem em qualquer dos solos.

Em trabalho com uma Areia Quartzosa coletada no cerrado de Brotas (pH = 4,8 e Al<sup>3+</sup> trocável = 0,8 equivalente miligrama por 100 mililitros de T.F.S.A.), MONTEIRO\* verificou que a calagem foi um dos três fatores mais limitantes a um adequado desenvolvimento da galáxia nesse solo.

#### B. Respostas de centrosema e de galáxia à aplicação de micronutrientes no solo

À semelhança do procedimento adotado ao se analisar a calagem, tratar-se-á aqui somente daqueles trabalhos experimentais relatados com centrosema e com galáxia.

##### a) Estudos com centrosema

ANDREW & THORNE<sup>6</sup> testaram as respostas de leguminosas temperadas e tropicais (entre as quais a centrosema) ao emprego de níveis de cobre. A aplicação de seis níveis de cobre (0 a 8kg de sulfato de cobre por hectare) a um solo com pH inicial de 5,5 e recebendo 625kg de carbonato de cálcio por hectare, resultou em expressivos aumentos na produção de matéria seca e no teor desse micronutriente na parte aérea da centrosema. O tratamento que não recebeu cobre mostrou uma produção de matéria seca de 45% da máxima alcançada no ensaio. Em outro experimento, com solução nutritiva, também ocorreram expressivas elevações na produção de matéria seca e na concentração de cobre na parte aérea da planta. Nesse segundo ensaio, as plantas crescidas na solução que não recebeu cobre, tiveram produção de 17% da máxima alcançada.

FRANÇA & CARVALHO<sup>12</sup> empregaram os micronutrientes boro, cobre, ferro, molibdênio e

(\*) MONTEIRO, F. A. — Comunicação pessoal de dados a serem publicados. 1981.



zincos em conjunto num Latossolo Vermelho de cerrado (com pH 6,0 após calagem) cultivado com leguminosas forrageiras. Para a centrosema, verificaram que os micronutrientes proporcionaram aumentos significativos na produção de matéria seca, no peso de nódulos e no nitrogênio total na planta.

JONES et alii<sup>16</sup> cultivaram a centrosema num Latossolo Vermelho de cerrado, em presença de calagem que elevou o pH a 7,6 e estudaram a omissão conjunta de boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco. Observaram que a ausência dos micronutrientes provocou significativos decréscimos na produção de matéria seca e no nitrogênio total e acréscimos no teor de nitrogênio na leguminosa. Em outro experimento, os mesmos AA. constataram que a aplicação de cobre diminuiu significativamente a produção de matéria seca da centrosema desenvolvida num Regossolo (pH final de 6,1).

A aplicação de três níveis de molibdênio (0,25; 0,50 e 3,0 ppm) em uma solução nutritiva contendo excesso de manganês, para o cultivo de leguminosas forrageiras, foi estudada por TRUONG et alii<sup>42</sup>; a produção de matéria seca da centrosema não variou significativamente com a adição desse micronutriente.

Trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro — fase mata (com calagem que elevou o pH a 5,8), CARVALHO et alii<sup>7</sup> aplicaram os micronutrientes boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco no cultivo da centrosema, sem obter qualquer efeito significativo pelo emprego desses nutrientes, nas variáveis estudadas.

Trabalhando com solos de origem basáltica de Queensland (Austrália), TEITZEL & BRUCE<sup>39</sup> realizaram uma série de experimentos com leguminosas forrageiras, nos quais testaram a deficiência geral de nutrientes. Em um dos experimentos, cultivando a centrosema em solo com pH = 6,0, verificaram que o molibdênio contribuiu para aumentos na produção de matéria seca e no teor de nitrogênio da planta, quer em presença, quer em ausência de calagem. Verificaram ainda que, em amostragens realizadas em pastagens cultivadas próximo aos seus experimentos, houve aumento de 27% no nitrogênio da centrosema, bem como maior lotação da pastagem, devidos ao acréscimo do molibdênio ao superfosfato na adubação da pastagem consorciada.

A adição de boro, cobre, molibdênio e zinco juntos a uma adubação completa para centrosema cultivada num Latossolo Vermelho-Escuro — orto, foi estudada por WERNER & MATTOS<sup>46</sup>. O pH do solo estava em torno de 5,8 a 5,9. Verificaram que a adição conjunta dos quatro micronutrientes resultou em decréscimos na produção de matéria seca, no número e peso de nódulos e no nitrogênio total da planta, bem como nos teores de cobre e zinco na leguminosa. Posteriormente, WERNER &

MATTOS<sup>45</sup> trabalharam com a centrosema cultivada em solo coletado no mesmo local do ensaio anterior, testando os quatro micronutrientes num esquema fatorial. O pH do solo ao final do ensaio era 6,03. Puderam os AA. constatar que o molibdênio provocou aumentos significativos na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total na planta. O boro produziu aumento significativo no número de nódulos, enquanto o cobre e o zinco isoladamente não provocaram efeitos significativos nas variáveis estudadas. O cobre e o molibdênio mostraram interação significativa e positiva na produção de matéria seca e de nitrogênio total na leguminosa, ao passo que as interações tríplices (boro, cobre e zinco) ou a quádrupla (boro, cobre, molibdênio e zinco) foram significativas e negativas para o nitrogênio total na centrosema. Ainda aquela interação tríplice foi prejudicial à concentração de nitrogênio na planta.

O emprego conjunto de molibdênio e cobre em parcelas consorciadas de centrosema com capim-gordura, no mesmo local de onde foi retirado o solo para os ensaios de vasos de WERNER & MATTOS<sup>45,46</sup>, é relatado por WERNER<sup>42</sup>. Estando o solo com um pH = 5,3, o autor mostra aumentos da ordem de 86; 108 e 139% na produção de matéria seca da centrosema, nos três primeiros cortes do experimento, mediante a aplicação dos micronutrientes. Também, por ocasião do terceiro corte, a centrosema tinha sua porcentagem sobre a produção total da parcela mais que duplicada, quando em presença desses dois elementos.

TRIGOSO & FASSBENDER<sup>41</sup> cultivaram, entre outras, a centrosema num Ultisol ácido da Costa Rica, constatando, em termos de calagem, a resposta favorável na produção de matéria seca, na massa nodular e na quantidade de nitrogênio absorvido por essa leguminosa.

SOARES & VARGAS<sup>37</sup>, cultivando a centrosema em três latossolos, em presença de calagem, verificaram que o boro induziu significativos aumentos na produção de matéria seca e de proteína dessa leguminosa no Latossolo Vermelho-Escuro. A adição conjunta de quatro micronutrientes (cobre, manganês, molibdênio e zinco) teve efeito benéfico na produção de matéria seca e na eficiência de fixação de nitrogênio. Os autores atribuem esses benefícios à adição de molibdênio.

A aplicação de quatro micronutrientes num esquema fatorial, a um solo Podzolizado de Lins e Marília coletado em Andradina (SP) e cultivado com a centrosema, foi estudada por MONTEIRO et alii<sup>26</sup>, que verificaram efeitos significativos desses elementos somente no segundo corte do experimento, quando o molibdênio influenciou em aumentos na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total na planta. O cobre resultou em variação



positiva no teor de nitrogênio na leguminosa, enquanto o boro e o zinco, isoladamente, não mostraram efeitos nas variáveis abordadas.

Em outro solo Podzolicado de Lins e Marília, coletado em São José do Rio Preto (SP), WERNER et alii<sup>47</sup> realizaram um ensaio fatorial com boro, cobre, molibdênio e zinco em centrosema. Puderam constatar os efeitos desses nutrientes no segundo corte do experimento: houve influências significativas e positivas do molibdênio na porcentagem de nitrogênio e do molibdênio e do zinco no nitrogênio total na leguminosa. Efeitos significativos e negativos no seu teor de nitrogênio foram obtidos com o emprego do boro.

DE-POLLI et alii<sup>9</sup> realizaram a aplicação de micronutrientes num solo Podzólico Vermelho-Amarelo com pH 5,5 cultivado com centrosema: constataram que o molibdênio influenciou aumentos significativos na produção de matéria seca, na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total na planta, mas resultou em decréscimo significativo no número e peso de nódulos totais na leguminosa. O zinco favoreceu aumentos na produção de matéria seca e no nitrogênio total, enquanto o boro proporcionou elevação significativa no nitrogênio total. A aplicação de cobre não resultou em variação significativa quer no crescimento, quer na nodulação da centrosema.

A aplicação de micronutrientes na forma de FTE-BR 15 (contém somente boro, cobre, molibdênio e zinco) em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo destinado ao desenvolvimento da centrosema, foi efetuada por NERY et alii<sup>29</sup>. Com aplicação normal da formulação no solo (40kg/ha), os efeitos foram muito insignificantes na centrosema, enquanto pesada adubação (200kg FTE-BR 15/ha) provocou aumentos em torno de 25% na produção de matéria seca, no número e peso de nódulos totais, e de cerca de 10% no nitrogênio total dessa leguminosa.

## b) Estudos com galáxia

MATTOS & WERNER<sup>23</sup> estudaram os efeitos da aplicação de boro e molibdênio em um Podzólico Vermelho-Amarelo — variação Laras, no qual cultivaram a galáxia. O molibdênio não provocou variação na produção de matéria seca da leguminosa, enquanto na ausência de boro essa variável tendeu a aumentá-la, fazendo com que os autores levantassem a suspeita de possível toxidez de boro na galáxia.

Em trabalho relatado pela EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA<sup>11</sup> e conduzido num Latossolo Roxo de cerrado, com galáxia, constatou-se que a omissão de boro resultou em sensíveis decréscimos da produção de matéria seca, do número e do peso de nódulos dessa leguminosa.

MIRANDA<sup>24</sup> cultivou a galáxia (entre outras leguminosas forrageiras) nos solos Podzólico Vermelho-Amarelo e Areia Quartzosa distrófica, em presença de calagem (pH de 6,3 e 5,9 respectivamente), e estudou a omissão de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco em conjunto. Observou, em ambos os solos, significativos decréscimos na produção de matéria seca e nos teores de boro e cobre na galáxia, mediante a ausência dos micronutrientes. Também no Podzólico, o teor de zinco na planta foi reduzido naquele tratamento.

MONTEIRO\*, trabalhando com uma Areia Quartzosa coletada no cerrado de Brotas (SP), constatou que o molibdênio foi um dos três fatores nutricionais mais limitantes ao desenvolvimento da galáxia.

