

EFEITO DA FERTILIZAÇÃO FOSFATADA, DA CALAGEM E  
MICRONUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO  
DE PLANTAS FORRAGEIRAS

VALDINEI TADEU PAULINO  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Euripedes Malavolta

Tese apresentada à Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiroz",  
da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia. Área de Concentração:  
Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA  
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

MAIO - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da  
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

---

Paulino, Valdinei Tadeu

P328e      Efeito da fertilização fosfatada, da calagem e micro  
nutrientes no desenvolvimento de plantas forrageiras.  
Piracicaba, 1990.

290p. ilus.

Tese - ESALQ  
Bibliografia.

1. Adubação fosfatada 2. Micronutriente em planta  
forrageira - Efeito 3. Planta forrageira - Adubação fos  
fatada - Efeito 4. Solo - Calagem I. Escola Superior de  
Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.3

**EFEITO DA FERTILIZAÇÃO FOSFATADA, DA CALAGEM E  
MICRONUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO  
DE PLANTAS FORRAGEIRAS**

**VALDINEI TADEU PAULINO**

Aprovado em 18.07.1990

**COMISSÃO JULGADORA:**

Prof. Dr. Eurípedes Malavolta

ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Eneidi Boaretto

CENA/USP

Prof. Dr. Takashi Muraoka

CENA/USP

Prof. Dr. Moacir Oliveira C. Brasil Sobrinho

ESALQ/USP

Dr. Herbert Barbosa de Mattos

IZ



**Prof. Dr. Eurípedes Malavolta**

**- Orientador -**

Aos meus pais Joaquim (in memoriam) e Palmyra pela dedicação e incentivo em minha educação.

A minha esposa Josina pelo amor e ajuda prestimosa em todos os momentos.

Aos meus filhos Tiago, Cleber e Cristhian pela alegria e felicidade que sempre me têm dado.

Ofereço

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela saúde, sabedoria e perseverança que me deu para execução desse trabalho.

São expressos os sinceros agradecimentos:

- Ao Prof. Dr. Eurípedes Malavolta pelas orientações, ensinamentos, atenção e incentivo ao presente trabalho.

- Ao Dr. Ronaldo Mário Barbosa da Silva, Dr. Gilberto Bufarah e Dr. Herbert Barbosa de Mattos pelas facilidades concedidas, oportunidade de aperfeiçoamento e apoio a realização do trabalho.

- Aos amigos do Instituto de Zootecnia, e em especial ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> PhD Joaquim Carlos Werner pela transmissão de conhecimentos técnicos.

- A Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Eliana Aparecida Schammass, pela colaboração durante as análises estatísticas.

- Aos Senhores Luís Muscio, Antonio Marco Pigato e Senhora Maria Alice Crestani pela ajuda em várias etapas do trabalho.

- Às Senhoritas Maria Aparecida de Castro e Lourdes Silvestre, Senhora Neusa Aparecida Chaves Meneghetti e Senhor Francisco Carlos Antonioli pela colaboração durante às análises laboratoriais.

- À Senhorita Doraci das Dores Soares da Silva pela ajuda na tabulação de dados.

- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo apoio e incentivo.

- À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro.

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida.

## SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS .....	IX
RESUMO .....	XXIV
SUMMARY .....	XXVII
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	6
2.1. Adubação fosfatada .....	6
2.2. O fósforo na planta .....	8
2.3. Respostas de gramíneas a adubação fosfata- ta .....	15
2.4. Fontes de fósforo .....	17
2.5. A acidez e a calagem em solos tropicais. A toxidez de Al e Mn e a disponibilidade de nutrientes no solo .....	19
2.6. Calagem para leguminosas forrageiras e efei- tos na fixação biológica de nitrogênio ...	23
2.7. Respostas de centrosema à calagem .....	26
2.8. Respostas de galactia à calagem .....	27
2.9. Respostas de soja perene à calagem .....	28
2.10. Calagem para gramínea forrageira .....	29
2.11. Calagem baseada na elevação do índice de saturação em bases .....	31
2.12. Molibdênio .....	
2.13. Ocorrência de deficiência e respostas ao molibdênio .....	33
2.14. Molibdênio na planta .....	34
2.15. Conteúdos de molibdênio .....	37
2.16. Mo nas sementes e nos nódulos .....	37
2.17. Mo no solo .....	40
2.18. Adubação com molibdênio .....	41

	Página
2.19. Cobalto .....	44
2.20. Cobalto na planta .....	46
2.21. Conteúdos nas plantas e respostas ao cobal <u>u</u> to .....	46
2.22. Cobalto no solo .....	48
2.23. Fatores que afetam a disponibilidade do cobalto .....	49
2.24. Fertilização com cobalto .....	51
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	54
3.1. Local .....	54
3.2. Espécies estudadas .....	54
3.2.1. Leguminosas .....	54
3.2.2. Gramínea .....	54
3.3. Solos .....	55
3.4. Procedimento experimental e condições de cultivo .....	55
3.5. Delineamento experimental .....	59
3.6. Colheitas .....	63
3.7. Análises laboratoriais .....	64
3.7.1. Determinação dos teores de nitrogê- nio .....	65
3.7.2. Determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Co .....	65
3.7.3. Análise do solo .....	66
3.7.4. Análises estatísticas .....	67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	68
4.1. Crescimento e nitrogênio total acumulado na par- te aérea do capim colonião .....	68

	Página
4.2.	Crescimento e nodulação das leguminosas 73
4.2.1.	Soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa) ..... 73
4.2.2.	Soja perene cultivada no Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) ..... 77
4.2.3.	Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa) ..... 79
4.2.4.	Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) ..... 80
4.2.5.	Galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa) 82
4.2.6.	Galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) ..... 83
4.3.	Composição mineral ..... 85
4.3.1.	Colonião ..... 85
4.3.1.1.	Teores de macronutrientes ..... 85
4.3.1.2.	Teores de micronutrientes ..... 94
4.3.2.	Soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa) ..... 107
4.3.2.1.	Teores de nutrientes .. 107



	Página
4.3.3. Soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) .....	112
4.3.3.1. Teores de nutrientes ...	112
4.3.4. Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa) .....	116
4.3.4.1. Teores de nutrientes ...	116
4.3.5. Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) .....	118
4.3.5.1. Teores de nutrientes ...	118
4.3.6. Galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa) .....	122
4.3.6.1. Teores de nutrientes ...	122
4.3.7. Galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) .....	126
4.3.7.1. Teores de nutrientes ...	126
4.4. Nitrogênio total acumulado .....	131
4.4.1. Em soja perene .....	131
4.4.2. Em centrosema .....	134
4.4.3. Em galactia .....	137
4.5. Molibdênio nas leguminosas .....	138
4.5.1. Molibdênio na parte aérea da soja perene .....	138
4.5.2. Molibdênio na semente da soja perene .....	141

	Página
4.5.3. Molibdênio na parte aérea da centrosema .....	142
4.5.4. Molibdênio na semente de cen- trosema .....	143
4.5.5. Molibdênio na parte aérea da galactia .....	143
4.5.6. Molibdênio na semente da ga- lactia .....	145
4.6. Cobalto nas leguminosas .....	145
4.6.1. Cobalto na parte aérea da so- ja perene .....	145
4.6.2. Cobalto na parte aérea da centrosema .....	147
4.6.3. Cobalto na parte aérea da ga- lactia .....	149
5. CONCLUSÕES .....	151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	155
APÊNDICE .....	183

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análises granulométrica e química dos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) utilizados nos experimentos. Página 56.

Tabela 2. Quantidade de calcário calcinado empregadas por vaso e correspondência às quantidades por hectare. Página 58.

Tabela 3. Doses dos nutrientes e respectivas fontes utilizadas para as leguminosas forrageiras. Página 60.

Tabela 4. Doses de nutrientes e respectivas fontes empregadas no capim colonião. Página 61.

Tabela 5. Datas de corte para as diferentes leguminosas. Página 63.

Tabela 6. Resultados de análise do solo após o cultivo do colonião, em função dos níveis de fósforo e da calagem. Página 184.

Tabela 7. Resultados de análises dos solos, sem corretivos e sem fertilizantes antes e após a incubação. Página 185.

Tabela 8. Resultados de análises dos solos após o cultivo de soja-perene em função dos níveis de calagem. Médias de doze repetições. Página 186.

Tabela 9. Resultados de análises dos solos após o cultivo da galactia em função dos níveis de calagem. Médias de doze repetições. Página 187.

Tabela 10. Resultados de análises dos solos após o cultivo da centrosema em função, dos níveis de calagem. Médias de doze repetições. Página 188.

Tabela 11. Produção de matéria seca a 65°C da parte aérea do capim colonião. Médias entre os tratamentos de níveis de fósforo e calagem. Página 189.

Tabela 12. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca do capim colonião em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas. Página 190.

Tabela 13. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso), em quatro cortes, na parte aérea do capim colonião em função dos níveis de fósforo na presença ou ausência da calagem. Página 191.

Tabela 14. Significâncias pelo teste F para os desdobramentos das interações significativas de micronutrientes x adubação fosfatada e análise de regressão para os efeitos do fósforo dentro da aplicação de micronutrientes. Página 192.

Tabela 15. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea (dois cortes), das raízes, da planta inteira, peso seco do número de nódulos da soja-perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função da calagem, molibdênio, cobalto, interações e desdobramentos das interações significativas. Página 193.

Tabela 16. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, da planta inteira e nodulação (mg/vaso e número) da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro em funções dos níveis de calagem. Significância do teste F para os componentes linearmente quadrático. Médias de 12 dados. Página 194.

Tabela 17. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com molibdênio ou sem ou com cobalto. Página 195.

Tabela 18. Produção de matéria seca (g/vaso) da soja-perene cultivada no solo LEa, em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de molibdênio. Página 196.

Tabela 19. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes e da planta inteira e nodulação (peso seco, mg/vaso e número de nódulos) de soja-perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Página 197.

Tabela 20. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea (dois cortes), das raízes, da planta inteira e para nodulação (número e peso seco dos nódulos da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo álico em função da calagem, molibdênio, cobalto, interações e desdobramento das interações significativas. Página 198.

Tabela 21. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre diversas variáveis em soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Página 199.

Tabela 22. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes e da planta inteira e peso seco dos nódulos (mg/vaso) da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Página 200.

Tabela 23. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 201.

Tabela 24. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre as diversas variáveis em centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.. Página 202.

Tabela 25. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes e da planta inteira e peso seco dos nódulos da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 203.

Tabela 26. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos (mg/vaso) da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Página 204.

Tabela 27. Equação de regressão para os efeitos de níveis de calagem sobre as diversas variáveis em centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo. Página 205.

Tabela 28. Significância do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função da calagem, do molibdênio, do cobalto e das interações e desdobramentos das interações significativas. Página 206.

Tabela 29. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos

dulos (mg/vaso) da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Página 207.

Tabela 30. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem sobre as diversas variáveis em galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 208.

Tabela 31. Produção de matéria seca (g/vaso) em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de cobalto da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 209.

Tabela 32. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função da calagem, do molibdênio, do cobalto e das interações entre esses fatores. Página 210.

Tabela 33. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, e da planta inteira, em ambos os cortes, e nodulação (mg/vaso) da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrática. Médias de 12 dados. Página 211.

Tabela 34. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre as diversas variáveis em galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 212.

Tabela 35. Teores de N, P e K (%) na matéria seca da parte aérea do capim colonião para os tratamentos níveis de fósforo e aplicação ou não de calagem. Página 213.

Tabela 36. Teores de Ca, Mg e S (%) na matéria seca da parte aérea do capim colonião para os tratamentos níveis de fósforo e aplicação ou não de calagem. Página 214.

Tabela 37. Significâncias para o teste F para os conteúdos de N, P e K na parte aérea do capim colonião. Dados de quatro cortes. Página 215.

Tabela 38. Equações de regressão para os efeitos de níveis de fósforo (x) sobre diversas variáveis, na presença (Cal<sub>1</sub>) e na ausência de calagem (Cal<sub>0</sub>). Página 216.

Tabela 39. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de fósforo (x) sobre diversas variáveis, na presença (M<sub>1</sub>) ou na ausência (M<sub>0</sub>) de aplicação de micronutrientes. Página 217.

Tabela 40. Significância do teste F para os conteúdos de Ca, P e S na parte aérea do capim colonião. Dados de quatro cortes em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas. Página 218.

Tabela 41. Teores de Mg (%), B, Zn e Mn, em ppm, para os tratamentos de calagem e micronutrientes. Página 219.

Tabela 42. Teores de B, Cu, Fe e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião para os tratamentos níveis de fósforo e aplicação ou não de calagem. Página 220.



Tabela 43. Teores de B, Cu e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião para os tratamentos níveis de fósforo ou não de micronutrientes. Página 221.

Tabela 44. Significância do teste F para os conteúdos de B, Cu e Zn na parte aérea do capim colonião. Dados de quatro cortes, em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas. Página 222.

Tabela 45. Significância do teste F para os conteúdos de Fe e Mn na parte aérea do capim colonião, dados de quatro cortes, em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas. Página 223.

Tabela 46. Significância do teste F para os conteúdos de molibdênio e de cobalto na parte aérea do capim colonião. Dados de quatro cortes em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas. Página 224.

Tabela 47. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião em função dos níveis de fósforo na presença ou ausência de micronutrientes. Página 225.

Tabela 48. Equações de regressão para os efeitos de níveis de fósforo em função dos tratamentos com ou sem aplicação de micronutrientes ou calagem. Página 226.

Tabela 49. Teores de molibdênio e de cobalto (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião, em função da aplicação de níveis de fósforo na presença ou na ausência de calagem. Página 227.

Tabela 50. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião, em função da aplicação de níveis de fósforo e de micronutrientes. Página 228.

Tabela 51. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião em função da aplicação ou não de calagem na ausência ou na presença de micronutrientes. Página 229.

Tabela 52. Significâncias para o teste F para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 230.

Tabela 53. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados. Página 231.

Tabela 54. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre as diversas variáveis em soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro. Página 232.

Tabela 55. Teores de N, S (%) e Fe (ppm) em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de cobalto em soja perene cultivada no solo LEa. Página 233.

Tabela 56. Significâncias para o teste F para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 234.

Tabela 57. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 235.

Tabela 58. Significância pelo teste F para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 236.

Tabela LVIII. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na matéria seca da soja perene, dados de dois cortes, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 237.

Tabela 59. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea da soja perene, dados de dois cortes, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 238.

Tabela 60. Significância do teste F para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 239.

Tabela 61. Significância do teste F para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 240.

Tabela 62. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da centrosema, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tabela 63. Significâncias do teste F para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 242.

Tabela 64. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da centrosema, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados. Página 243.

Tabela 65. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com aplicação de Molibdênio ou Cobalto, centrosema cultivada no solo LEa. Página 244.

Tabela 66. Significâncias do teste F para os conteúdos N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 245.

Tabela 67. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados. Página 246.

Tabela 68. Teores de nitrogênio (%), em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de molibdênio (Mo) ou de cobalto (Co). Página 247.

Tabela 69. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem em função da aplicação ou não de cobalto ou molibdênio. Página 248.

Tabela 70. Significâncias do teste F para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn, na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 249.

Tabela 71. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho distrófico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Média de 12 dados. Página 250.

Tabela 72. Significâncias do teste F para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 251.

Tabela 73. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da galactia, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 252.

Tabela 74. Teor de Ca (%) em função dos níveis de calagem, mediante a aplicação ou não de molibdênio para galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 253.