## MATERIAL E MÉTODOS

No Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa (SP), foi conduzido um experimento de vasos, em casa de vegetação, com as leguminosas centrosema (*Centrosema pubescens* Benth.) e galáxia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.).

Empregou-se um solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo — variação Laras, coletado a uma profundidade de 0-30cm, seco à sombra e peneirado (peneira de 3mm nos crivos). Os parâmetros da análise química do solo preparado revelaram: matéria orgânica = 2,1%; pH = 4,8;  $Al^{3+}$  = 0,8;  $H^+$  = 2,95;  $Ca^{2+}$  = 0,3;  $Mg^{2+}$  = 0,1;  $K^+$  = 0,07 e  $PO_4^{3-}$  = 0,02 equivalente miligrama por 100 mililitros de terra fina seca ao ar.

Foram utilizados vasos de cerâmica, com 5kg de terra em cada um, pintados internamente com tinta impermeabilizante e revestidos com sacos plásticos.

Quidou-se de estudar quatro níveis de calagem e dentro de cada um desses níveis realizou-se um fatorial de micronutrientes. Os dezesseis tratamentos obtidos foram dispostos em blocos ao acaso, com três repetições. Ei-los:

(\* MONTEIRO, F. A. — Comunicação pessoal de dados a serem publicados. 1981.



1. Calagem 0 - sem micronutrientes;
2. Calagem 0 + Mo;
3. Calagem 0 + (B + Cu + Zn);
4. Calagem 0 + (Mo + B + Cu + Zn);
5. Calagem 1 - sem micronutrientes;
6. Calagem 1 + Mo;
7. Calagem 1 + (B + Cu + Zn);
8. Calagem 1 + (Mo + B + Cu + Zn);
9. Calagem 2 - sem micronutrientes;
10. Calagem 2 + Mo;
11. Calagem 2 + (B + Cu + Zn);
12. Calagem 2 + (Mo + B + Cu + Zn);
13. Calagem 3 - sem micronutrientes;
14. Calagem 3 + Mo;
15. Calagem 3 + (B + Cu + Zn);
16. Calagem 3 + (Mo + B + Cu + Zn).

Os níveis de calagem designados de 0 a 3 responderam a 0; 0,83; 1,66 e 2,49 toneladas de calcário por hectare e a 0, 1,66; 3,32 e 4,98 gramas de corretivo por vaso respectivamente. O nível mais elevado (calagem 3) foi obtido através da incubação do solo com os óxidos de cálcio e de magnésio, em proporção semelhante à encontrada no corretivo, objetivando elevar o pH a 6,5. As doses intermediárias de calcário foram igualmente espaçadas, visto que a calagem para neutralizar o alumínio trocável ( $1,5 \times 0,8$  e.mg  $Al^{3+}$  trocável) e a determinada para elevar o cálcio mais o magnésio a 2,0 ( $2,0 - 0,3$  e.mg  $Ca^{2+}$  trocável -  $0,1$  e.mg  $Mg^{2+}$  trocável) estavam dentro dos limites estudados.

O calcário dolomítico empregado possuía 29,09% de CaO; 11,84% de MgO e 17,90% de sílica e materiais insolúveis.

Aplicou-se o calcário em 06/02/75, misturando-o ao solo e, em seguida, foi adicionada água destilada e deionizada até próximo à capacidade de campo do solo.

Cerca de 40 dias após a calagem, em 19/03/75, efetuou-se o plantio das duas espécies. Logo após a semeadura, todos os vasos receberam uma solução contendo fósforo (100kg de  $P_2O_5$ /hectare, como  $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$  à base de 389mg/vaso), potássio e enxofre (90kg de  $K_2O$ /hectare e 31kg de S/hectare como  $K_2SO_4$  à base de 333mg/vaso).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dia antes do plantio das leguminosas, foram coletadas amostras de solo nos vasos, sendo os efeitos gerais da calagem verificados nas análises químicas dessas amostras ilustrados na figura 1.

Os efeitos da calagem nesse solo foram discutidos na primeira parte deste trabalho, relatada por MONTEIRO et alii<sup>25</sup>.

O molibdênio foi adicionado à base de 0,25kg/ha, nos tratamentos respectivos, como . . . . .  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$  (1,26mg/vaso). Da mesma forma, o boro (0,5kg/ha), o cobre (2,0kg/ha) e o zinco (2,0kg/ha) foram empregados como  $H_3BO_3$  (5,64mg/vaso),  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (15,75mg/vaso) e quelato de Zn (28,57mg/vaso) respectivamente.

Os vasos foram irrigados diariamente com água destilada e deionizada e, após a realização de desbastes periódicos, foram deixadas cinco plantas por vaso.

Ao atingir 54 dias após a semeadura (em 12/05/75), a galáxia sofreu o primeiro corte, enquanto o segundo e último foi realizado em 30/06/75 (49 dias após o primeiro corte). A centrosema foi submetida a um único corte, em 02/06/75, ou seja, 75 dias após o plantio.

Após o corte final, as raízes foram lavadas com água corrente e depois com água destilada e deionizada, separando-se e contando-se os nódulos em cada vaso.

Todo o material colhido foi posto a secar a 65°C em estufa de circulação forçada de ar, durante 48 horas. Uma vez secos, a parte aérea, as raízes e os nódulos foram pesados separadamente. Após essa operação, tanto a parte aérea como as raízes foram trituradas em moinho tipo Wiley e encaminhadas ao laboratório. Em ambas, foi determinado o nitrogênio, conforme LOTT et alii<sup>19</sup>. Na parte aérea, tratou-se de determinar fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, segundo SARRUGE & HAAG<sup>36</sup>.

Realizou-se uma amostragem de solo, de acordo com os níveis de calagem, um dia antes do plantio das leguminosas (18/03/75). Novamente, no dia do corte final das espécies, foram retiradas amostras de solo, segundo os tratamentos empregados, analisando-se pH, alumínio trocável, cálcio trocável, magnésio trocável e fósforo solúvel, conforme CATANI & JACINTHO<sup>8</sup>, e a matéria orgânica de acordo com RAIJ & ZULLO<sup>34</sup>. Também, em parte das amostras foi determinado o hidrogênio trocável, segundo CATANI & JACINTHO<sup>8</sup>. Todos os dados obtidos foram analisados estatisticamente, de acordo com PIMENTEL GOMES<sup>33</sup>, sendo as análises processadas em computador eletrônico.

No quadro 1 constam os resultados das análises químicas das amostras de solo, retiradas no dia da colheita final de cada leguminosa estudada. Pode-se verificar que a calagem fez elevar o pH, o cálcio trocável, o magnésio trocável, a soma de bases permutáveis (S) e a saturação em bases (V). Simultaneamente, a aplicação do calcário fez reduzir o

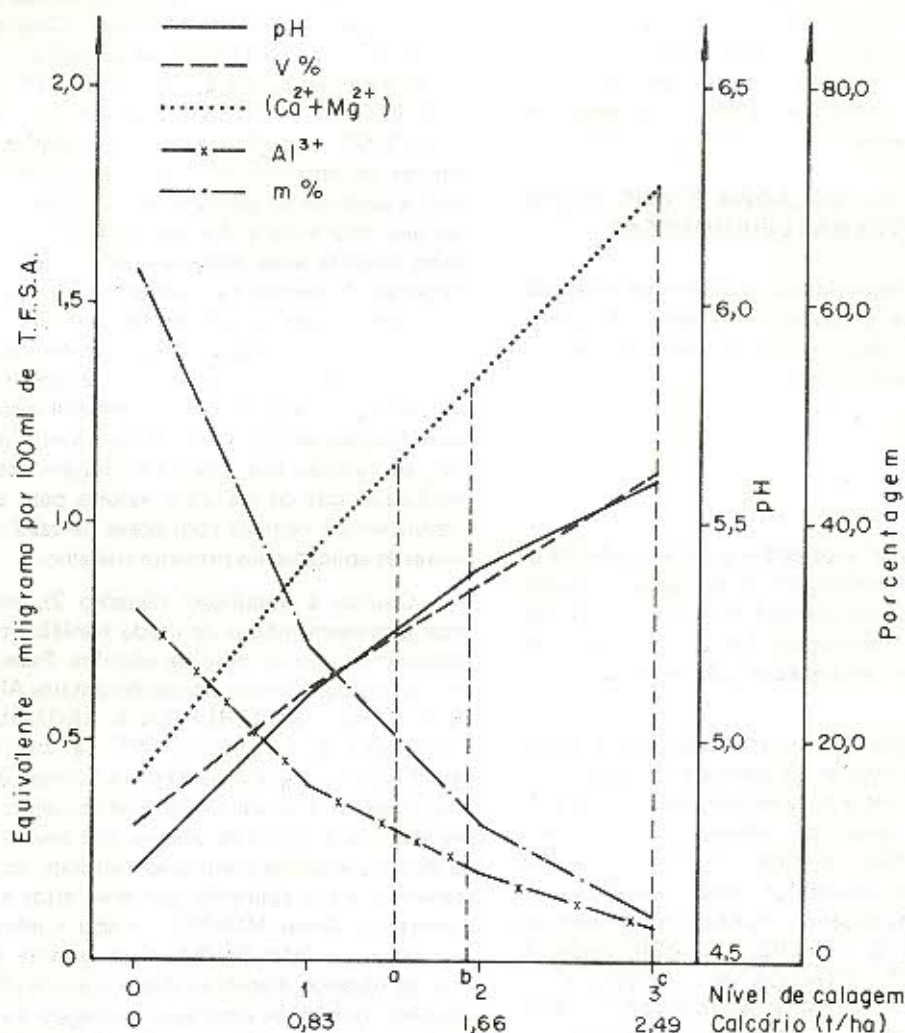


Fig. 1. Variação obtida no pH, Al<sup>3+</sup>, (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>), V% e m% do solo, mediante os níveis de calagem: a, b e c - calagem para neutralizar o Al trocável (Al x 1,5), para elevar o (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) a 2,0 e para elevar o pH a 6,5 respectivamente.

#### QUADRO 1

Resultados das análises químicas do solo, em amostras tomadas no dia da colheita final<sup>a</sup> de cada leguminosa forrageira cultivada. Médias de quatro repetições

Espécie	Nível de calagem %	M.O.	pH	equivalentes-miligramas por 100ml T.F.S.A.									
				Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	H <sup>+</sup>	S	T	V <sup>b</sup> %	m <sup>c</sup> %
Centrosema	0	2,1	5,0	0,78	0,20	0,00	0,11	0,08	2,94	0,31	4,03	7,7	71,6
	1	2,0	5,2	0,48	0,48	0,20	0,11	0,08	2,92	0,79	4,19	18,6	37,8
	2	2,0	5,5	0,20	0,62	0,32	0,09	0,08	2,72	1,03	3,95	26,1	16,3
	3	2,2	5,7	0,02	0,72	0,40	0,09	0,08	2,65	1,21	3,88	31,2	1,6
Galáxia	0	2,2	4,9	0,80	0,30	0,10	0,08	0,06	-	0,48	-	-	62,5
	1	2,2	5,3	0,50	0,58	0,25	0,08	0,06	-	0,91	-	-	35,5
	2	2,1	5,6	0,22	0,88	0,42	0,08	0,06	-	1,38	-	-	13,8
	3	2,2	5,8	0,00	1,15	0,58	0,08	0,06	-	1,81	-	-	0,0

(a) Amostras retiradas cerca de 116 e 144 dias após a calagem respectivamente para centrosema e galáxia;

(b) Calculado através da fórmula 100.S/T;

(c) Calculado através da fórmula 100.Al/(S + Al).



alumínio trocável, a saturação em alumínio (m) e o hidrogênio trocável do solo. Também, pode-se notar ligeiras variações nos valores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis e na soma de bases trocáveis, quando se comparam os dados coletados para as duas leguminosas.

## 1. EFEITOS DA CALAGEM E DOS MICRONUTRIENTES NAS LEGUMINOSAS

Para cada leguminosa, os efeitos da aplicação de calcário e de micronutrientes serão discutidos separadamente, embora os dados coletados tenham sido analisados em conjunto.

### A. Centrosema

#### a) Calagem

Os resultados verificados para a produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes na centrosema, em função das quatro doses de calagem empregadas, são mostrados nos quadros 2 e 3.

As produções da matéria seca (parte aérea, raízes e planta inteira) apresentadas no quadro 2, foram significativa e linearmente aumentadas pela aplicação dos níveis de calcário ( $Y = 5,178 + 1,323X$ ;  $Y = 3,536 + 0,456X$  e  $Y = 8,714 + 1,779X$  respectivamente). Aumentos nessa variável, como um resultado da calagem, também foram obtidos por ANDREW & NORRIS<sup>5</sup>, DÖBEREINER & ARONOVICH<sup>10</sup>, FRANÇA & CARVALHO<sup>12</sup>, JONES et alii<sup>16</sup>, SOARES & VARGAS<sup>37</sup>, TEITZEL & BRUCE<sup>40</sup> e TRIGOSO & FASSBENDER<sup>41</sup>. Na ausência de calagem, a produção de matéria seca da parte aérea da leguminosa foi cerca de 62% do máximo alcançado no nível 3 de calagem, o que está bem próximo dos 52% verificados por ANDREW & NORRIS<sup>5</sup>.

A porcentagem de nitrogênio tanto na parte aérea como nas raízes (Quadro 2) sofreu aumento linear e significativo como resultado da adição das doses de calcário ( $Y = 1,478 + 0,310X$  e  $Y = 1,657 + 0,117X$  respectivamente). Esse resultado está de acordo com aqueles de JONES & FREITAS<sup>15</sup>, SOARES & VARGAS<sup>37</sup>, TEITZEL & BRUCE<sup>40</sup> e WERNER & MATTOS<sup>46</sup>. Os teores de nitrogênio da parte aérea (Quadro 2) estão entre os mais baixos obtidos por ANDREW & NORRIS<sup>5</sup> e são bem menores que os verificados por WERNER & MATTOS<sup>46</sup>. Entretanto, os teores desse nutriente obtidos nos dois níveis mais altos de calagem (2,01 e 2,22% de N) são bem superiores àqueles relatados por WERNER & MATTOS<sup>44</sup>.

O nitrogênio total na parte aérea, nas raízes e, por conseguinte, na planta inteira (Quadro 2) foi significativo e linearmente aumentado com a aplicação das doses de calcário dolomítico ( $Y = 73,158 + 46,977X$ ;  $Y = 58,083 + 13,523X$  e  $Y = 131,241 + 60,230X$  respectivamente). Comparando-se os valores encontrados no nível máximo de calagem com a ausência de aplicação do corretivo, constata-se que essa variável foi aumentada 2,5; 1,5 e 2,1 vezes na parte aérea, raízes e planta inteira respectivamente. Aumentos no nitrogênio total da centrosema em função da calagem também são realçados pela grande maioria dos trabalhos consultados.

Observando-se as equações de regressão apresentadas para a produção de matéria seca, para a porcentagem de nitrogênio e para o nitrogênio total, em função dos níveis de calagem estudados, verifica-se que os máximos valores para essas variáveis seriam obtidos com doses de calcário superiores às aplicadas no presente trabalho.

Quanto à nodulação (Quadro 2), verifica-se que a calagem influenciou de modo benéfico tanto no número quanto no peso de nódulos. Esses aumentos concordam com os dados obtidos por ANDREW & NORRIS<sup>5</sup>, DÖBEREINER & ARONOVICH<sup>10</sup>, TRIGOSO & FASSBENDER<sup>41</sup> e WERNER & MATTOS<sup>46</sup>. O que se constata no número de nódulos (Quadro 2) é um substancial aumento quando se adiciona o nível 1 de calcário (pH final = 5,2). Já o peso de nódulos continuou sofrendo acréscimos sensíveis até a aplicação dos mais altos níveis do corretivo. Como MUNNS<sup>27</sup> realça a importância do cálcio na infecção das raízes durante a formação de nódulos, é possível que o nível de cálcio disponível, quando se empregou a calagem 1 (teor inicial de cálcio de 0,62 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo), já era suficiente para estabelecer a nodulação. Entretanto, o maior fornecimento do magnésio teria sido o grande responsável pelo incremento na massa nodular, com a elevação da calagem, já que o magnésio desempenha importante papel na nutrição do *Rhizobium* (NORRIS<sup>31</sup>).

Com exceção do nitrogênio (já discutido), os teores dos macro e micronutrientes na centrosema são mostrados no quadro 3. De modo geral, verifica-se que estão dentro da normalidade encontrada com essa espécie, em outros trabalhos (ANDREW & NORRIS<sup>5</sup>, JONES et alii<sup>16</sup> e WERNER & MATTOS<sup>46</sup>).

Em termos dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio, o que se nota é um aumento nos seus teores à medida que se eleva o nível da calagem (Quadro 3). A elevação no teor de cálcio da centrosema com a calagem tem sido verificada (ANDREW & NORRIS<sup>5</sup>, JONES & FREITAS<sup>15</sup> e



WERNER & MATTOS<sup>46</sup>), e, no teor de magnésio, também JONES & FREITAS<sup>15</sup> obtiveram. Entretanto, um aumento na concentração de potássio, com a adição de calcário, não é relacionado por nenhum desses autores. Fato semelhante ao obtido para o teor de potássio no presente experimento foi verificado por MIRANDA<sup>24</sup>, com siratro.

Embora a redução linear dos teores de fósforo na centrosema ( $Y = 0,160 - 0,005X$ ), com o acréscimo dos níveis de calagem (Quadro 3), tenha sido de pequena magnitude, ela chegou a ser estatisticamente significativa. MIRANDA<sup>24</sup> obteve semelhante variação quando trabalhou em soja-perene com calagem mais cálcio.

Os teores dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco na centrosema (Quadro 3) mostraram significativos decréscimos com a elevação das doses de calcário. Resultados semelhantes são mostrados por JONES et alii<sup>16</sup> e WERNER & MATTOS<sup>46</sup> e estão de acordo com a afirmativa de LINDSAY<sup>18</sup> de que as disponibilidades desses elementos são reduzidas com a aplicação da calagem em solos ácidos.

Com relação ao teor de manganês na centrosema cultivada em ausência de calagem, verifica-se um valor de 641 ppm (Quadro 3). DÖBEREINER & ARONOVICH<sup>10</sup> citam problemas de toxidez desse elemento na leguminosa, quando o teor de

QUADRO 2

Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação da centrosema com 75 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^a$  para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	M.S. - g/vaso			N - %		N total - mg/vaso			Nodulação <sup>b</sup>	
	Parte aérea	Raízes	Planta inteira	Parte aérea	Raízes	Parte aérea	Raízes	Planta inteira	N <sup>o</sup> / vaso	mg/ vaso
0	5,32	3,58	8,90	1,43	1,67	76	60	136	7,23	11,39
1	6,12	3,86	9,98	1,80	1,72	111	66	177	11,04	20,84
2	7,27	4,26	11,53	2,01	1,87	147	80	227	10,92	24,75
3	8,60	4,71	13,31	2,22	1,95	193	92	285	11,03	26,41
Regressão linear	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Regressão quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**
Regressão cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente. ns = não significativo.

(b) = Dados originais transformados em raiz quadrada.

QUADRO 3

Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea da centrosema com 75 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^a$  para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0	0,16	1,77	0,28	0,76	45	10	245	641	68
1	0,16	1,94	0,32	0,81	50	10	199	186	54
2	0,14	1,96	0,33	0,84	42	8	169	112	53
3	0,15	1,94	0,32	0,83	38	8	148	74	52
Regressão linear	*	*	**	*	**	**	**	**	**
Regressão quadrática	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	**	**
Regressão cúbica	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	**	ns

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente; ns = não significativo.



manganês na planta era ligeiramente superior a 300 ppm. Também ANDREW & HEGARTY<sup>4</sup> apresentam como nível crítico para a toxidez de manganês uma concentração de 1.600 ppm do elemento. No presente ensaio, não se constatou qualquer sintoma visual de toxidez de manganês na centrosema; entretanto, pode-se supor que o alto teor verificado esteja relacionado a efeitos prejudiciais na nodulação da leguminosa e, conseqüentemente, na fixação do nitrogênio (SOUTO & DÖBEREINER<sup>38</sup> e FRANCO & DÖBEREINER<sup>14</sup>). Tendo isso em mente é que se procurou correlacionar os teores de manganês na parte aérea da planta com a produção de matéria seca da mesma ou com a nodulação verificada. Assim, constatou-se a correlação negativa do teor de manganês com a produção de matéria seca ( $r = -0,69^{***}$ ) ou com o peso de nódulos ( $r = -0,86^{***}$ ). Sendo esta correlação mais expressiva ( $r$  mais próximo de 1,00), confirma-se a maior influência do excesso de manganês na nodulação que no crescimento da centrosema. A figura 2 ilustra esses fatos.