Tabela 75. Significâncias do teste F para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da galacita cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Página 254

Tabela 76. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da galactia, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 255.

Tabela 77. Teores de zinco (ppm) na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função da aplicação da calagem e de cobalto. Página 256.

Tabela 78. Significâncias do teste F para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 257.

Tabela 79. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na matéria seca da parte aérea da galactia, em função dos níveis de calagem, cultivada no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Significância do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 258.

Tabela 80. Teores de Nitrogênio (%) em galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de Molibdênio. Dados do segundo corte. Página 259.

Tabela 81. Significâncias do teste F para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Página 260.

Tabela 82. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea da galactia, dados de dois cortes, cultivadas no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados. Página 261.

Tabela 83. Teores de zinco (ppm) na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de cobalto. Dados do primeiro corte. Página 262.

Tabela 84. Significâncias para o teste F para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da soja-perene cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Página 263.

Tabela 85. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da soja-perene cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 264.

Tabela 86. Produção de matéria seca (g/vaso) e quantidades totais de nitrogênio (mg/vaso) da soja-perene cultivada no solo LEa, em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de molibdênio. Página 265.

Tabela 87. Significâncias para o teste F para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da centrosema cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Página 266.

Tabela 88. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da centrosema cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 267.

Tabela 89. Quantidades de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da centrosema, em função da aplicação ou não de Cobalto e Molibdênio. Página 268.

Tabela 90. Significâncias para o teste F para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da galactia cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Página 269.

Tabela 91. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da galactia cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais. Página 270.

Tabela 92. Significâncias do teste F para os conteúdos de molibdênio na parte aérea das leguminosas soja-perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Página 271.

Tabela 93. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea das leguminosas soja-perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) para os tratamentos de níveis de calagem e aplicação ou não de molibdênio. Página 272.

Tabela 94. Significâncias pelo teste F das interações calagem x molibdênio e calagem x cobalto e das regressões para os efeitos da calagem dentro da aplicação ou não de molibdênio e da calagem entre ou não da aplicação de cobalto sobre os conteúdos de molibdênio para as leguminosas forrageiras. Página 273.

Tabela 95. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com aplicação de molibdênio. Página 274.

Tabela 96. Teores de molibdênio (ppm) na parte aérea da soja-perene e teores de cobalto (ppm) na parte aérea da galactia cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa)



em função da aplicação ou não de molibdênio e de cobalto. Página 275.

Tabela 97. Teores de molibdênio (ppm) na parte aérea da soja-perene, em função da aplicação de calagem e de cobalto, cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVa) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Página 276.

Tabela 98. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com aplicações de cobalto. Página 277.

Tabela 99. Significâncias do teste F para os conteúdos de cobalto na parte aérea das leguminosas soja-perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Página 278.

Tabela 100. Teores de cobalto (ppm) na matéria seca da parte aérea das leguminosas soja-perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) para os tratamentos de níveis de calagem e aplicação ou não de cobalto. Página 279.

Tabela 101. Significâncias pelo teste F das interações calagem x molibdênio e calagem x cobalto e das regressões para os efeitos da calagem dentro da aplicação ou não de molibdênio e da calagem dentro da aplicação ou não de cobalto sobre os conteúdos de cobalto para as leguminosas forrageiras. Página 280.

Tabela 102. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem em função de calagem dos tratamentos sem ou com aplicação de cobalto. Página 281.

EFEITO DA FERTILIZAÇÃO FOSFATADA, DA CALAGEM  
E MICRONUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO DE  
PLANTAS FÓRRAGEIRAS

Valdinei Tadeu Paulino

Orientador: Eurípedes Malavolta

RESUMO

Com o intuito de estudar os efeitos de níveis de calagem, da aplicação de micronutrientes (molibdênio e cobalto) sobre a nodulação, fixação de nitrogênio, produção de matéria seca e composição química, foram cultivadas a soja perene. Tinaroo (Neonotonia wightii (Wightii & Arn) Lakey var. Tinaroo), centrosema (Centrosema pubescens Benth) e galactia (Galactia striata (Jacq) Urb.) nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa). Foram também avaliados os efeitos da adubação fosfatada e do uso de micronutrientes, com ou sem correção de acidez, no cultivo do capim colônia (Panicum maximum Jacq. cv. IZ-1) no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Para as leguminosas foram aplicados três níveis de calagem (correspondentes a zero; calagem para elevação do índice de saturação em bases dos solos a 35%, e um nível máximo para elevação do índice de saturação em bases a 70%).

Em experimentos conduzidos em vasos, foram distribuídos os doze tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições.

No experimento com capim-colonião, ou não se aplicou calcário ou foi aplicado para elevação do índice de saturação em bases a 70%, em presença ou ausência de micronutrientes e três níveis de fósforo (20; 100 e 200 ppm de P) combinados em arranjo fatorial, em blocos ao acaso com quatro repetições.

Foram avaliados os efeitos dos tratamentos nos solos sobre suas principais características químicas e, nas plantas, produções de matéria seca (dois cortes para as leguminosas e quatro para o capim colonião) da parte aérea e das raízes, nodulação nas leguminosas, teores de nutrientes na parte aérea dessas forrageiras.

A calagem elevou o pH, reduziu  $H^+ + Al^{3+}$ , incrementando os teores de cálcio e de magnésio trocáveis, e a porcentagem de saturação em bases do solo, tanto no solo LVd cultivado com capim colonião como nos solos LVd e LEa cultivado com as leguminosas. A adubação fosfatada elevou significativamente as produções de matéria seca, quantidades totais de nitrogênio e teores de fósforo no capim-colonião, sendo que a calagem aumentou a eficiência do fósforo aplicado.

A não aplicação de micronutrientes limitou o crescimento do capim-colonião a partir do terceiro corte. A calagem, aumentando o pH, melhorou a disponibilidade do molibdênio aplicado, resultando em maiores acumulações de Mo na parte aérea do colonião.

A produção de matéria seca na parte aérea, nas raízes e na planta inteira, nitrogênio total e nodulação da

soja perene, da centrosema e da galactia foram significativamente aumentadas pela aplicação de níveis de calagem, quando cultivadas em ambos solos.

O emprego do molibdênio resultou em efeitos favoráveis sobre as quantidades de nitrogênio acumuladas na parte aérea da soja perene, da centrosema e da galactia cultivadas no solo LEa. Beneficiando a fixação biológica de nitrogênio, a aplicação de molibdênio resultou em acréscimos na produção de matéria seca da soja perene no primeiro corte e da galactia, cultivadas no solo LEa.

A utilização conjunta do cobalto e molibdênio correspondeu a maiores acumulações de nitrogênio na matéria seca da parte aérea do segundo corte da centrosema no solo LEa. O emprego do cobalto aumentou expressivamente o peso seco dos nódulos da centrosema cultivada no solo LEa. Na ausência da calagem, o cobalto favoreceu a produção de matéria seca da centrosema no solo, dados do primeiro corte. A calagem resultou em variações significativas na composição mineral das três leguminosas testadas, sendo que a aplicação de molibdênio e de cobalto incrementou significativamente os teores desses micronutrientes. A calagem favoreceu a absorção de molibdênio, porém diminuiu as de cobalto.

PHOSPHATIC FERTILIZATION, LIME AND MICRONUTRIENTS  
ON FORAGE DEVELOPMENT

Author: Valdinei Tadeu Paulino

Adviser: Prof. Dr. Eurípedes Malavolta

SUMMARY

The effects of lime and micronutrients (molybdenum and cobalt) application on nodulation, nitrogen fixation, growth and chemical composition were evaluated in perennial soybean Tinaroo (Neonotonia wightii (Wightii & Arn) Labey cv. Tinaroo) centro (Centrosema pubescens Benth) and galactia (Galactia striata (Jacq) Urb.) cultivated in dystrophic Red Yellow Latosol (RYL) and allic Red Dark Latosol (RDL) soils. The influences of phosphate fertilization and micronutrients, with or without lime, in guinea grass (Panicum maximum Jacq. cv. IZ-1) in dystrophic Red Yellow Latosol soil, were also studied.

Three levels of lime were applied for the legumes (equivalent to zero, lime to raise the base saturation index of soils to 35% and higher level to raise this index to 70%). Thelve treatments were arranged in randomized complete block design with four replications in pot trials.

The trial with guinea grass, with or without lime, in order to raise the base saturation index of soils to 70%, in the presence or absence of micronutrients and three

levels of phosphorus ( $P_1 = 20$ ,  $P_2 = 100$  and  $P_3 = 200$  ppm of P) was combined in factorial arrangement, in randomized complete blocks design with four replications.

The treatment effects in the soils were evaluated upon its main chemical characteristics and, in the plants upon its dry matter production (two cuts for the legumes and four cuts for guinea grass) of shoots and roots, nodulation in the legumes and nutrient contents in the shoots of these forage plants.

Lime raised the pH, decreased  $H^+ = Al^{3+}$ , increasing exchangeable Ca and Mg contents and soil base saturation percentage, either in RYL soil cultivated with guinea grass as in RYL and RDL soils cultivated with the legumes. The phosphate fertilization increased significantly the dry matter production, the total quantities of nitrogen and the phosphorus content on guinea grass, while lime increased the phosphorus efficiency applied.

Without micronutrients application, the growth of guinea grass was limited after the third cut. Lime increasing the pH, the molybdenum availability, resulting in higher Mo accumulations in guinea grass shoots. The dry matter production of shoots roots and whole plant, total nitrogen and perennial soybean, centro and galactia nodulation were significantly increased by the application of lime levels, when cultivated in both soils.

The use of molybdenum resulted in favourable effects upon nitrogen quantities accumulated on perennial soybean, centrosema and galactia shoots, cultivated in RDL soil. Benefitting the nitrogen biological fixation, the mo-

lybdenum application resulted in increases in the dry matter production of perennial soybean in the first cut and of galactia, both of them cultivated in a RDL soil.

The utilization of both cobalt and molybdenum corresponded to higher nitrogen accumulations in the shoot dry matter in the second cut of centrosema in a RDL soil. In the absence of lime, cobalt favoured the dry matter production of centrosema in the soil in the first cut. Lime resulted in significant variations in the mineral composition of the three legumes, while the molybdenum and cobalt applications increased significantly the contents of these micronutrients. Lime favoured the absorption of molybdenum, but decreased cobalt absorption.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção animal baseada em pastagens é um sistema capaz de fornecer proteína de boa qualidade a baixo custo, e é missão da pesquisa entender e ensinar as técnicas capazes de garantir este objetivo.

Não há proteína sem nitrogênio, e o seu fluxo nas pastagens é feito do solo para as forrageiras e destas para o animal em pastejo, que é transferida para os produtos animais. Nas condições das pastagens tropicais a liberação do nitrogênio, através da mineralização da matéria orgânica, é freqüentemente insuficiente para atender às necessidades da produção. Então, só é possível manter a produção em bom nível, através da adição de N no sistema.

As pesquisas realizadas com fertilizantes nitrogenados para produção animal em pastagens tropicais mostraram respostas animadoras, quando são usados com gramíneas adequadas (Cynodon, Digitaria, Panicum, Pennisetum e Paspalum, por exemplo), porém a relação entre o preço pago pelo fertilizante e o obtido pelo produto animal tem se mostrado desfavorável.



Por outro lado, a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas leguminosas forrageiras, capazes de convertê-lo em amônia, uma forma solúvel de nitrogênio, prontamente utilizada pelas plantas, representa uma alternativa econômica com resultados promissores e mensuráveis, tanto em termos forrageiros, quanto em produção animal.

As áreas destinadas às atividades pecuárias ocorrem predominantemente em condições de solos de cerrado, que são naturalmente ácidos e pobres em nutrientes minerais.

Nessas condições, há dois pontos de fundamental importância para o sucesso no estabelecimento e manutenção das pastagens altamente produtivas: o primeiro deles é a adequação das espécies utilizadas às condições de acidez, e o outro é a adequada nutrição mineral. Esses dois aspectos estão bastante entrelaçados, e seus equacionamentos, em estudos agrupados, resultariam em respostas que viriam a solucionar os dois problemas.

Os fatores de acidez do solo limitam o desenvolvimento das plantas e a fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas forrageiras.

Em 1961, ANDREW & NORRIS realizaram estudos com um grupo de leguminosas de clima tropical e com outro grupo de leguminosas de clima temperado, em casa-de-vegetação, com um solo marcadamente deficiente em Ca, e concluíram que, mediante a aplicação de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), as tropicais apresentaram muito maior capacidade de extrair Ca do solo do que as temperadas. Porém, embora em menor intensidade que as temperadas, as leguminosas tropicais também responderam à aplicação de  $\text{CaCO}_3$ .

As forrageiras tropicais diferem na sua capaci

dade de crescimento, nodulação e máxima produção de nitrogênio, sob valores variáveis de pH e suprimento de cálcio (ANDREW, 1978).

MUNNS & FOX (1977) estudaram comparativamente as respostas à calagem apresentadas por leguminosas tropicais e temperadas, em experimento de campo, onde  $\text{CaCO}_3$  foi aplicado em um oxisol deficiente em nitrogênio, com problemas de excesso de Mn, baixa saturação em Ca, mas sem problemas de toxidez de Al. No geral, as curvas da resposta à calagem não apresentaram distintas diferenças entre as leguminosas de clima tropical e temperado. Porém, dentro de cada grupo, houve acentuadas diferenças entre as espécies.

Há indicação, na literatura, de que as gramíneas tropicais não respondem, ou respondem muito pouco, à calagem (SPAIN et alii, 1975, SIQUEIRA et alii, 1980). Usualmente o crescimento máximo é atingido com a aplicação de pequenas quantidades de calcário da ordem de 0,15 e 1,0 t de  $\text{CaCO}_3$ /ha, que não modifica necessariamente os valores de pH ou a saturação de alumínio, porém proporciona Ca e Mg às plantas.

Embora se saiba que a acidez seja um fator limitante ao crescimento das plantas em solos de cerrado, é também bastante conhecida a deficiência de nutrientes minerais nesses solos, sendo que o fósforo é o que apresenta maiores deficits, seguido pelo cálcio, pelo magnésio e pelos micronutrientes.

Os efeitos benéficos da adição de P ao solo, sobre a produção, nodulação e fixação de N por leguminosas tropicais, tem sido demonstrado por diversos autores (JONES, 1968; SOUTO & DOBEREINER, 1968; JONES et alii, 1970; BRUCE &

TEITZEL, 1978). WOODHOUSE (1964) ressalta que, no plantio, os capins exigem e respondem melhor à aplicação de P que as leguminosas, crescendo e se estabelecendo mais rapidamente que estas; quando bem adubados com este elemento.

Um dos principais efeitos da aplicação do cálcio em solos ácidos é aumentar a disponibilidade de P e do micronutriente molibdênio para as plantas.

É reconhecido que a deficiência de micronutrientes pode constituir um grande problema de fertilidade em solos tropicais, ou mesmo, quando presentes, esses micronutrientes, como por exemplo o molibdênio, pode estar indisponível às plantas, por estar adsorvido às partículas do solo.

O molibdênio é, sem dúvida, o mais importante micronutriente para as leguminosas, em pelo menos duas fases fundamentais da nutrição: primeiro, no eficiente funcionamento do Rhizobium, sendo componente da enzima nitrogenase, responsável pela fixação biológica do nitrogênio, e, em segundo lugar, na transformação do nitrogênio nitrato em nitrogênio amoniacal. A quantidade requerida de molibdênio no processo de fixação é maior que a exigida pela própria planta (ANDREW, 1962).