#### b) Micronutrientes

Os resultados obtidos com a centrosema em todos os tratamentos de calagem e micronutrientes estudados são apresentados nos quadros 4 e 5.

No quadro 6 são mostradas as significâncias obtidas para o teste F a que foram submetidas as variáveis estudadas na centrosema, com a aplicação dos micronutrientes, dentro de cada nível de calagem.

Para os dados de produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na centrosema (Quadros 4 e 6), verifica-se que nas doses de calagem 0 (pH inicial = 4,7 e final = 5,0) e 1 (pH inicial = 5,1 e final = 5,2), não ocorreu qualquer significância para o efeito dos micronutrientes testados.

A produção de matéria seca da parte aérea e da planta inteira (quadros 4 e 6) foi significativamente deprimida pela aplicação de boro + cobre + zinco, em presença do nível 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final = 5,7). Essas mesmas variáveis tiveram interações significativas para os micronutri-

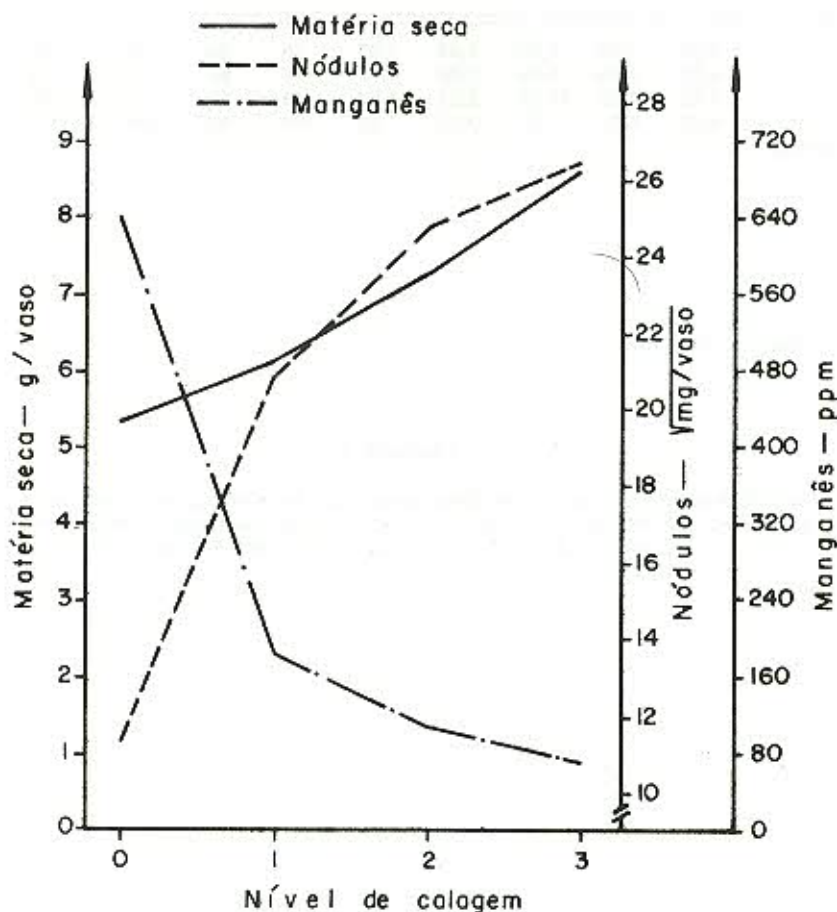


Fig. 2 — Relação entre teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca da centrosema.



entes, nos níveis 2 e 3 de calagem. O desdobramento dessas interações dentro da dose 2 de calcário (pH inicial = 5,4 e final = 5,5) revelou efeito negativo e significativo para o molibdênio na presença dos outros três micronutrientes. Dentro da dose 3, entretanto, o efeito do molibdênio na ausência de boro + cobre + zinco foi significativo e positivo para a produção de matéria seca da planta inteira e esteve próximo da significância para a produção de matéria seca da parte aérea. A presença conjunta de boro, cobre, molibdênio e zinco em solo com pH 5,8-5,9 também foi constatada ser depressiva para a produção de matéria seca da centrosema, por WERNER & MATTOS<sup>46</sup>.

O teor de nitrogênio na parte aérea (Quadros 4 e 6) foi significativamente incrementado pelo emprego do molibdênio, dentro dos níveis 2 e 3 de calagem. Semelhantes resultados foram obtidos com centrosema por DE-POLLI et alii<sup>9</sup>, MONTEIRO et alii<sup>26</sup>, TEITZEL & BRUCE<sup>39</sup>, WERNER & MATTOS<sup>45</sup> e WERNER et alii<sup>47</sup>.

O nitrogênio total na centrosema (Quadros 4 e 6) tanto na parte aérea como na planta inteira foi deprimido pela aplicação de boro + cobre + zinco, dentro da dose 3 de calagem. Entretanto, o emprego do molibdênio juntamente com o nível 3 de calagem teve efeito positivo no nitrogênio total na parte aérea, enquanto o molibdênio na ausência de boro + cobre + zinco aumentou significativamente o nitrogênio total na parte aérea e na planta inteira, quer no nível 2, quer no 3 de calagem. Aumentos semelhantes nessas variáveis, com centrosema, são relatados por DE-POLLI et alii<sup>9</sup>, MONTEIRO et

alii<sup>26</sup>, WERNER & MATTOS<sup>45</sup> e WERNER et alii<sup>47</sup>.

Os dados coletados para as raízes (produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total) não exibiram qualquer variação significativa mediante o emprego dos micronutrientes testados.

A aplicação de boro + cobre + zinco, em ausência de calagem (pH inicial = 4,7 e final = 5,0), deprimiu significativamente o número e o peso de nódulos na centrosema (Quadros 4 e 6). Dentro desse mesmo nível de calagem, o molibdênio teve efeito positivo no peso de nódulos. Entretanto, esses efeitos não resultaram em qualquer alteração na porcentagem de nitrogênio ou no nitrogênio total dessa espécie, na dose 0 de calagem.

O desdobramento da interação significativa dentro do nível 2 de calagem, para o peso de nódulos (Quadro 6) evidenciou um efeito significativo e positivo para o molibdênio, na ausência dos demais micronutrientes testados, e um efeito negativo na presença dos outros três micronutrientes.

Ao analisar teores de nutrientes na parte aérea da centrosema, em função do emprego dos micronutrientes, somente se constataram efeitos positivos e significativos do emprego de boro + cobre + zinco, na concentração de boro na planta, em presença de qualquer dos níveis de calagem (Quadros 5 e 6).

Fazendo um apanhado geral dos resultados obtidos com o emprego dos micronutrientes na centrosema, verifica-se que efeitos realmente posi-

#### QUADRO 4

Centrosema. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos Calagem - micro	M.S. - g/vaso			N %		N total - mg/vaso			Nodulação <sup>a</sup>	
	Parte aérea	Raiz	Planta inteira	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Planta inteira	n <sup>o</sup> /vaso	mg/vaso
0 - Sem	5,45	3,99	9,44	1,28	1,65	70	66	136	7,39	9,78
0 - Mo	6,07	3,54	9,61	1,45	1,64	88	58	146	10,32	16,90
0 - BCuZn	5,02	3,79	8,81	1,50	1,69	74	64	138	4,96	7,00
0 - MoBCuZn	4,74	3,01	7,75	1,49	1,72	71	52	123	6,27	11,87
1 - Sem	6,11	3,71	9,82	1,67	1,63	102	60	162	11,70	20,72
1 - Mo	6,47	4,35	10,82	1,75	1,71	115	75	190	9,98	19,39
1 - BCuZn	6,10	3,82	9,92	1,77	1,72	108	66	174	11,18	21,81
1 - MoBCuZn	5,78	3,56	9,34	2,02	1,82	117	65	182	11,31	21,45
2 - Sem	6,70	4,26	10,96	1,81	1,76	122	75	197	10,66	22,71
2 - Mo	7,93	4,02	11,95	2,36	1,91	187	77	264	11,88	26,71
2 - BCuZn	8,12	4,77	12,89	1,86	1,92	151	92	243	12,22	27,83
2 - MoBCuZn	6,34	3,99	10,33	1,99	1,91	128	76	204	8,93	21,75
3 - Sem	8,66	4,64	13,30	2,07	1,90	180	88	268	10,52	27,30
3 - Mo	9,92	5,37	15,29	2,57	2,02	255	108	363	11,30	28,61
3 - BCuZn	8,35	4,61	12,96	2,08	1,96	176	90	266	9,79	26,03
3 - MoBCuZn	7,46	4,22	11,68	2,16	1,92	163	82	245	12,50	23,70
C.V. %	11,8	14,8	10,4	10,1	5,7	19,4	16,1	16,3	21,3	15,9

(a) Dados originais transformados em raiz quadrada.



tivos são encontrados mediante a adubação com molibdênio (em geral na ausência de boro + cobre + zinco) dentro dos níveis 2 (1,66t de calcário/hectare) e 3 de calagem (2,49t/hectare).

A figura 3 evidencia esses efeitos do molibdê-

nio na ausência de boro + cobre + zinco, dentro dos níveis mais elevados de calagem, para a produção de matéria seca da planta inteira, nitrogênio total da planta inteira e peso de nódulos na centrosema.