Outro micronutriente descrito como essencial para as plantas dependentes da fixação simbiótica de nitrogênio é o cobalto, atuando como componente de coenzimas responsáveis pela síntese de leg-hemoglobina (REISENAUER, 1960). Cumpre ressaltar que pouco se conhece sobre esse micronutriente, especialmente com dados experimentais sobre sua importância em solos de regiões tropicais.

Diante do nível atual de conhecimento na área de nutrição de plantas, fica evidente a importância de estudar os efeitos da calagem, da adubação fosfatada e do uso dos micronutrientes cobalto e molibdênio e das interações entre esses nutrientes sobre as leguminosas e gramíneas forrageiras.

O presente trabalho teve por objetivo:

- determinar os efeitos de níveis de calagem na nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de três leguminosas forrageiras, cultivadas em dois solos típicos de cerrado do Estado de São Paulo;

- avaliar os efeitos da presença ou ausência dos micronutrientes molibdênio e cobalto na produção de matéria seca, nodulação e fixação de nitrogênio de três leguminosas;

- medir os efeitos da calagem nos níveis de nutrientes na matéria seca (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Co, Cu, Fe, Mo, Mn e Zn) e na disponibilidade de P, K, Ca, Mg e H+Al no solo, através das determinações desses nutrientes nas plantas e no solo;

- avaliar os efeitos da adubação fosfatada e do uso de micronutrientes, com e sem correção de acidez, no cultivo de uma gramínea exclusiva em termos de produção de matéria, conteúdos de nitrogênio e composição química;

- observar possíveis alterações químicas ocorridas no solo em função do emprego do calcário calcinado e da adubação fosfatada.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Adubação Fosfatada

A maioria dos solos tropicais são altamente intemperizados, sendo freqüentemente deficientes em fósforo, constituindo-se assim em sérios problemas no estabelecimento de pastagens. Estes solos são comumente ácidos, contendo elevadas quantidades de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, os quais acarretam a rápida fixação da forma solúveis de fósforo, tais como superfosfato simples e superfosfato triplo (SALINAS & SANCHEZ, 1976; FOY, 1976; FENSTER & LEON, 1978).

O baixo teor de fósforo disponível compromete não apenas o estabelecimento das plantas forrageiras, como também afeta sua produtividade e valor nutritivo, prejudicando o desempenho animal.

A carência de fósforo causa distúrbios imediatos e severos no metabolismo e desenvolvimento das plantas (EPSTEIN, 1975). O baixo teor de fósforo na planta prejudica a nutrição dos ruminantes, por não atender às exigências mé-

dias em fósforo para os animais adultos, que são de 0,20%, e principalmente para animais novos que são de 0,34% (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 1970).

A importância da adubação fosfatada para o estabelecimento e produtividade das espécies forrageiras é ressaltada em diversos trabalhos (ANDREW & ROBINS, 1969); MONTEIRO & WERNER, 1977; GUSS et alii, 1981 e COSTA et alii, 1983).

WERNER & HAAG (1972) observaram sintomas nítidos de deficiência de fósforo em capim-colonião (Panicum maximum Jacq.), capim-gordura (Melinis munitiflora Beauv.), capim-jaraguá (Hyparrhenia rufa (Ness) Stapf.) e capim-elefante Napier (Pennisetum purpureum Schum.), cultivados em solução nutritiva com baixos níveis desse elemento. Verificaram ainda que a deficiência de fósforo prejudicou o perfilhamento e o desenvolvimento radicular.

WERNER et alii (1967) obtiveram aumentos de 117% na produção de matéria seca de capim-colonião, cultivado em vasos com solo pobre em fósforo, utilizando adubação fosfatada, enquanto GOMIDE (1975) obteve para essa gramínea um aumento percentual de 35% com esse tipo de adubação.

Embora a adubação fosfatada propicie aumentos na produção forrageira, seu efeito sobre a concentração de fósforo na matéria seca tem se mostrado ora positivo (ANDREW & ROBINS, 1969; ora nulo (GOMIDE, 1975).

COSTA et alii (1983), estudando os efeitos de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de P do capim-colonião, obtiveram aumento na produção de matéria seca com a adubação fosfatada. O maior incremento foi obtido com a adição de 50 ppm de P e a produtividade máxima com a adição

de 250 ppm de P ao solo. Verificaram, no entanto, que somente com altas doses de P foi possível elevar a concentração desse elemento na matéria seca das gramíneas ao nível das exigências da nutrição de ruminantes.

ANDREW & ROBINS (1969) estabeleceram os seguintes valores para o nível crítico de fósforo: capim-colonião 0,20%, capim-gordura 0,18%, capim-pangola 0,16% e capim-buffel 0,25%.

SMITH (1975) verificou a possibilidade de se determinar o estado nutricional em fósforo do capim green-panic (Panicum maximum Jaccq. var. trichoglume cv. Petrie), através da determinação do nível crítico, amostrando para fins de diagnose as "folhas novas", ou seja, aquelas que apresentam a lâmina foliar totalmente expandida e com a lígula aparente. Os valores obtidos decresceram com a idade da planta, de 0,55%, com 3 a 4 folhas, para 0,32%, com 4 a 5 folhas, e 0,15%, com 6 folhas.

COSTA et alii (1983), estudando os níveis críticos de fósforo no capim-jaraguá e no capim-colonião, observaram que esses valores variaram de 0,31 a 0,40% de P, para a primeira gramínea, e de 0,29 a 0,45%, para a segunda.

MARTINEZ & HAAG (1980) encontraram os seguintes níveis críticos de fósforo para as gramíneas tropicais cultivadas em solução nutritiva: colonião 0,24%, braquiária decumbens 0,32%, braquiária humidícola 0,26%, capim-jaraguá de 0,18% a 0,59%.

## 2.2. O Fósforo na Planta

O ácido fosfórico dá por dissociação três espécies iônicas diferentes:  $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$  e  $PO_4^{3-}$ . A primeira

predomina na faixa de pH 4,0 a 8,0, comumente encontrado no solo. A absorção de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  é influenciada pela concentração de magnésio no meio; o efeito é sinérgico. Foi verificado em raízes de cevada que, quando  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  estava numa concentração da  $5 \times 10^{-5}$  M, a elevação da concentração de magnésio até o mesmo valor provoca aumento na absorção de fósforo. Aumentando-se ainda mais a concentração de magnésio havia diminuição na concentração de fósforo (MALAVOLTA, 1976).

No xilema a maior concentração de fósforo se encontra na forma inorgânica, ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), mas este mineral também participa de compostos orgânicos como a fosforil-colina e ésteres de carboidrato. A maior parte de fósforo inorgânico da célula parece estar armazenada no vacúolo de onde não sai com facilidade. Ainda assim ocorre transporte dos órgãos mais velhos para os mais novos. Frutos e sementes são acumuladores de fósforo. O ácido fítico é uma forma de reserva do elemento (MALAVOLTA, 1976).

Sob a forma de fosfato orgânico, o fósforo se encontra no citoplasma e núcleo celulares dos tecidos jovens, cujas células se encontram em intenso metabolismo. É um elemento indispensável à fotossíntese, síntese de ligações ricas em energia, síntese e degradação dos carboidratos (GOMIDE, 1975). Participa de importantes reações na biossíntese de proteínas, sendo constituinte de coenzimas que participam nas reações de transaminação. É importante para o desenvolvimento radicular e para o crescimento e divisão das células. Tende por isso a concentrar-se nos tecidos jovens, que são os mais apetecíveis e nutritivos (COMASTRI FILHO, 1977).

É o elemento mais importante para as pasta-



gens, após o nitrogênio, principalmente nos períodos iniciais da vida da planta, quando esta o absorve em grandes quantidades. Exerce grande influência no perfilhamento e crescimento das raízes. Assim, a falta de fósforo determina, no campo, o aparecimento de espaços vazios, que vão ser ocupados pelas invasoras, espécies menos exigentes.

WERNER e HAAG (1972) descrevem os sintomas de deficiência de fósforo nos capins-napier, gordura, jaraguá e colonião. De modo geral as plantas deficientes apresentavam-se pouco desenvolvidas, raquíticas e com perfilhamento reduzido; os perfilhos produzidos apresentavam um aspecto enfezado. As folhas inferiores apresentavam-se totalmente secas. Algumas folhas intermediárias apresentavam coloração verde-pálida, na base, e laivos arroxeados, nas pontas; outras apresentavam coloração totalmente arroxeadas e com as pontas secas. Folhas mais novas de alguns perfilhos apresentavam laivos arroxeados contra coloração verde aparentemente normal. Todas, entretanto, eram de tamanho reduzido. Por vezes, as folhas apresentavam coloração verde-amarelada, e havia secamento intenso das mais velhas, iniciando-se nas pontas e caminhando em direção à base, sendo mais pronunciado nos bordos. Os sintomas estendiam-se às bainhas, e, por vezes, os colmos apresentavam-se endurecidos, tortuosos e quebradiços. O sistema radicular mostrava-se pouco desenvolvido, com número reduzido de raízes muito compridas, delgadas e com poucos pêlos absorventes.

MALAVOLTA et alii (1974) relatam ainda coloração verde, mais escura nas folhas, e diâmetro reduzido dos colmos. MALAVOLTA (1976) relata o aumento no conteúdo de carboidratos e na relação fósforo inorgânico/fósforo orgâni-

co, além de restrição na diferenciação dos caules.

O teor de fósforo em diversas gramíneas tropicais decresce com o aumento da idade, podendo esse decréscimo ser mais ou menos acentuado. Há também diferenças quanto à parte da planta considerada, sendo as folhas mais ricas no elemento que o caule (HAAG et alii, 1967). GOMIDE (1976) relata que a idade afeta o valor nutritivo e a composição química da forrageira devido à distribuição diferencial dos elementos nos diversos órgãos vegetais, mudança nas relações caule/folha, efeito de diluição e diminuição na capacidade das plantas absorverem nutrientes.

GOMIDE (1976), HAAG et alii (1967), NASCIMENTO JUNIOR et alii (1976) e PRÓSPERO e PEIXOTO (1972), trabalhando com os capins colônia, pangola, gordura, jaraguá e napier, concordam e relatam que, de maneira geral, o teor de fósforo decresceu com a idade da planta para haste, folha e planta inteira.

ACIOLY (1982), por sua vez, coletou cem gramíneas nativas e exóticas, na região de Fortaleza (CE), na primeira quinzena de janeiro, analisando os teores de fósforo, na matéria seca da parte aérea. Seus teores variaram de 0,10 a 0,49%, estando apenas 31% delas com nível superior a 0,40%. Oitenta e seis por cento das gramíneas apresentavam-se deficientes para atender às exigências animais. SOUZA et alii (1979) fizeram um levantamento das deficiências minerais em seis fazendas do norte de Mato Grosso, baseando-se em análises de amostras de solo, plantas forrageiras e tecido animal. Os teores de fósforo nos solos estudados foram considerados entre médio e baixo (2,9 a 27,6 ppm). As análises de fósforo das forrageiras indicaram que nenhuma dentre as gra-

míneas fornecia quantidade adequada de fósforo para um mínimo de produção animal. Quanto às épocas, observaram-se teores da ordem de 0,20%, na época chuvosa, e 0,08%, na época seca. GAVILLON e QUADROS (1970) estudaram a variação anual nos teores de cálcio e fósforo de pastagens nativas no Rio Grande do Sul. Observaram que os teores de fósforo variavam de 0,11 a 0,16%, chegando a ser menor que 0,10% em algumas regiões. No verão, por sua vez, predominavam teores deficientes, raramente maiores que 0,10%. Esses resultados indicam carência de fósforo, generalizada para os animais em crescimento e produção. Finalizando, TOKARNIA e DOBEREINER (1976) fizeram uma revisão sobre o assunto e encontraram relatos de deficiência generalizada de fósforo em bovinos por todo o território nacional.

O fósforo é referido por inúmeros autores como elemento que incrementa a produção de matéria seca das forragens (VICENTE CHANDLER, 1974). SANCHEZ (1976) indica ainda que o grande potencial de resposta ao nitrogênio das gramíneas tropicais fica limitado na ausência de fósforo. Segundo GOMIDE (1975), o fósforo afeta também a formação de gemas basais e alongação dos caules. FRANÇA et alii (1974) mencionam ainda seu efeito positivo sobre o stand e a produção de proteína bruta por hectare.

HAAG et alii (1967) observaram que a extração de fósforo em gramas/kg MS variou entre diversas espécies forrageiras, sendo de 1,77 no capim-pangola, 1,88 no capim-napier, 1,94 no capim-jaraguá, 2,14 no capim-gordura e 2,24 no capim-colonião. A extração em g/vaso foi maior para o capim-colonião, seguindo-se em ordem decrescente os capins jaraguá, gordura, napier e pangola. Vicente-Chandler<sup>1</sup> et alii

(1974), citados por SANCHEZ (1976), relataram uma extração anual variando de 53 a 72 kg de fósforo/ha/ano. O fósforo, quantitativamente, é extraído em maiores quantidades que Mg e S apenas (HAAG et alii, 1967).

Para aumentar a eficiência da fertilização fosfatada, é possível selecionar plantas que tenham exigências de P mais baixas, para um crescimento máximo, que as plantas geralmente utilizadas. Felizmente, a tolerância ao Al e a tolerância a baixos conteúdos de P ocorrem muitas vezes simultaneamente, pois parecem estar relacionados com a capacidade da planta em absorver e de translocar o P das raízes para a parte aérea, em presença de altos níveis de Al na solução do solo e nos tecidos da raiz (SALINAS, 1978).

SALINAS e SANCHEZ (1976) procederam revisão de literatura sobre diferenças entre capins e variedades, em relação à tolerância a baixos níveis de fósforo disponível no solo. Existem evidências de que ocorrem diferenças consideráveis entre espécies, com respeito ao nível crítico externo de fósforo (quantidade de fósforo na solução do solo relacionada a altas produções) e ao nível crítico interno de fósforo (quantidade de fósforo na planta relacionada a altas produções). Em pastagens tropicais Melinis minutiflora e Panicum maximum são espécies mais tolerantes que Chloris gayana e Paspalum dilatatum. Segundo FOY (1976), a literatura menciona cinco mecanismos para explicar as diferenças ao Al tóxico e maior capacidade de sobreviver em solos pobres em P, sendo eles: extensão das raízes, exudação das raízes, influência de fungos micorrízicos, equilíbrio de nutrientes e diferenças nas taxas de absorção e translocação do fósforo, em relação às taxas de crescimento.

ANDREW & ROBINS (1969), na Austrália, mostraram a existência de diferentes níveis críticos de fósforo. Panicum maximum 0,19%, Digitaria decumbens 0,16%, Paspalum dilatatum 0,25%, Chloris gayana var. Pioner 0,23% e Melinis minutiflora 0,18%.

FALADE (1975), na Nigéria, determinou o nível crítico interno de fósforo e a quantidade de  $P_{25}$  aplicado, que proporcionaram máxima produção, em diversas gramíneas forrageiras. O autor usou, entre outras, duas variedades de Pennisetum purpureum, verificando diferenças na necessidade interna de fósforo de ambas, sendo o P. purpureum green (0,21% de P) mais eficiente que o P. purpureum purple (0,25% de P), em termos de uso de fósforo, e o Panicum maximum (0,19% de P).