QUADRO 5

Centrosema. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos Calagem-micro	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0 - Sem	0,16	1,73	0,28	0,71	41	10	220	632	68
0 - Mo	0,14	1,66	0,25	0,73	42	9	181	548	63
0 - BCuZn	0,17	1,82	0,29	0,81	45	11	278	681	66
0 - MoBCuZn	0,17	1,87	0,32	0,79	52	11	301	703	76
1 - Sem	0,16	1,90	0,31	0,80	45	8	155	183	49
1 - Mo	0,16	1,82	0,32	0,79	45	11	180	177	56
1 - BCuZn	0,16	2,00	0,33	0,78	55	11	235	182	57
1 - MoBCuZn	0,16	2,04	0,34	0,88	54	10	225	204	54
2 - Sem	0,15	2,03	0,34	0,86	40	8	141	116	51
2 - Mo	0,13	1,85	0,31	0,81	36	7	165	101	52
2 - BCuZn	0,14	1,98	0,33	0,91	44	8	191	98	56
2 - MoBCuZn	0,15	1,98	0,33	0,78	46	8	178	131	53
3 - Sem	0,14	1,86	0,29	0,79	30	6	120	86	49
3 - Mo	0,14	1,80	0,30	0,82	31	8	142	70	50
3 - BCuZn	0,15	1,88	0,32	0,84	44	8	160	67	55
3 - MoBCuZn	0,17	2,23	0,37	0,88	47	10	172	75	53
C.V. %	9,6	9,5	9,8	10,5	10,7	20,5	17,7	25,7	13,5

QUADRO 6

Significâncias do teste F<sup>a</sup> para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a centrosema. Dados referentes ao corte único da espécie

Variável estudada	Calagem 0		Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3			
	Mo	C <sup>b</sup>	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C
Matéria seca - parte aérea									**	** <sub>n</sub>	*	
Matéria seca - raiz												
Matéria seca - planta inteira									*	** <sub>n</sub>	*	
Teor de N - parte aérea %							** <sub>p</sub>			* <sub>p</sub>		
Teor de N - raiz %												
N total - parte aérea									**	* <sub>p</sub>	** <sub>n</sub>	**
N total - raiz												
N total - planta inteira									*	** <sub>n</sub>	**	
Nodulação <sup>c</sup> - n <sup>o</sup> /vaso		* <sub>n</sub>										
Nodulação <sup>c</sup> - mg/vaso	** <sub>p</sub>	* <sub>n</sub>							*			
Teor de B - p.a. - ppm		* <sub>p</sub>		** <sub>p</sub>				* <sub>p</sub>		** <sub>p</sub>		
Teor de Cu - p.a. - ppm												
Teor de Zn - p.a. - ppm												

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5 e 1% respectivamente; (b) O símbolo C representa a aplicação conjunta de B + Cu + Zn, (c) Dados transformados em raiz quadrada. p e n = efeitos positivos e negativos respectivamente.



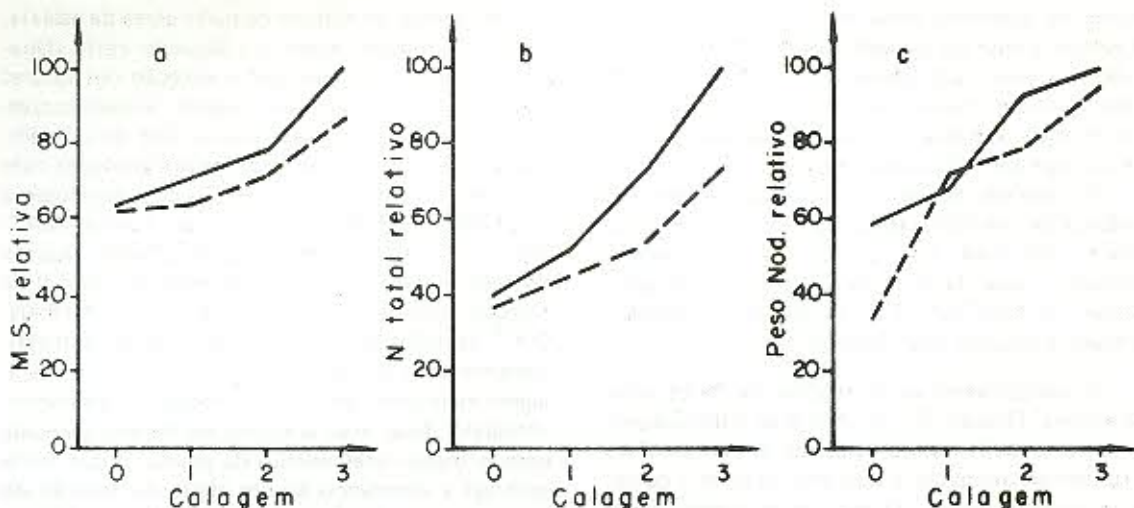


Fig. 3. Variações relativas na produção de matéria seca (a) no nitrogênio total da planta inteira (b) e na nodulação (c) da centrosema, mediante os níveis de calagem e adição (—) ou não (---) de molibdênio, em ausência de boro + cobre + zinco.

## B. Galáxia

### a) Calagem

Os dados coletados para a produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes na galáxia, em função dos quatro níveis de calagem empregados, são mostrados nos quadros 7 a 10.

No quadro 7 pode-se verificar que, na ocasião do primeiro corte do experimento, a produção de matéria seca e o nitrogênio total da galáxia foram linear e significativamente aumentados de acordo com os níveis de calagem ( $Y = 4,662 + 0,687X$  e  $Y = 89,132 + 14,857X$  respectivamente). Esses resultados estão de pleno acordo com aqueles obtidos por MIRANDA<sup>24</sup> num solo Podzólico Vermelho-Amarelo e por MONTEIRO\* em uma Areia Quartzosa de cerrado. A produção de matéria seca, quando não se aplicou calcário ao solo, esteve cerca de 70% da máxima alcançada no nível 3 de calagem (pH final = 5,8 e alumínio trocável nulo no solo).

A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da galáxia, no primeiro corte (Quadro 7), sofreu incrementos positivos mediante a aplicação do calcário até a dose 2, a partir do qual decresceu, resultando num efeito quadrático da calagem ( $Y = 1,786 + 0,284X - 0,055X^2$ ). MIRANDA<sup>24</sup> também obteve aumentos nessa variável quando adicionou calagem e cálcio a um solo Podzólico. Os valores absolutos encontrados para o teor de nitrogênio na galáxia, no primeiro corte e na presença dos dois ní-

veis mais altos de calagem (teores de 2,15 e 2,13% de nitrogênio) são superiores ao teor de 1,89% apontado por MIRANDA<sup>24</sup>, no Podzólico Vermelho-Amarelo, com indicador de adequado estado nutricional. Isso equivale a dizer que, já no primeiro corte, a fixação de nitrogênio ocorria ativamente, pois não se aplicou qualquer forma de nitrogênio combinado à leguminosa.

Pelos dados obtidos no segundo corte da galáxia e apresentados no quadro 8, verifica-se que a calagem influenciou na produção de matéria seca, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa,

### QUADRO 7

Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na parte aérea no primeiro corte da galáxia (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^a$  para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)	N (%)	N total (mg/vaso)
0	4,56	1,80	82
1	5,45	1,94	105
2	5,69	2,15	122
3	6,38	2,13	136
Regressão linear	**	**	**
Regressão quadrática	ns	*	ns
Regressão cúbica	ns	ns	ns

(\* ) MONTEIRO, F. A. — Comunicação pessoal de dados a serem publicados, 1981.

(a) \* e \*\* — Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente; ns — não significativo



através de aumentos nessas variáveis, à medida que se elevou a dose de calagem, exceto para a dose 2 (1,66t/hectare). Com efeito, na dose 2 de calagem, essas variáveis tiveram valores absolutos menores que no nível 1, o que resultou em alta significância para a regressão cúbica para a calagem.

A produção de matéria seca da parte aérea, na ausência de calagem, representou cerca de 65% do máximo alcançado com a maior dose de calcário aplicada, o que, de certa forma, confirma as apreciações de MATTOS & ALCÂNTARA<sup>22</sup> sobre a tolerância à acidez dessa leguminosa.

A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da galáxia (Quadro 8), do nível 0 ao 2 de calagem, mostrou redução no seu valor; no entanto, voltou a aumentar, atingindo o máximo no nível 3 de calcário (2,49t/hectare). O teor de nitrogênio constatado em qualquer dos níveis de calagem está acima do valor 1,89% verificado com essa leguminosa cultivada em adubação completa por MIRANDA<sup>24</sup>.

O teor de nitrogênio nas raízes da leguminosa mostrou tendência exatamente inversa ao da parte aérea (Quadro 8). Com outras leguminosas, também se tem verificado o aumento da porcentagem desse elemento nas raízes com a aplicação de calcário, como é o caso de WERNER & MATTOS<sup>46</sup> cultivando a centrosema.

Quanto à nodulação da galáxia, na ausência de calagem (pH final = 4,9), o peso total dos nódulos representou cerca de 77% do total alcançado no máximo nível de calagem estudado (pH final = 5,8), revelando essa leguminosa boa capacidade em nodular, mesmo nas condições de maior acidez do meio.

Os teores de fósforo na parte aérea da galáxia, tanto no primeiro como no segundo corte (Quadros 9 e 10), mostram que, à exceção dos valores obtidos para o nível 0 de calagem, os demais crescem à medida que se aumenta a dose de calagem. Aumentos nessa variável têm sido constatados com soja-perene (FRANÇA et alii<sup>13</sup>), com centrosema (WERNER & MATTOS<sup>46</sup>) e com siratro (MATTOS<sup>21</sup>), mediante o emprego de calagem. Quanto ao teor relativamente alto ocorrido no nível 0 de calagem, especialmente no primeiro corte, MIRANDA<sup>24</sup> também verificou teor de fósforo significativamente mais elevado na galáxia, na omissão de calagem mais cálcio em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Esse mais alto teor de fósforo coincide com o menor crescimento da planta, o que torna possível a ocorrência de um efeito de diluição do elemento no interior da planta com maior desenvolvimento.

Os teores de cálcio na galáxia, no material colhido no primeiro e no segundo corte (Quadros 9 e 10), aumentaram significativamente à medida que se elevou a aplicação de calcário ao solo. Também as porcentagens de magnésio em ambos os cortes, exceto para o nível 0 de calagem no segundo corte, sofreram acréscimos significativos. O teor de magnésio encontrado na ausência de calagem, no primeiro corte, inexplicavelmente está acima daquele verificado nos níveis 1 e 2 de calcário, no mesmo corte. Aumentos nos teores de ambos os macronutrientes, em decorrência da calagem, são relatados na literatura, para outras leguminosas forrageiras (FRANÇA et alii<sup>13</sup>, JONES & FREITAS<sup>15</sup> e MATTOS<sup>21</sup>).

#### QUADRO 8

Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação no segundo corte da galáxia (49 dias após o primeiro corte), em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^a$  para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	M.S. — g/vaso			N — %		N total — mg/vaso			Nodulação <sup>b</sup>	
	Parte aérea	Raízes	Planta inteira	Parte aérea	Raízes	Parte aérea	Raízes	Planta inteira	Nº/ vaso	mg/ vaso
0	5,72	3,23	8,95	2,24	1,92	130	62	192	11,13	20,70
1	8,17	3,60	11,77	2,17	2,13	177	76	253	14,03	23,08
2	7,35	3,39	10,74	1,97	2,27	148	77	225	11,68	17,77
3	8,77	3,69	12,46	2,33	2,21	203	82	285	16,68	23,65
Regressão linear	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**	ns
Regressão quadrática	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
Regressão cúbica	**	ns	**	ns	ns	**	ns	**	**	**

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente; ns = não significativo.

(b) = Dados originais transformados em raiz quadrada.



Com o emprego dos níveis de calagem, os teores de potássio na galáxia, tanto no primeiro como no segundo corte (Quadros 9 e 10) revelaram um nítido comportamento quadrático (respectivamente,  $Y = 2,240 - 0,512 + 0,166X^2$  e  $Y = 1,335 - 0,216X + 0,069X^2$ ). As mais altas porcentagens desse elemento estiveram nos níveis 0 e 3 de calagem, mas quando se compararam ambos, nota-se que há tendência de redução do teor de potássio, na calagem mais alta. Essa queda nos teores de potássio com a calagem é verificada nos seus níveis intermediários e tem sido citada em trabalhos envolvendo leguminosas forrageiras (JONES & FREITAS<sup>15</sup>). O acréscimo no teor de potássio na presença da maior dose de calcário, em relação às intermediárias, mostra resultado semelhante ao verificado por

MIRANDA<sup>24</sup>, quando efetuou a calagem num Podzólico cultivado com siratro.

A concentração de boro na parte aérea dessa leguminosa, no primeiro corte (Quadro 9), mostrou acréscimos com as primeiras doses de calcário e uma queda no seu teor na presença do mais alto nível de calagem, o que resultou em efeito quadrático da calagem ( $Y = 32,129 + 6,430X - 2,449X^2$ ). Já no segundo corte, o teor desse micronutriente evidenciou um decréscimo linear à medida que se aumentou a calagem ( $Y = 44,841 - 2,650X$ ), o que também foi obtido por MIRANDA<sup>24</sup>.

Os teores de cobre e ferro não revelaram qualquer variação na galáxia, em ambos os cortes, com o emprego das doses de calcário dolomítico.

QUADRO 9

Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no primeiro corte da galáxia (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^a$  para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0	0,28	1,91	0,31	2,26	32	6	106	575	27
1	0,23	2,04	0,27	1,88	35	6	115	111	21
2	0,24	2,20	0,30	1,90	36	6	124	56	19
3	0,25	2,54	0,36	1,98	33	6	104	41	19
Regressão linear	ns	**	**	*	ns	ns	ns	**	**
Regressão quadrática	**	ns	**	**	**	ns	ns	**	**
Regressão cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente; ns = não significativo.

QUADRO 10

Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no segundo corte da galáxia (49 dias após o primeiro corte), em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^a$  para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de doze dados iniciais

Níveis de calagem	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0	0,14	1,15	0,16	1,34	47	4	121	268	50
1	0,13	1,30	0,17	1,20	39	4	114	97	47
2	0,14	1,54	0,18	1,17	41	5	113	65	40
3	0,15	1,63	0,19	1,22	39	5	119	50	35
Regressão linear	*	**	**	**	**	ns	ns	**	**
Regressão quadrática	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	ns
Regressão cúbica	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% respectivamente; ns = não significativo.



A medida que se acrescentou a calagem ao solo, os teores de manganês e zinco decresceram nessa leguminosa, nos dois cortes realizados. Reduções nesses teores com a aplicação de calcário são relatados em galáxia por MIRANDA<sup>24</sup> e em outras leguminosas por DÖBEREINER & ARONOVICH<sup>10</sup>, MATTOS<sup>21</sup> e WERNER & MATTOS<sup>46</sup>.

Com relação ao teor de manganês na galáxia, em ausência de calagem e no primeiro corte, o mesmo esteve em 575 ppm. MIRANDA<sup>24</sup> obteve valores entre 600 e 700 ppm na parte aérea da galáxia, quando omitia a calagem ou a calagem e cálcio. Não se evidenciaram sintomas visuais de toxidez de manganês nessa leguminosa, mas a correlação entre os teores do micronutriente com a produção de matéria seca da parte aérea (dados do segundo corte do ensaio) foi negativa e significativa ( $r = -0,66^{**}$ ). Enquanto isso, não se constatou correlação linear entre os teores de manganês e o peso de nódulos na galáxia, permitindo supor que a nodulação seria menos afetada pelo excesso de manganês do que a produção de matéria seca, nessa espécie. A figura 4 ilustra o comportamento dessas três variáveis, em função da calagem testada.

Baseando-se na variável nitrogênio total e considerando-se as equações de regressão obtidas para essa variável, em função dos níveis de calagem, pode-se observar que o máximo valor do nitrogênio total, no primeiro corte, ocorreria numa dose além da estudada ( $Y = 89,132 + 14,857X$ ). Entretanto, o nitrogênio total da planta inteira, no segundo corte ( $Y = 191,500 + 201,173X - 195,179X^2 + 51,956X^3$ ) teria o seu valor máximo mediante o emprego de 0,72 tonelada de calcário por hectare. Através da figura 1, pode-se observar que essa calagem proporcionaria, por ocasião do plantio, os seguintes valores na análise química do solo estudado: pH = 5,05,  $Al^{3+} = 0,45$ ,  $(Ca^{2+} + Mg^{2+}) = 0,86$ , V = 23,2% e m = 33,2%.

#### b) Micronutrientes

Os resultados obtidos com a galáxia nos dezesseis tratamentos estudados encontram-se nos quadros 11, 12 e 13.

As significâncias obtidas pelo teste F para o efeito dos micronutrientes aplicados no cultivo da galáxia, dentro de cada nível de calagem, constam nos quadros 14 e 15.

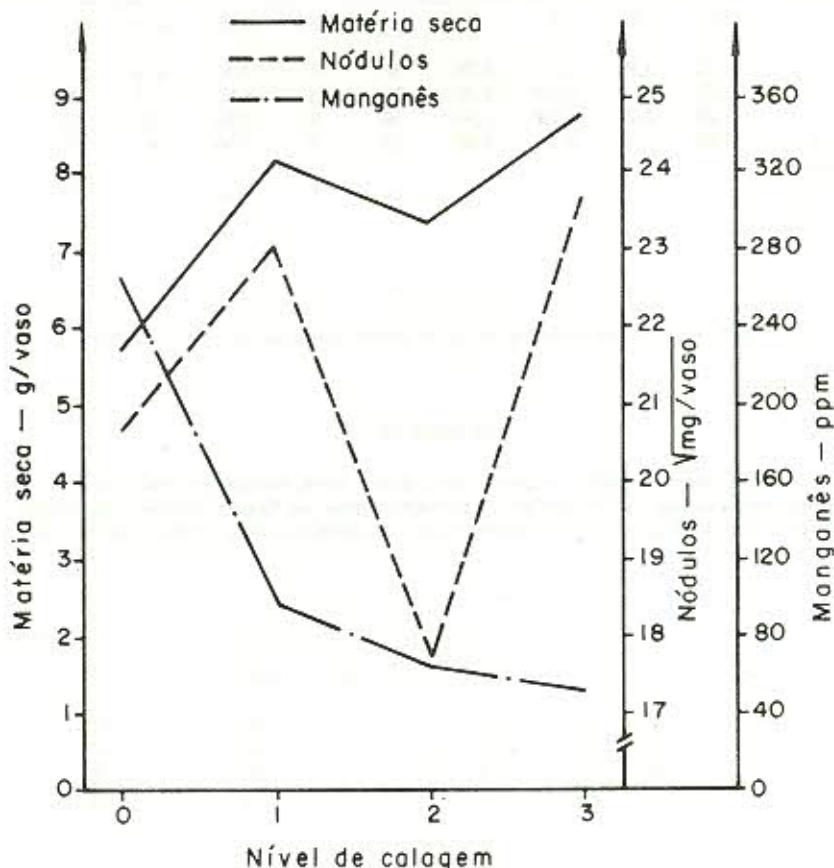


Fig. 4 — Relação entre os teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca da galáxia, obtidos no 2º corte do ensaio.



As análises dos dados obtidos no primeiro corte da galáxia (Quadro 14) revelam um efeito significativo e negativo da aplicação de boro + cobre + zinco na produção de matéria seca da parte aérea, dentro do nível 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final = 5,8).

Tanto a porcentagem de nitrogênio quanto o nitrogênio total da galáxia no primeiro corte (Quadros 11 e 14) foram significativamente incrementados pelo emprego do molibdênio, em presença dos níveis 1 (pH inicial = 5,1 e final = 5,3), 2 (pH inicial = 5,4 e final = 5,6) ou 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final = 5,8). Efeitos semelhantes em leguminosas forrageiras foram observados por DE-POLLI et alii<sup>9</sup>, FRANÇA et alii<sup>13</sup>, MONTEIRO et alii<sup>26</sup>, WERNER & MATTOS<sup>44</sup> e WERNER & MATOS<sup>45</sup>.

Em termos da produção de matéria seca (parte aérea, raízes e planta inteira), verificada no segundo corte da leguminosa (Quadro 12), o único efeito significativo (Quadro 15) da aplicação de micronutrientes foi obtido com a adição de boro + cobre + zinco no nível 0 de calagem (pH inicial = 4,7 e final = 4,9), com a produção de matéria seca das raízes.

A aplicação do molibdênio, dentro do nível 0 de calagem, proporcionou acréscimo significativo no teor de nitrogênio na parte aérea e nas raízes da galáxia (Quadros 12 e 15). Efeitos semelhantes para essa variável, na parte aérea, foram verificados dentro da dose 2 de calcário e nas raízes, dentro

do nível 1 de calagem. Conforme o discutido com os dados do primeiro corte dessa espécie, a literatura aponta efeitos positivos do molibdênio sobre essas variáveis.

O nitrogênio total no segundo corte da galáxia e a nodulação observada, não sofreram qualquer variação significativa mediante o emprego dos micronutrientes estudados, em qualquer dos níveis de calagem (Quadro 15).

A concentração de boro na parte aérea da galáxia, em ambos os cortes realizados e dentro de todos os níveis de calagem testados (Quadros 11 e 13) foi significativamente aumentada pela aplicação de boro + cobre + zinco (Quadros 14 e 15). MIRANDA<sup>24</sup> verificou aumentos no teor de boro e na parte aérea da galáxia cultivada em dois solos, mediante a aplicação desse micronutriente ao solo.