MARTINEZ e HAAG (1980) determinaram os níveis críticos internos e externos de fósforo nos capins Bracharia decumbens, B. humidicola, pangola, jaraguá, gordura, colônia e napier, em solução nutritiva. Os autores observaram que as espécies diferiram quanto à necessidade externa de fósforo, sendo B. humidicola e jaraguá as menos exigentes. Os níveis críticos internos também variaram entre as espécies, sendo 0,38%, no capim pangola, 0,32%, em B. decumbens, 0,26%, em B. humidicola, 0,24%, em gordura, 0,24%, em colônia, 0,20%, em napier. Considerando-se os níveis críticos internos e externos, bem como a produção de matéria seca, a B. humidicola foi a espécie que apresentou maior eficiência na absorção do fósforo.

COSTA et alii (1983) verificaram que a adubação fosfatada propiciou aumento na produção de matéria seca dos capins colônia e jaraguá. O maior incremento foi obtido

com a adição de 50 ppm de P, e a máxima produtividade, com a adição de aproximadamente 250 ppm de P ao solo. Os autores observaram que apenas altas doses de fósforo elevaram a concentração desse elemento na matéria seca das gramíneas ao nível de exigência dos ruminantes, em torno de 0,30%. Os níveis críticos de fósforo variaram de 0,31 a 0,40%, para o capim-jaraguá, e de 0,29 a 0,45%, para o capim-colonião.

### 2.3. Respostas de Gramíneas à Adubação Fosfatada

A literatura relata trabalhos em que houve resposta ao fósforo, na quase totalidade do território nacional.

WERNER et alii (1967) realizaram um experimento com capim-colonião, em vasos, usando solos da região noroeste do Estado de São Paulo, pobres em fósforo. Obtiveram aumentos de 117% na produção de matéria seca, com o emprego de adubação fosfatada. Subseqüentemente, MONTEIRO & WERNER (1977) estudaram os efeitos de nitrogênio e fósforo na produção de capim-colonião, em vasos e no campo. O solo do tipo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras recebeu doses de adubo correspondentes a 100, 55, 51 e 21 kg/ha de N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  e S, respectivamente, em experimento do tipo subtrativo. No estabelecimento do capim, o fósforo foi o elemento que isoladamente proporcionou maior resposta, aumentando a produção de 1,3 g de matéria seca por vaso, na testemunha não adubada, para 6,5 g por vaso, com a adição de fósforo. Notável, entretanto, foi a resposta ao nitrogênio mais fósforo conjuntamente, cuja produção foi de 14,2 g de matéria seca por vaso.

No Amazonas, em Itacotiara, ITALIANO et alii (1982b) realizaram um experimento de adubação em pastagem de capim-colonião, em degradação. O solo, do tipo LVA, textura-argilosa, tinha pH 4,9 e 3 ppm de fósforo. Aplicaram-se 100 kg/ha de P, 55 kg/ha de S, 30 kg/ha de FTE e 1 t/ha de calcário em experimento do tipo subtração. Os autores verificaram que apenas o fósforo contribui de modo significativo para reativar a produtividade dessa pastagem, não havendo resposta aos demais nutrientes estudados.

ITALIANO et alii (1982a), em experimento subsequente, no mesmo local, aplicaram 25, 50 e 75 kg/ha de  $P_2O_5$  à pastagem, confirmando o efeito do fósforo sobre a reativação da produtividade da forrageira.

No Pará, AZEVEDO e SOUZA (1982a) realizaram, em Altamira, um ensaio de adubação em pastagem de capim-colonião, com 7 anos de idade. Foram aplicadas diversas combinações das seguintes doses de nutrientes: 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , 100 kg/ha de  $K_2O$ , 75 kg/ha de N, 58 kg/ha de S, 1000 kg/ha de calcário e 30 kg/ha de FTE. O tratamento em que se adicionou nitrogênio, fósforo e enxofre foi o que mais incrementou a produção, aumentando-a em 53% em relação à testemunha não adubada. Nas mesmas condições, AZEVEDO e SOUZA (1982b) testaram o uso de 25, 50, 75, 100 e 150 kg/ha de  $P_2O_5$ , verificando que a somatória da produção em cinco cortes foi 62% maior que a testemunha, quando se usaram 100 kg/ha de  $P_2O_5$ . O tratamento de maior produção, entretanto, foi aquele, em que se forneceram 75 kg/ha de  $P_2O_5$ , 30 kg/ha de FTE e 50 kg/ha de S.

SANCHEZ (1982), trabalhando com um solo oxisol da Colômbia, com aproximadamente 1 ppm de P disponível, ob-

servou diferenças entre as gramíneas, nos níveis ótimos de fertilização com P. O Andropogon gayanus necessitou de 50 kg/ha  $P_2O_5$ /ha para alcançar o máximo rendimento, enquanto que Panicum maximum necessitou de 100 kg  $P_2O_5$ /ha, e o pasto de jaraguá, (Hyparrhenia rufa) 200 kg ou mais.

#### 2.4. Fontes de Fósforo

Na adubação de pastagens, o uso de diferentes fontes de fósforo tem adquirido grande importância, principalmente devido ao preço crescente dos produtos importados e à maior oferta de fosfatos naturais brasileiros.

WERNER et alii (1968) testaram nove fontes em duas doses, 75 e 150 kg/ha de  $P_2O_5$ , em uma pastagem de pangola em Nova Odessa. Os teores de N, Ca e K no solo eram médios, o P se aproximava do teor médio e o pH era de 5,86. Considerando-se os resultados de três anos, as maiores produções foram com o superfosfato triplo, escória de Thomas, superfosfato simples e fosfato de Alvorada. No segundo ano, os melhores resultados couberam à fosforita de Olinda, superfosfato simples e farinha de ossos, enquanto que, no terceiro ano, se destacaram os fosfatos de rocha (fosforita de Olinda, fosfato de Araxá e fosfato de Alvorada). Os autores concluíram ser interessante o uso de uma mistura de fosfatos solúveis e fosfatos naturais para a adubação de pastagens.

SERRÃO et alii (1979) têm verificado que a deficiência de P é o fator indutor do processo de degradação de pastagens de Panicum maximum, na Amazônia. A disponibilidade do fosfato é alta, imediatamente depois da queima da mata, mantém-se acima do nível crítico, durante 4 anos, e lo



go diminui. A correção desse problema é extremamente simples e de baixo custo. Estes autores recomendam aplicar a lâmpada 50 kg de  $P_2 O_5$ /ha, a metade na forma de superfosfato simples e a outra metade como fosfato de rocha. Nessas condições, a população de Panicum maximum aumentou de 25 a 90%.

Com o objetivo de se estudar a resposta da Braquiaria decumbens a doses e fontes de fósforo, na presença de três doses de calcário, SANZONOWICZ et alii (1987) estabeleceram um experimento em um Latossolo Vermelho-Escuro. Observaram-se aumentos de produção de matéria seca até o nível mais elevado de fósforo aplicado, sendo que os maiores acréscimos foram obtidos entre os dois níveis mais baixos, 38 e 150 kg/ha de P. As produções obtidas com a dose de 38 kg/ha de P, na forma de fosfato de Araxá, não diferiram daquelas obtidas na parcela que não recebeu adubação fosfatada. A calagem prejudicou a produção de matéria seca, no primeiro ano, nas parcelas que receberam fosfato de Araxá, desaparecendo esse efeito com o tempo. Em termos de produção total de matéria seca, o superfosfato simples e o termofosfato magnésiano (Yoorin) mostraram melhor desempenho que o hiperfosfato, fosfato natural de Gafsa, Marrocos, e o fosfato natural de Carolina do Norte (EUA), sendo que as quatro fontes foram superiores ao fosfato natural de Araxá.

AZEVEDO e SOUZA (1982b), em Altamira-PA, aplicaram 50 kg  $P_2 O_5$ /ha a uma pastagem já estabelecida de capim-colonião (P. maximum). Empregaram, como fontes de fósforo, superfosfato simples, superfosfato triplo, hiperfosfato, fosfato de Araxá, termofosfato de Yoorin e misturas das duas fontes solúveis com cada um dos fosfatos naturais (25 kg  $P_2 O_5$ /ha de cada fonte). Após cinco cortes, os autores veri-

ficaram que: 1) a combinação entre superfosfato triplo e termofosfato de Yoorin foi o tratamento que proporcionou maior produção de matéria seca; 2) as duas fontes solúveis não diferiram entre si; 3) dentre os fosfatos naturais, o que proporcionou maior produção foi o hiperfosfato.

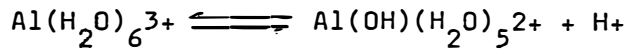
2.5. A acidez e a calagem em solos tropicais. A toxidez de Al e Mn e a disponibilidade de nutrientes no solo.

Nos solos tropicais há uma predominância de carga variável, latossolos e solos podzólicos são normalmente ácidos. A acidificação do solo pode ser visualizada como um processo contínuo, onde diversas fontes contribuem para o mesmo: 1) hidrogênio resultante da hidrólise do  $\text{CO}_2$  produzido pela biomassa; 2) dissociação de hidrogênio dos radicais orgânicos; 3) hidrogênio resultante do metabolismo vegetal excretado diretamente na rizosfera. Quando a atividade de hidrogênio na solução torna-se suficientemente elevada ( $\text{pH} < 6$ ), as argilas silicatadas são solubilizadas, e alumínio é liberado para a solução dos solos (COLEMAN & THOMAS, 1967).

Os principais fatores relacionados com a acidez do solo, que afetam o desenvolvimento das plantas, são o pH e sua influência sobre o Al trocável, as bases trocáveis, o Mn solúvel e a disponibilidade de nutrientes. Ressalta-se, ainda, a importância da interação entre esses fatores, o que torna muito difícil separar seus efeitos isoladamente (JACKSON, 1963).

O alumínio é o cátion predominantes nas condições de solo ácido (COLEMAN & JACKSON, 1960, KAMPRATH, 1970, 1972; MALAVOLTA et alii, 1977 e COLEMAN & THOMAS, 1967).

Em solução, o alumínio ocorre em forma hidratada  $Al(H_2O)_6^{3+}$ . Entretanto, a atração do Al pelo oxigênio de molécula de água é tão forte, que tende a repelir o  $H^+$  ou próton da molécula de água, aumentando a concentração de  $H^+$  na solução (MELO, 1985). Esse processo é chamado de hidrólise, e ele é responsável por parte da acidez potencial, podendo ser assim esquematizado:



A hidrólise do alumínio passa então a ser a principal fonte de acidez do solo.

O alumínio age no solo e na planta, sendo responsável pela redução na disponibilidade, entre outros, de P, Ca e Mg (provavelmente por meio de redução de suas solubilidades). Este fato é tão marcante que impossibilita a separação nítida entre os efeitos das deficiências minerais e os da toxidez de alumínio (MUNNS, 1965).

De acordo com BLACK (1968), a toxidez de Al representa a combinação de alguns efeitos, dos quais a inibição do crescimento das raízes talvez seja o mais óbvio. Como resultado, a planta pode ser levada a sofrer deficiência múltipla de nutrientes. ANDREW (1978) descreve que o pH baixo reduz o Ca disponível do solo e, também, reduz a absorção de Ca pela raiz. O aumento do Al, posteriormente, restringe a absorção de cálcio, e as raízes tornam-se deficientes no elemento, interações do P com o Al ocorrem dentro e sobre as raízes, a nodulação é dificultada ou ausente, e as leguminosas tornam-se intensamente deficientes em N.

MALAVOLTA et alii (1977) também afirmam que as relações entre alumínio e fósforo têm sido muito estudadas, mas não foi estabelecida ainda explicação para o principal efeito observado (a precipitação do fósforo pelo alumínio) que resulta em produtos de baixa solubilidade no meio, na superfície da raiz, nos espaços intercelulares e nos tecidos condutores. Observam ainda que a interferência na absorção de cálcio e de magnésio parece ser um caso de inibição competitiva, podendo até ser anulado pela elevação da concentração de cátions divalentes no meio.

O efeito do Al sobre outros íons é pouco conhecido, havendo indicações dispersas de que há redução na absorção de K, Mg,  $\text{NO}_3^-$ , Fe, Mn e Zn (PATTERSON, 1965) e S (JACKSON, 1963). O aumento do Al no substrato reduz a absorção de P e K (MUNNS, 1965). O Al parece agir na superfície da raiz e da célula, ficando adsorvido à sua parede, formando fosfatos e reduzindo a permeabilidade da parede (FOY & BROWN, 1963). Seu efeito mais lesivo, entretanto, é a redução do ritmo de divisão celular na raiz (RORISON, 1958).

Com relação à tolerância à toxidez de Al, ANDREW (1978) relata que a produção de matéria seca de M. laethyroides, L. bainesii, T. rueppellianum e S. humilis não foi deprimida até 2,0 ppm de Al na solução; as de D. uncinatum e T. semipilosum foram deprimidas com 2,0 ppm, mas não com 1,0 ppm ou menos. O crescimento de G. wightii e M. sativa, entretanto, foi severamente reduzido com 0,5 ppm de Al na solução.

É largamente aceito que o pH, por si mesmo, não afeta diretamente o desenvolvimento vegetal, exceto em casos extremos (FOTH, 1978). Porém as condições resultantes

de um pH mais baixo são limitantes ao desenvolvimento vegetal, tanto pelo efeito sobre a disponibilidade de nutrientes, como pela conservação de alumínio a níveis tóxicos para o vegetal.

LINDSAY (1972) mostra que a solubilidade de B, Cu, Fe, Mn e Zn decresce com a elevação do pH, sendo máxima, quando o pH esteve entre os valores de 4,0 e 5,0.

SIQUEIRA & VELOSO (1978) verificaram, estudando nove solos de cerrado, que a adsorção máxima de molibdato ocorria, em pH 4,0, e diminuía, quando o pH se elevava, tornando-se mínima a partir de 6,0.

WERNER (1975), revendo a literatura sobre o uso de micronutrientes em pastagens, conclui que, para calagem em nível baixo ou moderado, seria suficiente a aplicação de Mo, enquanto para níveis mais altos pode ser necessária a adição de Fe, Zn, B e Cu.

Outra característica associada à baixa fertilidade de solos ácidos são os níveis tóxicos de Mn ( $Mn^{2+}$ ). MALAVOLTA et alii (1977) sumarizaram os principais efeitos do excesso de manganês nas culturas: menor atividade respiratória e fosforilação, redução na absorção de Fe e de Mg, diminuição na síntese de clorofila e má formação dos cloroplastos, dificuldades na divisão celular, deficiência de auxina. Morfológicamente as plantas podem apresentar clorose internerval, encurtamento e deformação do limbo, manchas enegrecidas ao longo dos tecidos condutores, nas pontas e margens das folhas.

ANDREW (1978) relata que as diferenças entre espécies, em suas respostas ao excesso de Mn, têm sido evidentes desde muitas décadas, e que as leguminosas são, geral

mente, mais sensíveis que as não leguminosas. Para algumas leguminosas tropicais, Andrew & Hegarty citados por ANDREW (1978) encontraram a seguinte ordem relativa de tolerância à toxidez de Mn, comparada com a alfafa: Centrosema pubescens > Stylosanthes humilis > Lotononis bainesii > Macroptilium lathyroides > Leucaena leucocephala > Desmodium uncinatum > Medicago sativa > Glycine wightii > Macroptilium atropurpureum cv. Siratro.