O teor de zinco na parte aérea da galáxia, no primeiro corte (Quadro 11) foi significativamente aumentado, como resultado da aplicação de boro + cobre + zinco em calagem 0 ou mediante o emprego dos três micronutrientes em ausência de molibdênio, dentro do nível 1 de calcário (Quadro 14). Já no segundo corte, esse efeito positivo somente ocorreu na aplicação de boro + cobre + zinco, na dose 2 de calagem (Quadros 13 e 15). Aumentos no teor desse micronutriente na parte aérea da galáxia, com a adição do elemento na adubação, são relatados por MIRANDA<sup>24</sup> em trabalho com um solo Podzólico Vermelho-Amarelo.

QUADRO 11

Galáxia, primeiro corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e nos teores dos demais nutrientes na parte aérea da leguminosa.  
Médias de três repetições

Tratamentos N.C. <sup>a</sup> - micro	M.S.	N	N total	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/vaso	%	mg/vaso	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0 - Sem	4,50	1,83	82	0,29	2,11	0,33	2,66	31	7	98	585	26
0 - Mo	4,47	1,88	84	0,27	1,86	0,31	2,16	27	6	119	573	25
0 - BCuZn	4,49	1,72	77	0,28	1,85	0,29	2,11	34	6	112	569	31
0 - MoBCuZn	4,76	1,77	84	0,26	1,83	0,31	2,10	37	6	95	573	28
1 - Sem	5,92	1,74	103	0,23	1,89	0,26	1,87	28	5	120	98	18
1 - Mo	5,29	2,14	113	0,22	2,21	0,27	1,89	29	6	145	116	22
1 - BCuZn	5,21	1,75	91	0,24	2,17	0,29	1,95	44	6	85	106	24
1 - MoBCuZn	5,38	2,12	114	0,21	1,87	0,28	1,79	41	6	109	124	21
2 - Sem	5,57	1,94	108	0,22	2,01	0,27	1,75	27	6	99	60	19
2 - Mo	5,37	2,34	126	0,24	2,28	0,31	1,94	29	6	147	59	18
2 - BCuZn	6,13	1,92	118	0,24	2,20	0,31	1,92	46	5	117	51	19
2 - MoBCuZn	5,67	2,41	136	0,25	2,28	0,32	1,99	44	6	133	55	20
3 - Sem	6,57	1,93	127	0,26	2,50	0,34	1,90	23	6	134	45	20
3 - Mo	6,76	2,34	158	0,26	2,46	0,36	2,13	24	6	108	43	17
3 - BCuZn	6,12	2,03	125	0,24	2,60	0,37	1,91	40	6	85	38	19
3 - MoBCuZn	6,06	2,23	135	0,24	2,62	0,37	1,97	44	6	90	37	20
C.V. %	8,8	6,3	12,1	13,3	18,5	10,4	11,8	11,3	9,1	22,8	11,1	11,4

(a) Níveis de calagem



Galáxia, segundo corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa. Médias de três repetições

Tratamentos N.C. <sup>b</sup> - micro	M.S. - g/vaso			N %		N total - mg/vaso			Nodulação <sup>a</sup>	
	Parte aérea	Raiz	Planta inteira	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Planta inteira	n <sup>o</sup> /vaso	mg/vaso
0 - Sem	5,18	3,54	8,72	1,95	1,76	102	62	164	11,45	19,98
0 - Mo	5,94	3,61	9,55	2,29	1,99	136	72	208	11,20	20,41
0 - BCuZn	5,25	2,92	8,17	2,17	1,91	115	56	171	10,68	20,61
0 - MoBCuZn	6,51	2,87	9,38	2,57	2,04	166	59	225	11,18	21,81
1 - Sem	7,80	3,70	11,50	2,25	2,08	175	77	252	16,14	23,54
1 - Mo	8,17	3,63	11,80	2,19	2,22	181	80	261	12,52	21,34
1 - BCuZn	8,37	3,45	11,82	1,97	1,97	165	68	233	14,64	24,62
1 - MoBCuZn	8,34	3,60	11,94	2,28	2,23	189	81	270	12,83	22,84
2 - Sem	7,18	3,19	10,37	1,74	2,23	129	71	200	10,81	15,91
2 - Mo	8,03	3,79	11,82	2,06	2,37	168	91	259	11,75	17,47
2 - BCuZn	7,14	3,34	10,48	1,84	2,23	133	75	208	10,57	17,42
2 - MoBCuZn	7,05	3,22	10,27	2,25	2,25	163	73	236	13,59	20,27
3 - Sem	9,34	3,56	12,90	2,27	2,16	212	77	289	18,02	25,11
3 - Mo	9,40	3,64	13,04	2,15	2,29	202	84	286	16,27	22,66
3 - BCuZn	7,99	3,68	11,67	2,53	2,13	203	79	282	17,10	23,77
3 - MoBCuZn	8,35	3,87	12,22	2,36	2,27	197	87	284	15,32	23,08
C.V. %	15,7	14,5	12,8	13,7	6,1	22,8	17,2	18,2	22,5	16,9

(a) Dados originais transformados em raiz quadrada. b) Níveis de calagem.

### QUADRO 13

Galáxia, segundo corte. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Média de três repetições

Tratamentos N.C. <sup>a</sup> - micro	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0 - Sem	0,15	1,25	0,18	1,33	45	4	122	283	48
0 - Mo	0,14	1,09	0,16	1,33	39	4	127	268	53
0 - BCuZn	0,15	1,15	0,18	1,33	53	5	109	250	48
0 - MoBCuZn	0,14	1,09	0,15	1,36	51	5	128	271	53
1 - Sem	0,14	1,36	0,18	1,23	33	4	108	100	43
1 - Mo	0,12	1,23	0,16	1,16	33	5	103	96	44
1 - BCuZn	0,13	1,39	0,17	1,22	46	5	123	100	48
1 - MoBCuZn	0,12	1,20	0,15	1,19	44	4	121	93	51
2 - Sem	0,14	1,58	0,19	1,06	35	4	105	63	35
2 - Mo	0,13	1,42	0,17	1,12	28	4	109	60	35
2 - BCuZn	0,16	1,59	0,18	1,22	51	5	120	67	43
2 - MoBCuZn	0,15	1,55	0,19	1,28	50	6	119	71	47
3 - Sem	0,15	1,68	0,20	1,20	29	5	113	51	41
3 - Mo	0,14	1,57	0,18	1,14	31	5	115	56	32
3 - BCuZn	0,17	1,70	0,20	1,36	46	6	129	49	36
3 - MoBCuZn	0,14	1,58	0,19	1,20	50	5	118	43	30
C.V. %	7,0	6,0	9,5	6,4	12,9	23,2	9,6	11,3	19,5

(a) Níveis de calagem.

QUADRO 14

Significâncias do teste F<sup>a</sup> para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a galáxia. Dados referentes à parte aérea obtida no primeiro corte da espécie

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C <sup>b</sup>	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C
Matéria seca												*n
Teor de N - %				**p			**p			**p		
N total				*p			**p			**p		
Teor de B - ppm		**p			**p			**p			**p	
Teor de Cu - ppm												
Teor de Zn - ppm		**p				.						

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5 e 1% respectivamente. p e n = Efeitos positivos e negativos respectivamente.  
 (b) O símbolo C representa a aplicação conjunta de B + Cu + Zn.

QUADRO 15

Significâncias do teste F<sup>a</sup> para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a galáxia. Dados referentes ao segundo corte da espécie

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C <sup>b</sup>	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C	Mo	C	Mo x C
Matéria seca - parte aérea												
Matéria seca - raiz		*n										
Matéria seca - planta inteira												
Teor de N - parte aérea %	*p						*p					
Teor de N - raiz %	*p			*p								
N total - parte aérea												
N total - raiz												
N total - planta inteira												
Nodulação <sup>c</sup> - n <sup>o</sup> /vaso												
Nodulação <sup>c</sup> - mg/vaso												
Teor de B - parte aérea - ppm		**p			**p			**p			**p	
Teor de Cu - parte aérea - ppm												
Teor de Zn - parte aérea - ppm								*p				

(a) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5 e 1% respectivamente. p e n = Efeitos positivos e negativos respectivamente.  
 (b) O símbolo C representa a aplicação conjunta de B + Cu + Zn. (c) Dados transformados em raiz quadrada.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se apontar as seguintes conclusões:

1. A centrosema apresentou aumentos significativos e lineares na produção de matéria seca, no nitrogênio total acumulado e na nodulação até a maior dose de calcário aplicada (2,49 toneladas por hectare), planejada para elevar o pH do solo a 6,5, mas que efetivamente o elevou a 5,6 e conseguiu anular o alumínio trocável do solo. Os valores máximos para essas variáveis seriam obtidos com calagens superiores ao máximo nível testado, para esse solo;

2. Para a galáxia, a produção de matéria seca e o nitrogênio total da parte aérea, no primeiro corte do ensaio, seguiram uma variação linear, em função da calagem. No segundo corte, a produção de matéria seca, nitrogênio total da planta e nodulação seguiram uma equação de terceiro grau. O valor máximo do nitrogênio total na segunda colheita ocorreria, nesse solo, mediante a aplicação de 0,72 tonelada de calcário dolomítico por hectare. Essa calagem resultaria, à época do plantio do ensaio, em valores no solo de pH = 5,05; alumínio trocável de 0,45, cálcio mais magnésio trocáveis de 0,86 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, uma saturação em bases de 23,2% e uma saturação em alumínio de 33,2%;



3. O emprego dos níveis de calcário dolomítico resultou em variações significativas nos teores de macro e micronutrientes na parte aérea das leguminosas testadas;

4. O molibdênio foi, entre os micronutrientes, o que proporcionou as maiores respostas favoráveis nas leguminosas estudadas, porém essa ação benéfica não ocorreu em ausência de calagem, quando o solo tinha um pH 4,7, por ocasião da semeadura do experimento;

5. O molibdênio, em ausência da aplicação de boro, cobre e zinco, resultou em efeitos benéficos para a centrosema, ao ser adicionado em solo que havia recebido 1,66 ou 2,49 toneladas de calcário

dolomítico por hectare. Nas condições da mais elevada calagem, o emprego conjunto de boro, cobre e zinco proporcionou efeitos negativos na produção de matéria seca da parte aérea e da planta inteira dessa leguminosa;

6. A galáxia, a se julgar pelo que ocorreu no primeiro corte, mostrou expressivas respostas ao emprego do molibdênio, quando o calcário dolomítico foi adicionado ao solo;

7. A aplicação conjunta de boro, cobre e zinco resultou em significativos acréscimos no teor de boro na parte aérea das leguminosas e em qualquer dos níveis de calagem testados.