Entre as gramíneas forrageiras tropicais, também há diferença de tolerância ao Al. Estudos realizados por SPAIN (1979), usando soluções nutritivas, evidenciaram que Brachiaria decumbens apresentou uma ligeira resposta positiva ao incremento de 0,5 ppm de Al, em solução, sem manifestar redução de crescimento sob altas concentrações desse elemento na solução do solo. Panicum maximum mostrou uma forte tolerância à metade da concentração de Al que tolera Brachiaria decumbens. Ao contrário, o capim buffel Cenchrus ciliaris, uma gramínea comum em regiões ústicas, porém não ácidas da Austrália, é seriamente afetado pelo Al. Essa excelente forrageira está bem adaptada a solos não ácidos, porém, para desenvolver-se bem em regiões de oxissóis e ultissóis, é necessário neutralizar completamente o Al trocável pela calagem.

## 2.6. Calagem para Leguminosas Forrageiras e Efeitos na Fixação Biológica de Nitrogênio.

Um dos temas bastante contraditório na proposição de um programa de adubação para as leguminosas forrageiras é estabelecer o melhor nível de calagem a ser empregado

em solos ácidos, com o intuito de maximizar a fixação de nitrogênio e produção de forragem.

Após revisar muitos trabalhos realizados com leguminosas, ANDREW (1978) afirma que elas diferem em sua capacidade de nodular e de crescer, quando variam o pH e o nível de Ca no solo.

SALINAS & SANCHEZ (1976), revisando extensa literatura sobre o potencial de espécies e variedades de leguminosas para produção, sob condições adversas de fertilidade, concluem que, entre as forrageiras estudadas, se destacam como tolerantes a baixos níveis de pH: Stylosanthes humilis, Centrosema pubescens, e, como exigentes em pH mais elevado, Glycine wightii e Medicago sativa. Lembrem, ainda, a dificuldade de separar, no solo, os efeitos da toxidez de Al devidos à deficiência de P, o que transforma a seleção simultânea para tolerância a ambas as condições adversas em uma necessidade.

Estudando o efeito da calagem sobre o crescimento de Rhizobium, NORRIS (1959) demonstrou ser baixa a exigência desses microorganismos em Ca e mais alto em Mg. MUNNS (1970) relata que o Ca é particularmente importante por ocasião da infecção radicular das raízes pelas bactérias. Ele parece influir no encurvamento dos pêlos radiculares, sem o qual elas não conseguem penetrar e formar o cordão de infecção em direção às células sub-epidérmicas, que formarão, mais tarde, o nódulo.

ANDREW & NORRIS (1961) realizaram trabalho em casa-de-vegetação com um solo notavelmente deficiente em Ca. Estudando a resposta de 5 leguminosas de clima tropical e 4 de clima temperado à aplicação de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), concluíram

que as tropicais apresentaram maior capacidade em extrair Ca do solo, pobre neste elemento, do que as temperadas. Embora em menor intensidade que as temperadas, as leguminosas tropicais também responderam à aplicação de  $\text{CaCO}_3$ , e ambos os grupos parecem apresentar as melhores produções de matéria seca, em torno das mesmas quantidades de carbonato aplicadas. É interessante observar que nesse trabalho, as máximas concentrações (%) e acumulação de N (mg/vaso) ocorreram, geralmente, em níveis de  $\text{CaCO}_3$  maiores do que aqueles que causaram as máximas produções de forragem. Esse fato, também, foi mencionado por outros pesquisadores, tais como FRANÇA et alii (1973) e por VARGAS & DOBEREINER (1974), que propõem a separação da nutrição para o crescimento da planta e aquela para a simbiose leguminosa Rhizobium.

MUNNS & FOX (1977a, 1977b), trabalhando no Hawaí, estudaram comparativamente as respostas à calagem apresentadas por 18 leguminosas tropicais e temperadas, em um experimento de campo, onde  $\text{CaCO}_3$  foi aplicado em um Oxisol deficiente em nitrogênio, com problemas de excesso de Mn, baixa saturação em Ca, mas sem problemas de toxidez de Al. O corretivo foi aplicado em doses crescentes que proporcionaram variações de pH na faixa de 4,7 a 7,1. As curvas de resposta à calagem não apresentaram, no geral, distintas diferenças entre as leguminosas de clima tropical e temperado. Entretanto dentro de cada grupo houve acentuadas diferenças entre espécies. Entre as tropicais, as mais responsivas foram: L. leucocephala, G. wightii, M. axillare e D. intortum. Entre as temperadas as menos responsivas foram: I. subterraneum, G. max e L. corniculatus. MUNNS & FOX (1977a) acrescentam que a tendência relativa de diferentes espécies responde



rem à calagem depende da relativa importância do Al, Mn, pH, Ca, Mo e outros fatores relacionados com o pH, em cada solo particular, e, também, devido ao comportamento de cada espécie e seu Rhizobium associado, em relação a cada um desses fatores.

## 2.7. Respostas de Centrosema à Calagem

ANDREW & NORRIS (1961) cultivaram algumas leguminosas em casa-de-vegetação, usando um solo com pH de 5,5, sob oito níveis de calagem (de 0 a 2,5 t/ha de carbonato de cálcio), e observaram elevação da produção de matéria seca e do N total na parte aérea de centrosema, até a dose de 1,25 t/ha de calcário que elevou o pH a 6,4.

JONES et alii (1970) realizaram um experimento em casa-de-vegetação, visando ao estudo das aplicações de nutrientes minerais em algumas leguminosas tropicais, dentre elas a centrosema, estudando em condições de solos de campo cerrado; os AA concluíram que a omissão da calagem (Ca+Mg) produziu reduções drásticas na produção de matéria seca, chegando a alcançar o índice de 46%, quando comparado com a adubação completa.

WERNER & MATTOS (1972), cultivando a centrosema num solo LVE-orto, sob 3 níveis de calagem, elevaram o pH para 6,4. A produção de matéria seca foi reduzida, enquanto que os teores de N, Ca, P, Mo e Cu foram elevados. Os teores de Zn e o N total aumentaram até a calagem proposta para neutralização do Al trocável (pH 5,8), decrescendo a partir desse nível. SOARES & VARGAS (1974), estudando, em condições de casa-de-vegetação, o efeito da calagem sobre três latoso-

los sob cerrado, com pH e Al trocável de 5,2 e 0,9; 5,2 e 0,7 e 4,2 e 2,0, aplicaram respectivamente: 1,8; 2,8 e 6,0 t/ha de calcário e obtiveram aumento na produção de matéria seca da parte aérea, no peso seco das raízes e no teor de N na planta.

Trabalhos realizados por diversos autores evidenciaram que a calagem mostrou-se necessária à fixação de N e produção de matéria seca, visto que sua ausência determinou decréscimos significativos nos parâmetros considerados (DOBEREINER & ARONOVICH, 1966; JONES, et alii, 1970 e COLOZZA et alii, 1986).

#### 2.8. Respostas de Galactia à Calagem

MATTOS & WERNER (1972) realizaram ensaio em vasos com a galactia num solo Podzólico Vermelho-Amarelo-varição Laras com pH inicial de 5,8. Verificaram que a omissão de calagem não resultou em redução de matéria seca da leguminosa.

MONTEIRO (1980), cultivando a galactia num solo Podzólico Vermelho-Amarelo-varição Laras Álico, mediante a aplicação de quatro níveis de calagem (0; 0,83; 1,66 e 2,49 t de calcário dolomítico por hectare), observou, no primeiro corte, uma variação linear para a produção de matéria seca e para o nitrogênio total da parte aérea.

Trabalhando com uma Areia Quartzosa, coletada no cerrado de Brotas, (pH=4,8 e Al<sup>+++</sup> trocável = 0,8 equivalentes miligrama por 100 ml de solo), COLOZZA et alii (1987) verificaram que a ausência de calagem provocou redução significativa na produção de matéria seca, peso de nódulos, teor de nitrogênio e quantidade total de nitrogênio.

## 2.9. Respostas de Soja perene à Calagem

QUAGLIATO & NUTI (1969) obtiveram aumento na produção de matéria seca, em ensaio de vasos feitos com dois solos de cerrados (um de Nova Odessa e outro de Pirassununga, SP), através da aplicação de calcário até o nível de 1,4 t/ha, com a qual foi atingido o pH de 5,2, no primeiro solo, e o de 5,7, no segundo.

LOVADINI (1972), estudando a resposta à calagem, em 2 solos ácidos (com até 2 t/ha de calcário dolomítico num LVA e até 4,2 t/ha num LVE), observou acréscimo, tanto na produção de M.S., quanto na absorção de N, Ca, Mg, entre outros nutrientes.

FRANÇA et alii (1973), cultivando soja-perene cv. Tinaroo, em um Latossol Vermelho-Escuro, encontraram efeito marcante de calagem (6 t/ha de  $\text{CaCO}_3$ ) no peso seco da planta e nos teores de N, P, Ca e Mg, quando o pH se elevou de 4,3 para 5,7.

FRANÇA et alii (1973), cultivando um LVE fase cerrado, de Sete Lagoas, MG, observaram que a calagem elevou a produção de M.S., o N total e os teores de N, P, Ca e Mg, reduzindo o peso dos nódulos, quando não foi aplicado B. A adição de Mg não afetou qualquer variável estudada. Na presença de calagem, o B aumentou a produção de matéria seca, o N total e o peso dos nódulos, e reduziu os teores de N, P, Ca e Mg, na parte aérea. Na ausência de calagem, o Mo aumentou o teor de N e o N total. Houve interação calagem x Zn para produção de matéria seca e para os teores de P e de K.

ANDREW (1978), estudando o efeito do pH na nodulação e na produção de leguminosas tropicais e subtropi-

cais, encontrou efeito positivo e alto para soja-perene, que dobrou a produção de matéria seca, quando a concentração de Ca aumentou de 2 mM com a elevação do pH de 4,0 para 5,0.

MUNNS & FOX (1977b), cultivando 18 leguminosas em um oxissolo havaiano, elevaram progressivamente o pH de 4,7 a 7,1, com a aplicação de doses crescentes de calcário até 22 t/ha, e observaram que, para a obtenção de 90% de produção máxima de matéria seca, a cv. Cooper exigiu 6 t/ha de calcário, enquanto para a cv. Tinaroo bastaram 5 t/ha para o mesmo desempenho. Nesse mesmo experimento, MUNNS et FOX (1977a) realizaram a avaliação dos efeitos de calagem na nodulação e fixação de nitrogênio, observando que o número de nódulos nas duas variedades de soja-perene aumentava com a elevação do pH até valores em torno de 6,0, enquanto que o tamanho dos nódulos sofria acréscimos devido à calagem, até em pH ligeiramente superior a 6,0 para soja-perene Tinaroo e para a faixa de pH 5,0 a 5,5 para a soja-perene Cooper. Na variedade Tinaroo, a eficiência dos nódulos em fixar nitrogênio acompanhou a tendência do número deles, e, na Cooper, a fixação de nitrogênio continuou sendo mais eficiente, embora o número de nódulos diminuísse em pH mais elevado. Concluindo, esses autores afirmam que o aumento no tamanho dos nódulos seria o maior responsável pelo aumento da produção de matéria seca na variedade de Tinaroo, como consequência de aplicação do calcário.

## 2.10. Calagem para Gramínea Forrageira

Os resultados disponíveis na literatura indicam que as gramíneas tropicais não respondem, ou respondem

muito pouco, à calagem (LOTERO et alii, 1971; SPAIN et alii, 1975; CIAT, 1977 e SIQUEIRA et alii, 1980). O crescimento dessas gramíneas tem sido mais limitado por deficiência de fósforo (EMBRAPA, 1976), ou de outros nutrientes, (SPAIN et alii, 1975) do que por toxidez de alumínio.

Um exemplo de adaptação das gramíneas forrageiras as condições severas de acidez foi obtido em um oxisol da Colômbia, com pH de 4,5 e 95% de saturação de Al por SPAIN (1979). As gramíneas Andropogon gayanus, Brachiaria de cumbens e Panicum maximum foram muito tolerantes, apresentando um crescimento máximo aos níveis de 0 ou 0,5 toneladas de calcário por hectare. A aplicação de 0,5 t de calcário por hectare não modificou nem o pH de solo, nem a saturação em alumínio, porém proporcionou Ca e Mg às plantas. Trabalhos realizados no CIAT (1980) estimaram que a B. humidicola foi tolerante ao stress pelo Al (95% de saturação de Al), enquanto que o Panicum maximum apresentou diminuição nos seus rendimentos com a saturação de Al de 82%.

Aparentemente, as gramíneas forrageiras respondem unicamente à fertilização com cálcio e/ou magnésio, quantidades tais que são suficientes para elevar a produção de matéria seca, porém insuficientes para afetar o pH e o nível de alumínio trocável do solo.

CARVALHO et alii (1984), baseando-se em dados da literatura, estimou a tolerância ou adaptação relativa de algumas gramíneas forrageiras à toxidez de alumínio: braquiária = andropogon = capim-gordura > coloniã = jaraguá = capim-elefante.

## 2.11. Calagem Baseada na Elevação do Índice da Saturação em Bases

Vários autores têm demonstrado que existe uma relação entre o pH e a saturação em bases dos solos (CATANI & GALLO, 1965; COMISSÃO DE SOLOS, 1960; RAIJ et alii, 1968; CAMARGO & RAIJ, 1975 e QUAGGIO, 1983).

RAIJ (1981) verificou que a relação estreita, entre o pH do solo e sua saturação em bases, pode ser representada pela fórmula:  $\text{pH} = 4,50 + 0,025V$ , onde V expressa a saturação em bases do solo. A uma saturação de 40%, correspondem valores de pH 5,5 e a uma saturação de 60%, um pH de 6,0.

Outra correlação bastante importante em trabalhos de pesquisa, principalmente na seleção de cultivares e/ou espécies tolerantes ao Al, é a existente entre a saturação de Al e pH (RAIJ, 1981). À medida que o pH aumenta pela neutralização da acidez do solo com a calagem, o Al trocável diminui, minimizando-se em valores de pH, em torno de 5,5. Confrontando as duas correlações, nota-se que, com a saturação em Al, só se opera em menos da metade da C.T.C. do solo, o que limita a utilização da correlação Al x pH, na prática da calagem, quando se tem interesse na faixa correspondente a valores de pH acima de 5,5. Então, o autor adota a metodologia de recomendação da calagem pelo critério da elevação da saturação em bases. É necessário determinar para cada espécie, e/ou variedade, a porcentagem de saturação em bases (V) mais adequadas, visto haver diferenças entre espécies ou mesmo entre variedades dentro de uma mesma espécie. WERNER (1984), empregando os resultados experimentais disponíveis,

enquadrou as leguminosas soja-perene e leucena, como exigentes à elevação do índice de saturação em bases a 60%, enquanto que a galáxia, centrosema e o capim-colonião, como exigentes à elevação do índice de saturação em bases a 40%.

É evidente que essa generalização apresenta limitações, podendo ocorrer oscilações para os diferentes solos e plantas, principalmente para as variedades forrageiras recém-lançadas pela pesquisa. Nesses casos, são recomendados trabalhos experimentais que permitam classificar melhor essas novas variedades, adequando-as a um nível ótimo de calagem.

## 2.12. Molibdênio

O molibdênio participa ativamente como componente de pelo menos três diferentes enzimas que catalizam diversas e não relacionadas reações necessárias ao metabolismo das plantas. Essas três enzimas são: nitrato redutase, nitro<sub>g</sub>enase e sulfato oxidase (NICHOLAS, 1975).

A disponibilidade de molibdênio no solo depende de diversos fatores, tais como: material de origem e grau de intemperismo da rocha matriz, nível de acidez e concentrações de óxidos de ferro, alumínio e manganês, que afetam sua concentração na solução de solo. A concentração de molibdênio na planta está diretamente relacionada com a intensidade de ocorrência na solução do solo, uma vez que o fluxo de massa se constitui no principal mecanismo de fornecimento de Mo às plantas.

A determinação, se os níveis de molibdênio nos solos são suficientes ou não para atender às necessidades

das plantas, deve ponderar os seguintes aspectos: no solo as quantidades presentes são extremamente baixas, há influência das características químicas dos solos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1984), a importância da reserva das sementes (GURLEY & GIDDENS, 1969), que podem mascarar uma deficiência no solo. No geral, os solos apresentam níveis suficientes desse elemento, porém, em certas condições, aparecem deficiências que se caracterizam por clorose generalizada, principalmente em leguminosas, que lembra os sintomas característicos de deficiência de nitrogênio. É difícil observar-se sintomas visuais de toxidez de Mo nas plantas, mesmo quando absorvido em quantidades excessivas. O consumo de forragem com concentrações elevadas de Mo pode provocar molibdenose, que é representada por uma metabolização deficiente de cobre pelos animais, especialmente os ruminantes.

### 2.13. Ocorrência da Deficiência e Respostas ao Molibdênio

As primeiras descobertas de deficiência de Mo, em forrageiras, foram encontradas em trevo (Trifolium subterraneum L.), no nordeste da Austrália, por ANDERSON (1956a), ANDERSON & ARNOTT (1953), McLACHLAN (1955) e SWAIN (1959), onde a introdução dessa leguminosa falhava completamente em decorrência da deficiência desse elemento.

Em leguminosas forrageiras tropicais, a soja-perene foi a pioneira com relação à resposta à aplicação de Mo, quando cultivada num solo latossólico da Austrália, em 1961 (LUCK & DOUGLAS, 1966). Posteriores descrições de resposta ao molibdênio, com leguminosas forrageiras tropicais, em experimentos ao nível de campo, foram obtidas por LUCK &



DOUGLAS (1966), TRUONG et alii (1967), OSTROWSKI (1970), e MEARS & BARKUS (1970). Frequentemente têm sido descritas respostas ao Mo, em leguminosas forrageiras, em estudos de vasos (MANNETJE et alii, 1963; SHAW et alii, 1966; ROE & JONES, 1966; MEARS & BARKUS, 1970; HALL, 1970; KERRIDGE et alii, 1972; WERNER & MATTOS, 1974; DE-POLLI et alii, 1976; EMBRAPA, 1980; PAULINO et alii, 1985; COUTO et alii, 1982 e MONTEIRO et alii, 1987).

JOHANSEN et alii (1977), obtiveram respostas diferenciais ao molibdênio aplicado entre as espécies de leguminosas. As leguminosas mais responsivas foram Glycine wightii cv. Tinaroo, Desmodium intortum cv. greenleaf, seguidas pelo Macroptilium atropurpureum cv. Siratro e Medicago sativa cv. Hunter River, e sendo menos responsivas o Lotononis e Stylosanthes.

#### 2.14. Molibdênio na Planta

As principais funções do Mo nas plantas estão relacionadas com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas. De fato, as enzimas nitrato redutase e nitrogenase requerem Mo na redução do  $\text{NO}_3^-$  e na fixação de  $\text{N}_2$ , respectivamente.

A nitrogenase é uma enzima adaptativa presente em microorganismos procariontes capazes de fixar o  $\text{N}_2$ , sendo formada por dois componentes distintos que se combinam para reduzir o  $\text{N}_2$  a amônia. O componente I é uma proteína que contém ferro e molibdênio e um peso molecular em torno de 180.000, enquanto que o componente II apresenta um peso molecular de 50.000 e contém apenas o ferro como cofator. Rela-

ções adequadas entre os dois componentes e entre molibdênio e ferro na molécula são necessárias, para que haja um perfeito funcionamento de enzima, além de outros fatores que influenciam sua atividade (GUPTA & LIPSETT, 1981). Desse modo, a deficiência de Mo irá proporcionar uma redução na síntese da enzima, refletindo-se numa menor atividade e, conseqüentemente, numa redução da fixação biológica de  $N_2$ .

Mais Mo é necessário para fixação simbiótica de  $N_2$  que para o metabolismo geral da planta (ANDERSON, 1956a). O sistema simbiótico de maior interesse agropecuário é constituído pela associação radicular, entre bactérias do gênero Rhizobium ou Bradyrhizobium com as leguminosas, que desenvolvem nódulos característicos. Trabalhando com duas estirpes de Bradyrhizobium japonicum (nova denominação do Rhizobium japonicum), PEDROSA et alii (1970) levantaram a possibilidade de estarem associados à concentração da nitrogenase nos nódulos de soja e à eficiência nodular de duas estirpes; observaram, também, que o teor de Mo, nos nódulos ocupados pela estirpe, com excepcional eficiência, foi duas vezes maior que os ocupados pela estirpe normal. Leguminosas eficientemente noduladas apresentam concentrações de Mo nos nódulos que chegam a ser dez vezes superiores às encontradas nas folhas. Em condições de deficiência, o Mo tende a acumular-se nos nódulos em detrimento das outras partes da planta (PATE, 1977), e uma deficiência de Mo pode ser induzida com sintomas visuais indistinguíveis da deficiência de N. Os nódulos das plantas deficientes em Mo são freqüentemente brancos ou verdes, quando comparados aos de cor rósea ou avermelhada, em plantas não deficientes. Usualmente, formam-se muitos nódulos pequenos na planta deficiente, porém, na

planta normal, aparecem nódulos maiores (ANDERSON, 1956b, MANNETJE et alii, 1963 e MEARS & BARKUS, 1970).

Como o molibdênio apresenta uma mobilidade média no floema, os sintomas de carência, em geral, aparecem nas folhas velhas ou de média idade fisiológica, progredindo para a planta toda: clorose, que lembra a falta de N, e atrofiamento da planta e mosqueado amarelo-esverdeado internerval, seguidos por manchas necróticas no ápice e margem das folhas, apresentando os bordos enrolados (MENGEL & KIRBY, 1978).

Os mais importantes mecanismos (processos) de absorção de Mo pelas plantas, crescendo em solo, são a interceptação radicular e o fluxo de massa (BARBER et alii, 1963). As plantas parecem absorver o Mo na forma do ânion  $\text{MoO}_4^{2-}$  (CHESNIN, 1972). Os experimentos realizados por KANNAN & RAMANI (1978) mostraram que este ânion é móvel. Quando ele foi fornecido às folhas primárias do feijão, (Phaseolus vulgaris, L) muito dele foi transportado para o caule e raízes. TIFFIN (1972) também sugere que o Mo possivelmente seria transportado como íon molibdato ou complexado com compostos orgânicos, possivelmente aminoácidos sulfurados, açúcares ou outros compostos polihidroxilados.

A deficiência de Mo resulta em reduções nos conteúdos de clorofila nas folhas (AGARWALA et alii, 1978), conduzindo uma diminuição na eficiência fotossintética. A menor síntese de clorofila é um efeito secundário muito comum do distúrbio no metabolismo de N, desde que o Mo não desempenha um papel direto na síntese de clorofila.

### 2.15. Conteúdos de Molibdênio

As concentrações de Mo na parte aérea têm sido descritas em soja-perene (LUCK & DOUGLAS, 1966; MEARS & BAR-KUS, 1970), siratro (OSTROWSKI et alii, 1978) e algumas espécies de Stylosanthes (JONES, 1974). Geralmente, as concentrações são inferiores a 1 ppm, embora, costumeiramente, concentrações menores que 0,5 ppm de Mo sejam observadas. As concentrações de Mo, em plantas deficientes, estão frequentemente abaixo de 0,1 ppm, com marcantes diferenças na concentração nas diversas partes da planta.

As concentrações de Mo na planta podem ser aumentadas além dos níveis mínimos requeridos pelas plantas através de práticas que aumentam o nível de molibdênio disponível no solo. Nenhuma injúria em muitas plantas é notada, mesmo onde a concentração de Mo excede 100 ppm, entretanto o uso excessivo de fertilizantes molibdenizados pode resultar interferências no metabolismo do cobre nos animais. Além do uso de fertilizantes molibdenizados, a aplicação de calcário em solos ácidos é um método frequentemente efetivo, para aumentar a disponibilidade ao molibdênio no solo e à concentração do Mo nas plantas. (ALLAWAY, 1968).

As concentrações de Mo na parte aérea das leguminosas mostram-se como um diagnóstico útil. Isto, porque a importante função do Mo está na fixação de N nos nódulos, de modo que a planta deficiente tem seu crescimento limitado por um suprimento restrito de N.

### 2.16. Mo nas Sementes e nos Nódulos

O Mo concentra-se nas sementes das leguminosas. As sementes podem armazenar e, posteriormente, colocar à disposição da planta quantidades de Mo bem superiores às

que ela necessitará para completar seu ciclo vegetativo (MEAGHER et alii, 1952). Nem todas as espécies são capazes de armazenar quantidades suficientes, na semente, para dar atendimento às necessidades da planta.

VINOGRADOVA (1943) obteve uma concentração média de Mo em 41 análises de sementes de leguminosas de 5,5 ppm de Mo. A concentração de Mo na semente dependerá das condições de crescimento da planta. MEAGHER et alii (1952) demonstraram a ocorrência de deficiência de Mo, em plantas crescendo de sementes produzidas em solução nutritiva deficiente em Mo, que continham 0,05 a 0,1 ppm de Mo, enquanto que a deficiência de Mo nem sempre poderia ser demonstrada em plantas oriundas de sementes produzidas comercialmente, que continham 0,5 a 5 ppm de Mo.

HARRIS et alii (1965) constataram resposta à aplicação de Mo em progênies (primeira geração), oriundas de sementes de soja colhidas em diversos estados norte-americanos, contendo menos de 2,6 ppm de Mo, enquanto progênies com 22,4 ppm Mo, oriundas de sementes colhidas no Texas, não responderam à aplicação de Mo.

GURLEY & GIDDENS (1969) verificaram que teores elevados de Mo, na semente, supriram as necessidades de Mo na soja, na primeira geração, aumentando o rendimento de grãos, em solos deficientes em Mo. Em um solo, as sementes com 48,4 ppm de Mo propiciaram maior rendimento de grãos do que as sementes com 19,0 ppm Mo, enquanto que, em outro, elas tiveram o mesmo comportamento. Houve pequena transferência ao Mo da semente original para a segunda geração, mas o efeito das aplicações de Mo, no teor do nutriente nas sementes, deixou de existir, na terceira geração.

Os mesmos autores constataram, também, que a obtenção de sementes, com alto teor de Mo, não foi possível com a elevação da disponibilidade do Mo do solo pela calagem, mas o foi com a aplicação de elevadas doses de Mo nas sementes (560g Mo/ha) e/ou por via foliar (1.122g Mo/ha). Verificaram, ainda, que a maior concentração de Mo na semente encontrava-se nos cotilédones (53%), seguidos do embrião (34,6%) e do tegumento (12,4%).

O tratamento de sementes de soja, contendo baixo teor de Mo, com doses crescentes de nutrientes, tendo como fonte o molibdato de amônio p. a. (54,3% Mo), permitiu ajustar, aos teores de Mo encontrados posteriormente nas sementes, a equação:  $\hat{y} = 1,13 + 2,2421 \text{ Mo}$ , com  $r^2 = 0,845$ , através da qual se estimou que a aplicação de 9g Mo/10kg elevou o teor nas sementes para 21,3 ppm Mo, e a aplicação de 18 g Mo elevou esse teor para 41,5 ppm Mo (SANTOS et alii, 1986), próximos aos valores encontrados por GURLEY & GIDDENS (1969), como capazes de suprir as necessidades da soja cultivada em condições de carência média ou acentuada.

A análise da semente não tem sido usada na rotina, como um diagnóstico auxiliar para a detecção de deficiência de molibdênio, pois há uma grande variação no tamanho das sementes das leguminosas. BRUCE (1978), verificou que as sementes de soja-perene, produzidas em áreas deficientes em Mo, continham 0,06 ppm Mo, enquanto que sementes, produzidas em áreas não deficientes, continham 1,5 ppm Mo.

Os nódulos apresentam concentrações mais elevadas de Mo que as raízes ou parte aérea (JENSEN & BETTY, 1943).

JENSEN (1948) sugeriu que os nódulos poderiam conter uma certa concentração de Mo, para a máxima eficiência de fixação, e propôs de 4 a 8 ppm de Mo para o trevo subterrâneo, e de 10 a 25 ppm de Mo para a alfafa. Quando os conteúdos de Mo nos nódulos de alfafa caíram abaixo de 3 a 10 ppm, houve restrições na fixação simbiótica de nitrogênio. Essa é uma concentração mais alta que a necessária para outras plantas. Para as leguminosas forrageiras tropicais não há informações sobre as concentrações ótimas de molibdênio nos nódulos.

### 2.17. Molibdênio no Solo

De acordo com DAVIES (1956), as formas de ocorrência de Mo no solo são: não disponível, retido no interior da rede cristalina de minerais primários e secundários; condicionalmente disponível ou trocável, retido nas argilas como  $\text{MoO}_4^{2-}$ ; e disponível (variável com o pH e com nível de P assimilável), na matéria orgânica e solúvel em água. A parte disponível para as plantas inclui o Mo na solução do solo (teores extremamente baixos), o Mo adsorvido (trocável) à superfície de sesquióxidos (especialmente  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e de compostos cristalinos de baixa solubilidade e, também, o Mo complexado com a matéria orgânica (Van RAIJ et alii, 1987).

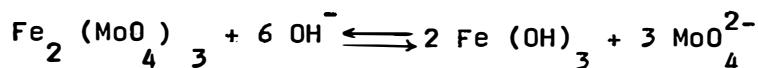
A literatura internacional refere-se ao ânion  $\text{MoO}_4^{2-}$  como predominante nos solos e o mais importante para a nutrição de plantas.

HOROWITZ (1978), trabalhando com onze solos da zona Litoral - Mata do Estado de Pernambuco, determinou que o íon  $\text{MoO}_4^{2-}$  tem amplo campo de estabilidade entre pH 6,01 e 14, enquanto que o íon  $\text{HMoO}_4^-$  é estável em condições oxidantes e pH menor que 6,01. Com pH mais ácido, e em condições aeróbicas, espera-se a predominância do íon  $\text{MoO}_2^+$ .

Os teores médios de Mo total nos solos brasileiros variam de 0,06 a 5,74, e os teores de Mo solúvel, em solução ácida de oxalato de amônio, estiveram entre 0,01 a 0,16 (BATAGLIA et alii, 1976; DANTAS & HOROWITZ, 1976 e HOROWITZ, 1978). Os solos com maiores teores de Mo foram aqueles derivados de rochas básicas, de materiais aluviais e coluviais e de sedimentos modernos, enquanto os mais pobres foram derivados de arenito de Bauru e de sedimentos modernos arenosos.

Outro fator relevante, que afeta a disponibilidade do molibdênio, é o pH do solo. A prática da calagem, elevando o pH do solo, aumenta a disponibilidade do Mo já presente no solo, podendo corrigir parcialmente ou completamente a deficiência desse elemento.

A calagem eleva a disponibilidade do Mo, liberando-o dos minerais do solo, principalmente dos óxidos de ferro e de alumínio e de outros minerais de argila. As reações de liberação, em função do pH, foram propostas por REISENAUER et alii (1962); por exemplo:



Os efeitos óbvios do pH na reação acima são: para formação de  $\text{Fe} (\text{MoO})_4$ , em pH baixo, e para a forma solúvel  $\text{MoO}_4^{2-}$  em pH alto.