**SUMMARY:** In a greenhouse experiment at the Instituto de Zootecnia at Nova Odessa, SP, Brazil, centro (*Centrosema pubescens* Benth.) and galaxia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.) were grown in a Red-Yellow Podzolic Soil Laras variation. Four levels of dolomitic limestone (0; 0.83; 1.66 and 2.49 tons per hectare) were applied and a factorial 2<sup>2</sup> with Mo and B plus Cu plus Zn was studied within each level of liming. It was found that dry matter yield, nodulation and total amount of nitrogen in galaxia in the first cut and centro were increased with levels rates. Maximum values were to be expected with levels higher than the maximum used in this experiment. In the second cut of galaxia, these three parameters showed a variation like a third degree equation. The highest amount of total nitrogen would be expected when 0.72 ton of limestone per hectare was used. With this amount of lime pH was 5.05; exchangeable Al = 0.45meq/100ml, V = 23.2 and aluminum saturation = 33.2%. Molybdenum was the micronutrient that caused the greatest response in the legumes and the joint application of B, Cu and Zn caused an increase in B concentration in the aerial parts of the plants irrespective of the level of limestone. Liming brought about significant changes in the mineral composition of the legumes.

#### AGRADECIMENTOS

À Companhia Industrial e Comercial Brasileira de Produtos Alimentares (NESTLÉ) pela ajuda financeira, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de uma bolsa de pesquisa em 1975/76, aos professores da área de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP pelos ensinamentos, aos colegas do Instituto de Zootecnia que prestaram sua colaboração e a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ANDREW, C. S. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Nodulation and growth. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 27:611-23, sept. 1976.
- 2 - \_\_\_\_\_. Influence of nutrition fixation and growth of legumes. In: AUSTRÁLIA. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Division of Tropical Pastures. **A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures**; a symposium. Farnham Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962. p. 130-46. (Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Bulletin 46)
- 3 - \_\_\_\_\_. Legumes and acid soils. In: DOBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLAENDER, A., ed. **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York, Plenum, 1978. p. 135-60.
- 4 - ANDREW, C. S. & HEGARTHY, M. P. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 20:687-96, july, 1969.
- 5 - \_\_\_\_\_. & NORRIS, D. O. Comparative responses of five tropical and four temperate legume species. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 12:40-5, jan. 1961.
- 6 - \_\_\_\_\_. & THORNE, P. M. Comparative responses to copper of some tropical and temperate pasture legumes. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 13:821-35, sept. 1962.



- 7 — CARVALHO, M. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; MOZZER, O. L. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um latossolo vermelho-escuro, fase mata. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 6:285-90, 1971.
- 8 — CATANI, R. A. & JACINTHO, A. O. Avaliação da fertilidade do solo; métodos de análise. Piracicaba, SP, Livroceres, 1974. 61 p.
- 9 — DE-POLLI, H.; SUHET, A. R.; FRANCO, A. A. Micronutrientes limitando a fixação de nitrogênio atmosférico e produção de centrosema em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, SP, 1975. Anais... 14 a 20 de julho. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 151-6.
- 10 — DOBEREINER, J. & ARONOVICH, S. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação de nitrogênio de *Centrosema pubescens* Benth., em solo com toxidez de manganês. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., São Paulo, Brasil, 1965. Anais... 7 a 20 de janeiro. São Paulo, Departamento da Produção Animal, 1966. 2 v. v. 2, p. 1121-4.
- 11 — EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Relatório técnico anual; 1976-78. Brasília, 1979. 120 p.
- 12 — FRANÇA, G. E. & CARVALHO, M. M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:147-53, 1970.
- 13 — \_\_\_\_\_; BAHIA FILHO, A. F. C.; CARVALHO, M. M. Influência de magnésio, micronutrientes e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio na soja-perene var. Tinaroo (*Glycine wightii*) em solo de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 8:197-202, 1973.
- 14 — FRANCO, A. A. & DOBEREINER, J. Toxidez de manganês de um solo ácido na simbiose soja-*Rhizobium*. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 6:57-66, 1971.
- 15 — JONES, M. B. & FREITAS, L. M. M. Respostas de quatro leguminosas a fósforo, potássio e calcário, num latossolo vermelho-amarelo de campo cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:91-9, 1970.
- 16 — \_\_\_\_\_; QUAGLIATO, J. L.; FREITAS, L. M. M. Respostas de alfafa a algumas leguminosas tropicais à aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 5:209-14, 1970.
- 17 — KAMPRATH, E. J. Soil acidity and liming. In: COMMITTEE ON TROPICAL SOILS, ed. *Soils of the humid tropics*. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1972. p. 136-49.
- 18 — LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 41-57.
- 19 — LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R.; MEDCALF, J. C. A técnica da análise foliar ao caféiro. New York, IBEC Research Institute, 1956. 40 p. (Boletim, 9)
- 20 — MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres, 1976. 528 p.
- 21 — MATTOS, H. B. Efeitos da aplicação de calcário e micronutrientes sobre a produção de matéria seca, nodulação e composição química de *Phaseolus atropurpureus* DC cv. Siratro. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1972. 117 f. Mimeo.
- 22 — MATTOS, H. B. & ALCANTARA, P. B. *Galactia striata*, promissora leguminosa para o Brasil. *Zootecnia*, Nova Odessa, 14:51-7, jan./mar. 1976.
- 23 — \_\_\_\_\_ & WERNER, J. C. Efeito da aplicação de nutrientes minerais em *Galactia striata* cultivada em um solo de Nova Odessa. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 9., Viçosa, MG, 1972. Resumos dos trabalhos apresentados... 11 a 14 de julho. Viçosa, 1972. p. 261-2.
- 24 — MIRANDA, M. T. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e da adubação do siratro (*Macroptilium atropurpureum* DC cv. Siratro), *galactia* (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.) e soja-perene comum (*Glycine wightii* Willd. em dois solos do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1979. 132 f. Mimeo.
- 25 — MONTEIRO, F. A.; MALAVOLTA, E.; WERNER, J. C. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. I. Em soja-perene e em siratro cultivados em vasos. *B. Industr. anim.*, Nova Odessa, SP, 40(1): 97-126, jan./jun. 1983.
- 26 — \_\_\_\_\_; WERNER, J. C.; SANTOS, M. A. Fatorial BxMoxCuxZn em *Centrosema pubescens* Benth. em solo de Andradina, SP. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 12., Brasília, DF, 1975. Anais... 13 a 18 de julho. Brasília, 1975. p. 82-3.
- 27 — MUNNS, D. N. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. V. Calcium and pH requirements during infection. *Pl. Soil.*, The Hague, 32:90-102, 1970.
- 28 — \_\_\_\_\_ & FOX, R. L. Comparative lime requirement of tropical and temperate legumes. *Pl. Soil*, The Hague, 46:533-48, 1977.
- 29 — NERY, M.; PERES, J. R. R.; DOBEREINER, J. Efeito de micronutrientes na forma de F. T. E. na produção de leguminosas forrageiras e fixação de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, SP, 1975. Anais... 14 a 20 de julho. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1976. p. 157-62.
- 30 — NORRIS, D. O. Lime in relation to the nodulation of tropical legumes. In: HALLSWORTH, E. G., ed. *Nutrition of the legumes*. London, Butterworths, 1958. p. 164-82.
- 31 — \_\_\_\_\_ The role of calcium and magnesium in the nutrition of *Rhizobium*. *Aust. J. agric. Res.*, Melbourne, Vic., 10:651-96, sept. 1959.
- 32 — ODU, C. T. I.; FAYEMI, A. A.; OGUNWALE, J. A. Effect of pH on the growth, nodulation and nitrogen fixation of *Centrosema pubescens* and *Stylosanthes gracilis*. *J. Sci. Fd. Agric.*, London, 22:57-9, feb., 1971.
- 33 — PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 4 ed. Piracicaba, Nobel, 1980. 430 p.
- 34 — RAIJ, B. VAN & ZULLO, M. A. T. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1977. 16 p. (Circular, 63)



- 35 - ROBRSON, I. H. The effect of aluminum on legume nutrition. In: HALLSWORTH, E. G., ed. **Nutrition of the legumes**. London, Butterworths, 1958. p. 43-61.
- 36 - SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. 56 p.
- 37 - SOARES, W. V. & VARGAS, M. A. T. Ensaio exploratório de fertilização com duas leguminosas tropicais em três solos de cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1974. **Anais... 16 a 23 de julho**. Guanabara, 1974. p. 448-60.
- 38 - SOUTO, S. M. & DÖBEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. **Pesq. agropec. bras.**, Rio de Janeiro, 4:129-38, 1969.
- 39 - TEITZEL, J. K. & BRUCE, R. C. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 3. Basaltic soils. **Aust. J. exp. Agric. anim. Husb.**, Melbourne, Vic., 12:49-54, feb. 1972.
- 40 - \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 6. Soils derived from beach sand. **Aust. J. exp. Agric. anim. Husb.**, Melbourne, Vic., 13:312-8, june, 1973.
- 41 - TRIGOSO, R. & FASSBENDER, H. W. Efecto de aplicaciones de Ca+Mg, P, Mo y B sobre la producción y fijación de nitrógeno de cuatro leguminosas tropicales. **Turrialba, Costa Rica**, 23:172-80, abr./jun. 1973.
- 42 - TRUONG, N. V.; ANDREW, C. S.; WILSON, G. L. Manganese toxicity in pasture legumes. I. Effects of pH and molibdenum levels in the substrate. **Pl. Soil.**, The Hague, 34:547-60, 1971.
- 43 - WERNER, J. C. Uso de micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., Piracicaba, SP, 1975. **Anais...** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1975. p. 87-111.
- 44 - \_\_\_\_\_ & MATTOS, H. B. Ensaio de fertilização com alguns micronutrientes em soja-perene, *Glycine wightii*, Willd. **B. Indústria. anim.**, São Paulo, 31:313-24, jul./dez. 1974.
- 45 - \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Ensaio de fertilização com quatro micronutrientes em *Centrosema pubescens*, Benth. **B. Indústria. anim.**, São Paulo, 32:123-35, jul./dez. 1975.
- 46 - \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Estudos de nutrição de centrosema, *Centrosema pubescens*, Benth. **B. Indústria. anim.**, São Paulo, 29:375-91, jul./dez. 1972.
- 47 - WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; SANTOS, M. A. Fatorial BxMoxCuxZn em *Centrosema pubescens*, Benth com solo de São José do Rio Preto, SP. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 12., Brasília, DF, 1975. **Anais... 13 a 18 de julho**. Brasília, 1975. p. 68-9.