#### 2.18. Adubação com Molibdênio

No Brasil são poucos os estudos detalhados de adubação de pastagens com Mo, sendo mais comum aqueles que se utilizam da técnica da presença ou ausência do nutriente.



O molibdênio pode ser aplicado às pastagens por vários métodos, em diferentes formas de fertilizantes. Nas fontes mais comumente usadas, Mo está presente na forma de  $\text{Mo}^{6+}$  como íon  $\text{MoO}_4^{2-}$  no  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ . Outras fontes de Mo usadas são o trióxido de molibdênio ( $\text{MoO}_3$ ), ácido molíbdico ( $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ), molibdenito ( $\text{MoS}_2$ ) e molibdênio de fritas, contendo 2 a 3% de Mo (MURPHY e WALSH, 1972).

A aplicação de fertilizantes inorgânicos frequentemente envolve a adição de micronutrientes, presentes nesses materiais como impurezas. SENESI e POLEMIO, (1981) avaliando os teores de Mo total na uréia e no superfosfato, entre outros fertilizantes, obtiveram valores de 2 ppm e 15 ppm, respectivamente. Esses autores concluíram que essas impurezas de micronutrientes poderiam não somente ser consideradas uma possível fonte potencial de contaminação do solo e de toxidez à planta, podendo os prejuízos atingir a saúde dos animais que se alimentam dessas plantas, e o homem. Outro fator que deve ser considerado é que apenas a fração solúvel e disponível afeta a nutrição da planta, e não as quantidades totais. Muitos outros fatores, tais como a composição química, propriedades físicas do solo, as condições climáticas e a tolerância das plantas devem ser consideradas na avaliação dos efeitos da adição de micronutrientes, contidos nos fertilizantes. Não há recomendação dos conteúdos máximos de micronutrientes em fertilizantes, para prevenir a contaminação no solo e a toxidez da planta.

O Mo pode ser aplicado por vários métodos: em tratamento na semente; aplicação no solo, ou em pulve-

rização foliar.

A adição de molibdênio como pélete das sementes tem trazido resultados algumas vezes benéficos ao desenvolvimento das plantas. KERRIDGE et alii (1973) não obtiveram diferenças significativas na produção de matéria seca das leguminosas forrageiras soja-perene, siratro e desmódio, mediante a aplicação de molibdênio ( $\text{MoO}_3$ ) no solo ou em como pélete. Por outro lado a adição de molibdênio ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ) na peletização de sementes de siratro resultou em efeitos altamente benéficos na produção de matéria seca, na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total da leguminosa, e proporcionou redução no teor de fósforo na planta (MONTEIRO et alii, 1980).

A aplicação de Mo junto com o calcário na peletização de sementes representa um caminho prático de aplicação do Mo, colocando-o na proximidade das sementes e sem prejuízos aos rizóbios do inoculante (DATE & HILLIER, 1968).

WERNER (1986) recomenda na formação de pastagens consorciadas à aplicação ao solo de 70 a 100g de Mo/ha, nos casos em que o pH original do solo está acima de 6,0, e de 110 a 150g de Mo/ha, nos casos em que os valores de pH do solo estão abaixo de 6,0, nas formas de molibdato de sódio ou de amônio.

O Mo também tem sido aplicado nas pastagens australianas em combinação com superfosfato, o chamado superfosfato molibdenizado. As quantidades de Mo empregadas variam de acordo com a granulometria e composição do produto e dependem da quantidade de superfosfato aplicada (LIPSETT & DAVID, 1977).

A aplicação foliar de Mo favorece a absorção

rápida e translocação na planta, suplantando a deficiência de Mo (MEAGHER et alii, 1952).

Na UFSM, foi conduzido um estudo em dois anos agrícolas, para avaliar os modos de aplicação de Mo na cultura da soja (a lanço, sulco, foliar e na semente), bem como efeitos de dosagens (SANTOS et alii, 1986). Esses autores concluíram que todos os modos de aplicação foram superiores à testemunha, porém não recomendaram a aplicação a lanço, pela dificuldade de sua distribuição uniforme; verificaram, também, que as demais formas de aplicação se mostraram economicamente viáveis.

### 2.19. Cobalto

O cobalto é um elemento essencial aos fixadores de N<sub>2</sub>, mediante a participação na composição da vitamina B<sub>12</sub> e da coenzima cobamida, também conhecida como DA cobalamina (5 - desoxiadenosilcobalamina). A cobamida funciona como ativadora das enzimas metilmalonilmutase e redutase do nucleotídeo (envolvida na redução dos ribonucleotídeos e desoxiribonucleotídeos), que catalizam reações bioquímicas em culturas de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>, entre as quais o Rhizobium, o Bradyrhizobium e seus bacteróides presentes nos nódulos das leguminosas (MENGEL & KIRKBY, 1982).

O cobalto é um componente da vitamina B<sub>12</sub>, quelado a quatro átomos de N, no centro do anel corrin, que lembra o núcleo das porfirinas representado por quatro anéis pirrólicos. No corrin, dois pirroles estão unidos diretamente entre si, ao invés de uma ponte metênica, como ocorre na porfirina (LEHNINGER, 1970). A vitamina B<sub>12</sub> associa-se com o

nucleotídeo 5 - desoxiadenosil, para formar a coenzima cobamida. Foi demonstrado que esta coenzima participa, juntamente com a enzima metilmalonilmutase, na isomerização do metilmalonilcoenzima A à succinilcoenzima A. Pela ação da enzima succiniltioquinase, o succinilcoenzima A pode ser convertido a succinato e ser metabolizado via ciclo de Krebs. Esta via metabólica pode ser importante à fixação do N<sub>2</sub>, uma vez que o oxoglutarato é continuamente retirado do ciclo de Krebs para síntese do glutamato. Outra via metabólica é representada pela reação com a glicina para formar o ácido aminolevúlico (ALA), precursor do grupo heme da leghemoglobina (EVANS & RUSSEL, 1971).

Na ausência de Co, a síntese de succinilcoenzima A é bloqueada, uma vez que falta a cobamida, pois a metilmalonilmutase é inativa. Portanto a síntese da leghemoglobina será inibida e, conseqüentemente, ocorrerá uma diminuição na fixação de N<sub>2</sub> (MENGEL & KIRKBY, 1982).

KLIEWER & EVANS, 1963, demonstraram efeitos nocivos da ausência de Co sobre o crescimento e acúmulo de N e cobamina, em cultura de Rhizobium meliloti. Esses autores também demonstraram uma ampla variação no conteúdo de cobamida, em espécies de Rhizobium e Bradyrhizobium, mas pouca variação entre estirpes eficientes de uma mesma espécie, ao passo que a concentração foi bem menor nas ineficientes e parasíticas.

Um outro papel do Co no Rhizobium está na ativação do sistema redutase do nucleotídeo. Em condições de deficiência de Co as células de Rhizobium mostram um desenvolvimento anormal alongado, e os sintomas sugerem uma lesão no processo de divisão celular. Co parece ser necessário, pa-

ra que suficiente coenzima B<sup>12</sup> seja sintetizada para possibilitar um funcionamento normal do sistema redutase do nucleotídeo (EVANS & RUSSEL, 1971).

## 2.20. Cobalto na Planta

Não está totalmente esclarecido, se Co é essencial para plantas superiores, embora haja algumas evidências sobre os efeitos favoráveis do Co, no crescimento das plantas, REISENAUER et alii (1963) e MENGEL & KIRKBY (1982). Nas leguminosas o Co afeta a habilidade da planta em fixar o N atmosférico, faz parte das coenzimas cobamidas, que estão envolvidas na migração dos átomos de hidrogênio, durante a formação de compostos amoniacais pelos rizóbios. A deficiência de Co inibe a formação da leghemoglobina, e, portanto, a fixação de N<sub>2</sub>. Porém as necessidades de Co para esse processo são baixas. WILSON & REISENAUER (1967) encontraram que 10 ppb de Co na solução nutritiva foram adequados para o crescimento da alfafa. Essa concentração representa uma relação de aproximadamente 1/300 entre Co e Mo, necessária à nutrição das plantas. Apesar dessa relação matemática, não existem interações entre dois nutrientes, conforme observações feitas por GLADSTONES et alii (1977).

## 2.21. Conteúdos nas plantas e Respostas ao Cobalto

A absorção do Co é feita, predominantemente, na forma de Co<sup>2+</sup> presente na solução do solo, e suprido, via fluxo de massa (KABATA & BEESON, 1961), o que causa acumulação nas margens e pontas das folhas. Os baixos conteúdos de

Co na solução do solo refletem-se nos baixos conteúdos nas plantas: 0,02 a 0,5 ppm.

JARDIM et alii (1962) encontraram, na região do Pantanal de Mato Grosso e região de Barretos, pastagens deficientes em cobalto, com teores variando de 0,02 a 0,04 ppm e 0,04 a 0,08 ppm, respectivamente, enquanto que, no Vale do Paraíba, as pastagens se encontram no limiar de carência, que é de 0,05 ppm a 0,10 ppm.

Para JARDIM et alii (1966), o limite mínimo de cobalto na matéria seca deve ser de 0,07 ppm, para atender às necessidades dos ruminantes.

PEREIRA et alii (1971), em estudos realizados com amostras de solos e plantas forrageiras, colhidas em três fazendas distintas, e em duas épocas do ano (dezembro e maio), provenientes do município de Teófilo Otoni, em Minas Gerais, concluíram que duas das três fazendas mostraram-se deficientes em cobalto ( 2,5 ppm nos solos e 0,07 ppm nas plantas), e na outra fazenda 53% das amostras mostraram-se moderadamente deficientes, com teores de 2,5-5,0 ppm nos solos, e apenas 10% das amostras de plantas forrageiras apresentaram teores deficientes de cobalto para nutrição animal.

Há algumas plantas, como Crotalaria cobalticola, que podem chegar a acumular valores de 500 ppm de Co (MENGEL & KIRKBY, 1982). As leguminosas apresentam concentrações de Co superiores às gramíneas. Os conteúdos médios de Co, em alfafa, em diferentes países, foram descritos na faixa de 0,10 a 0,57 ppm na matéria seca, enquanto que estes valores para os capins foram de 0,03 a 0,27 ppm (KABATA PEN DIAS & PENDIAS, 1984). GALLO et alii (1974), estudando a composição química de forragens tropicais, coletadas no Estado de São Paulo, encontraram, em média, para o capim-colo-

nião, 0,06 ppm de Co, e, para as leguminosas soja-perene e centrosema, 0,25 e 0,11 ppm de Co, respectivamente.

Plantas bem noduladas, fixando ativamente o N<sub>2</sub>, apresentam boa concentração de cobamida e leghemoglobina nos nódulos; porém são ausentes, em nódulos deficientes em cobalto (KLEWIER & EVANS, 1963). Se o solo é deficiente em Co, ocorre uma maior concentração nos nódulos, em comparação com as outras partes da planta (PATE, 1977).

A constatação da presença de complexos orgânicos de pequena cadeia com Co indicam sua incorporação no metabolismo da planta. Assim, FRIES (1962) identificou a vitamina B<sub>12</sub> em ervilha, trigo e tremoço, em experimento conduzido em condições assépticas, portanto sem a presença de microorganismos capazes de sintetizar a vitamina e colocá-la à disposição das plantas.

## 2.22. Cobalto no Solo

Na solução do solo as concentrações de Co são relativamente baixas, oscilando entre 0,3 a 87 ppm, com a mais alta frequência entre 3 a 15 ppm (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984). As rochas ácidas apresentam teores de Co normalmente inferiores a 10 ppm (MENGEL & KIRKBY, 1982).

No solo, o cobalto solúvel em ácido acético normalmente corresponde ao Co prontamente disponível, variando de 0,02 a 2 ppm (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984, sendo que os valores inferiores a 0,1 ppm podem ocasionar deficiências de Co às plantas (McKENZIE, 1975).

Em solos da Unidade Utinga, derivada de rochas

ácidas, em Pernambuco e Alagoas, trabalho realizado por DANTAS (1971) evidenciou a presença de baixas concentrações de Co. O cobalto total (extraível com ácido fluorídrico) foi inferior a 2 ppm, enquanto que o solúvel (extraível com acetato de amônio 0,5 N) foi a 0,1 ppm. Valores inferiores a 0,2 ppm já haviam sido apresentados como insuficientes, para dar atendimento às necessidades de Co as pastagens (HOROWITZ & DANTAS, 1966). LOPES (1984) relata em diversos solos em São Paulo, concentrações de Co solúvel (extraível com ácido acético 2,5 %), situando-se entre 0,01 e 1,07 ppm. Os menores valores foram observados em solos originários de sedimentos arenosos, e os maiores valores em solos originários de sedimentos modernos e de rochas básicas.

### 2.23. Fatores que Afetam a Disponibilidade do Cobalto

A disponibilidade do Co às plantas é regulada pela sua associação com óxidos de manganês, alumínio e ferro. Na natureza, o Co ocorre em dois estados de oxidação,  $\text{Co}^{2+}$  e  $\text{Co}^{3+}$ , sendo também possível a formação do ânion complexo  $\text{Co}(\text{OH})_3^-$ . Durante o intemperismo Co é relativamente móvel em ambientes ácidos e oxidados, mas devido à alta adsorção por óxidos de Fe e Mn, bem como pelos minerais de argila, esse elemento não migra na fase solúvel. A disponibilidade de Co pode ser comprometida devido a sua adsorção pelos óxidos de Mn, que aumenta grandemente com o pH, e a reação parece ser rápida (McKENZIE, 1975). Assim, TAYLOR & McKENZIE (1966) constataram que, em média, 79% do Co total encontrava-se associado aos minerais, contendo óxidos de Mn.

A matéria orgânica do solo e o conteúdo de ar-



gila também são importantes fatores que governam a distribuição e o comportamento do Co. A mobilidade do Co está fortemente relacionada ao tipo de matéria orgânica nos solos. Os quelatos orgânicos de Co são conhecidos por serem facilmente móveis e translocados nos solos. Embora solos ricos em matéria orgânica sejam conhecidos tanto por um baixo conteúdo de Co e baixa disponibilidade de Co, os quelatos orgânicos de Co também podem ser prontamente disponíveis às plantas (BLOOMFIELD, 1981), especialmente em pH mais elevados e em solos livremente drenados.

Trabalhos realizados por pesquisadores russos têm demonstrado que, aumentando os conteúdos de húmus do solo, de 3,4 para 16,9%, houve reduções nos conteúdos de cobalto, em ervilha e aveia (TISDALE & NELSON, 1975).

Elevações do pH do solo diminuem a disponibilidade do cobalto. MITCHELL (1962), na Inglaterra, estudando os efeitos da calagem sobre os conteúdos de Co, observou para o trevo branco que os conteúdos de Co baixaram de 0,22 ppm (sem calagem) pH 5,4 para o valor de 0,12 ppm (com a aplicação de 24,2 t  $\text{CaCO}_3$  /ha) pH 6,4, e para o Rye grass os conteúdos iniciais baixaram de 0,35 ppm de Co (sem calagem) pH 5,4 para 0,12 ppm de Co (com aplicação de 24,2 t  $\text{CaCO}_3$  /ha).

O papel dos minerais de argila montmorilonita e illita tem sido significativo devido a sua grande capacidade de adsorção e relativa facilidade de liberação do Co. As ordens de adsorção do cobalto foram muscovita > hematita > bentonita = caolinita (McKENZIE, 1975).

Os fatores contribuintes à deficiência de Co para animais, em pastejo, são principalmente associados a so

los alcalinos, solos pouco intemperizados e solos com altos conteúdos de matéria orgânica.

#### 2.24. Fertilização com Cobalto

De um modo geral, o cobalto não é adicionado aos fertilizantes durante a adubação das pastagens. Entretanto, quando os valores são menores que 0,1 ppm Co, na forragem, a deficiência pode ser suspeitada. A deficiência pode ser controlada pelo fornecimento de uma solução de cobalto ao solo, em quantidades de 1 ou 2 kg/ha, porém, se o solo contém grandes quantidades de minerais orgânicos, capazes de imobilizar o cobalto, quantidades mais altas são requeridas (McKENZIE, 1975).

A aplicação ao solo de Co, como sulfato e quelato EDTA, é uma prática muito comum para controlar a deficiência de Co nos ruminantes (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984). Em trabalhos realizados no sul da Austrália, foram observados aumentos significativos nas produções de matéria seca e teor de nitrogênio, em trevo subterrâneo, cultivado em condições de campo, mediante a aplicação de sulfato de cobalto 0,6g/ha.

JUNQUEIRA NETTO et alii (1977), trabalhando com feijão, em Paula Cândias (MG), observaram aumentos na produção de sementes, de palha e na altura das plantas, mediante a aplicação de cobalto na forma de cloreto de cobalto, na dosagem de 0,25 g/ha, aplicado em solução nas sementes.

De forma semelhante a que ocorre com o molibdênio, a aplicação de fertilizantes inorgânicos, como fontes de N, P e K, frequentemente, envolve a adição de pequenas

quantidades de cobalto presente como impurezas das matérias primas utilizadas para fabricação desses produtos. SENESI & POLEMIO (1981), estudando o conteúdo de micronutrientes inorgânicos, obtiveram valores de 1,4 ppm e de 16 ppm cobalto para a uréia e para o superfosfato simples, respectivamente.

Adições de Co, em solução nutritiva purificada, resultaram em aumento de rendimento de matéria seca na ordem de 52%, em soja inoculada com B. japonicum. Plantas sem cobalto apresentaram sintomas típicos de deficiência de N e tiveram menos N total que as plantas supridas com Co (AHMED & EVANS, 1960). Além da resposta altamente positiva às concentrações de 0,1 e 1,0 ppb Co, análises de tecido da parte aérea demonstraram que a porcentagem de N e o conteúdo de clorofila, em plantas deficientes, foram sensivelmente reduzidos.

No Ceará, TOKARNIA (1981), através de análises de fígados de bovinos, concluíram que uma doença, conhecida como "mal do fastio", caracterizada por perda de apetite, fezes endurecidas e, finalmente, a morte, era causada por deficiência de cobalto na alimentação.

De acordo com CARVALHO et alii (1976), os efeitos da deficiência de cobalto receberam numerosas denominações, e, no Brasil, ficou conhecido como "mal do fastio".

Para evitar o risco de deficiências sub-clínicas, parece que o nível mínimo de cobalto na dieta de carneiro deveria ser de 0,06 a 0,07 µg/g ou ppm (UNDERWOOD, 1966). Para o gado, MAC PHERSON et alii (1973) encontraram que níveis de 0,049 µg Co/g na dieta resultaram em redução no crescimento. Gado, pastejando em Panicum maximum e Stylosanthes guianensis, mostrou aumentos no ganho de peso vivo, quando foram suplementados com cápsulas de cobalto intra-ruminal.

Respostas a cobalto terapia têm sido observadas, na costa de Queensland, na Austrália. Animais, pastejando em Panicum Maximum, contendo 0,018  $\mu\text{g Co/g}$ , e em Macropodium, Centrosema e Stylosanthes, com 0,050  $\mu\text{g Co/g}$ , responderam positivamente à suplementação de Co (GARTNER et alii, 1980).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa-de-vegetação, em duas-etapas: a primeira, sendo realizada junto à Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, Estado de São Paulo, e a segunda etapa, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, em Piracicaba, SP.

#### 3.2. Espécies Estudadas

##### 3.2.1. Leguminosas

Foram estudadas 3 (três) espécies de leguminosas forrageiras tropicais, a saber:

Neonotonia wightii (Wightii e Arn) Lakey var. Tinaroo - soja-perene Tinaroo

Centrosema pubescens Benth - centrosema

Galactia striata (Jacq.) Urb. - Galáxia

##### 3.2.2. Gramínea

A gramínea estudada foi o capim-colônião (Panicum maximum Jacq. cv. IZ-1).

### 3.3 . Solos

No experimento com as leguminosas foram utilizados os dois tipos de solos: A- Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e B- Latossolo Vermelho-Escuro-Álico, enquanto que, no experimento com a gramínea, somente se empregou o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Os solos foram coletados a uma profundidade de 0-30 centímetros, secos à sombra, e passados em peneira com 3mm de malha. As amostras dos solos coletados foram analisadas quimicamente, revelando as características físicas e químicas apresentadas na Tabela 1.

### 3.4. Procedimento Experimental e Condições de Cultivo

Foram utilizados vasos de cerâmica com as paredes internas pintadas com tinta impermeabilizante e revestidas internamente com sacos plásticos, com capacidade de cinco quilos de solo, para o cultivo das leguminosas, ou com capacidade de três quilos e meio, no cultivo da gramínea.

A calagem foi efetuada em 28.10.85 (para as leguminosas) e 08.08.86 (para a gramínea).

As quantidades de calcário empregadas foram determinadas, de acordo com o critério de elevação do índice de saturação em bases do solo (RAIJ, 1981).

O ponto inicial para a calagem foi o nível zero de calcário. No experimento com as leguminosas, adotou-se um nível intermediário correspondente a doses de calcário, visando à elevação do índice de saturação, em bases dos solos a 35%, e um nível máximo para elevação do índice de saturação, em bases a 70%. No experimento com o capim-colonião,

---

OLIVEIRA, J. B. (Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas) Comunicação pessoal, 1985.

Tabela 1. Análises granulométrica e química dos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) utilizados nos experimentos.

Solos	Análise granulométrica			Análise Química									
	Argila %	Limo %	Areia %	pH	M.O. %	P ppm	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H + Al <sup>3+</sup>	T S V (%)		
LVd	17	5	59	4,3	2,6	4	0,07	0,60	0,30	3,40	4,37	0,97	22,1
LEa	39	3	44	4,2	4,1	10	0,22	0,70	0,45	6,10	7,47	1,42	19,0

Fina Grossa (CaCl<sub>2</sub>)

e.mg/100 ml TFSa

ou não se aplicou calcário ou foi aplicado para elevação do índice de saturação, em bases a 70%. As quantidades de corretivo aplicadas nos dois solos são mostradas na Tabela 2.

O calcário aplicado foi um calcário calcinado com PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) de 130%, contendo 44% de CaO e 20% de MgO.

Após a mistura do corretivo com o solo, procedeu-se uma agitação manual, durante 5 minutos, para completa homogeneização, e aplicou-se 800 ml de água destilada e deionizada, elevando a umidade do solo até próximo à capacidade de campo, em ambos os solos. A seguir, os solos foram mantidos cobertos com papel manilha dentro dos vasos, nas condições de casa-de-vegetação, deixando-se reagir em repouso até a época do plantio.

Em 27.11.85, foi realizada a semeadura das leguminosas forrageiras. As sementes, antes de serem colocadas nos vasos, foram escarificadas mecanicamente com lixa e distribuídas em sulcos de 1 a 2 centímetros de profundidade, colocando-se 50 sementes de soja-perene var. Tinaroo, 40 sementes de centrosema e 30 sementes de galáxia. O capim-colonião cultivar IZ-1 foi semeado nos vasos (50 sementes por vaso), em 09.09.86.

Decorrido um período de aproximadamente 15 dias, foram realizados desbastes periódicos, deixando-se cinco plantas por vaso, tanto para as leguminosas como para o capim-colonião. Nessa ocasião, as plântulas de leguminosas foram inoculadas com 1 ml por planta de uma suspensão de células de Rhizobium, com aproximadamente  $10^8$  bactérias por ml. As estirpes de Rhizobium específicas foram selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a saber: SMS-164 para



Tabela 2. Quantidades de calcário calcinado empregadas por vaso e correspondência às quantidades por hectare.

Solo	Níveis de Calagem (1)		Leguminosas		Gramínea	
	Cal 0	Cal 1	-g/vaso-	-t/ha-	g/vaso	t/ha
LVd	Cal 0		-	-	-	-
	Cal 1		1,10	0,40	-	-
	Cal 2		4,40	1,60	2,58	1,60
LEa	Cal 0		-	-	-	-
	Cal 1		2,31	0,93	-	-
	Cal 2		6,98	2,79	-	-

(1) Cal 0 = ausência de calagem

Cal 1 = calagem proposta para elevação do índice de saturação em bases a 35%

Cal 2 = calagem proposta para elevação do índice de saturação em bases a 70%

centrosema, SMS-138 e SMS-300 para a galáxia e SMS-128 e SMS-117 para soja-perene.

No experimento com as leguminosas, os nutrientes, fósforo, potássio, enxofre, e os micronutrientes, boro, cobre, ferro e zinco, foram aplicados na época da semeadura, na forma de solução nutritiva. As quantidades e fontes dos elementos são apresentadas na Tabela 3.

Na Tabela 4 são mostradas as quantidades e fontes de nutrientes empregadas na forma de solução nutritiva, no experimento com capim-colonião.

Após a semeadura, durante todo o período de cultivo das forrageiras, os vasos foram irrigados duas vezes por dia com água destilada e deionizada.

Tendo em vista o lento crescimento inicial das leguminosas, em 17.12.85, foi feita uma aplicação de 0,025g de N/vaso (5 ppm de N). A fonte de nitrogênio foi a uréia p.a., diluída em água destilada e deionizada, na proporção de 8,04g de uréia em 15 l de água e com aplicação de 100ml de solução por vaso.

### 3.5.5. Delineamento Experimental

Os experimentos foram conduzidos, usando um delineamento experimental de blocos ao acaso, em arranjo fatorial, com quatro repetições para cada uma das espécies em separado. Nos ensaios com as leguminosas forrageiras, os fatores que compuseram os tratamentos foram cobalto (presença e ausência), molibdênio (presença e ausência) e calagem (ausência de calagem - Cal 0, calagem proposta para elevação do índice de saturação, em bases de 35% - Cal 1, e calagem proposta para elevação do índice de saturação, em bases de 70% - Cal 2).

Tabela 3. Doses dos nutrientes e respectivas fontes utilizadas para as leguminosas forrageiras.

Nutrientes	Quantidades(ppm)	Fontes
P	125	Superfosfato
S	170	Simples
K	150	KCl
B	0,75	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Cu	0,75	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
Zn	1,50	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
Fe	15,00	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
Co	0,10	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
Mo	0,20	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O

Tabela 4. Doses de nutrientes e respectivas fontes empregadas no capim-colonião

Nutrientes	Quantidades (ppm)	Fontes
P <sub>1</sub>	20	Superfosfato
P <sub>2</sub>	100	Simples
P <sub>3</sub>	200	
N*	250	Uréia
K*	225	KCl
B	0,75	H BO <sub>3</sub>
Cu	0,75	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
Zn	1,50	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
Co	0,10	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
Mo	0,20	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O

\* No plantio foram aplicados 75 ppm de N e de K, e, em cobertura, após o primeiro corte, 125 ppm de N e 75 ppm de K, e após o segundo e terceiro cortes, 50 ppm de N e 75 ppm de K.

Os tratamentos empregados foram os seguintes:

1. Calagem 0 - cal 0
2. Cal 0 + cobalto
3. Cal 0 + molibdênio
4. Cal 0 + cobalto + molibdênio
5. Calagem 1 - cal 1
6. Cal 1 + cobalto
7. Cal 1 + molibdênio
8. Cal 1 + cobalto + molibdênio
9. Calagem 2 - cal 2
10. Cal 2 + cobalto
11. Cal 2 + molibdênio
12. Cal 2 + cobalto + molibdênio

No experimento com capim-colonião cv. IZ-1, os fatores estudados foram: calagem (ausência e presença), micro nutrientes (ausência e presença) e fósforo ( $P_1 = 20$ ;  $P_2 = 100$  e  $P_3 = 200$  ppm).

Os tratamentos empregados foram os seguintes:

1. NP K<sub>1</sub>
2. NP K calagem<sub>1</sub>
3. NP K<sub>2</sub>
4. NP K calagem<sub>2</sub>
5. NP K<sub>3</sub>
6. NP K calagem<sub>3</sub>
7. NP K micronutrientes<sub>1</sub>
8. NP K calagem, micronutrientes<sub>1</sub>
9. NP K micronutrientes<sub>2</sub>
10. NP K calagem, micronutrientes<sub>2</sub>
11. NP K micronutrientes<sub>3</sub>
12. NP K calagem, micronutrientes<sub>3</sub>

### 3.6. Colheitas

As leguminosas sofreram dois cortes, enquanto que o capim-colonião recebeu quatro cortes.

Em 07.01.86, aos 40 dias após o plantio, foi realizado o primeiro corte das leguminosas cultivadas no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, e, aos 14.01.86 (quarenta e sete dias após o plantio), foi realizado o primeiro corte das leguminosas cultivadas no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

O segundo e último cortes das leguminosas foram realizados conforme datas apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Datas de corte para as diferentes leguminosas

Leguminosas	Solo	Data
Soja-perene cv. Tinaroo	LVd	06.02.86
Soja-perene cv. Tinaroo	LEa	13.02.86
Centrosema	LVd	17.02.86
Centrosema	LEa	19.02.86
Galáxia	LVd	18.02.86
Galáxia	LEa	20.02.86

As plantas foram seccionadas rente ao solo, usando uma tesoura de poda para efetuar o corte. A parte aérea coletada foi colocada em sacos de papel, devidamente etiquetados e levados em estufas de circulação forçada de ar, para secagem a 65°C, durante 48 horas, com posterior pesagem para determinação da produção por vaso.

Após o corte final de cada espécie, as raízes foram separadas do solo, através de jatos de água corrente. A seguir, procedeu-se a remoção, purificação dos nódulos e sua contagem. As raízes foram lavadas com água destilada e deionizada.

O material colhido (das raízes e nódulos) também sofreu secagem a 65<sup>o</sup> C, em estufa de circulação forçada de ar, durante 48 horas, e foram pesados separadamente.

O material da parte aérea e das raízes de cada vaso foi finamente moído, em separado, em moinho tipo Wiley, e acondicionado em frascos de vidro fechados com tampa plástica.

Para o capim-colonião foram realizados quatro cortes, em 20.01.86 (42 dias de idade), 13.01.86 (rebrota com 24 dias), 11.12.86 (rebrota com 28 dias de idade), e em 13.01.87 (rebrota com 33 dias de idade), seguindo-se a mesma metodologia descrita para as leguminosas. O material verde da parte aérea e das raízes foi colocado em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65<sup>o</sup> C, durante 48 horas. Após a secagem, foi pesado em balança de precisão, para determinação da produção de matéria seca. A moagem e o acondicionamento das amostras foram semelhantes às executadas e já descritas no experimento com as leguminosas forrageiras.

### 3.7. Análises Laboratoriais

As determinações dos teores de nutrientes foram realizadas no laboratório da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa - SP, com exceção dos micronutrientes cobalto e molibdênio, que foram determinados no laboratório da Seção de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba - SP.

### 3.7.1. Determinação dos teores de Nitrogênio

O método adotado para determinação do teor de N foi o de Micro Kjeldhal. Foram utilizados 100mg de material seco e moído para cada amostra, adicionando-se 5ml de mistura digestora (contendo a seguinte proporção por litro: 175ml de água destilada, 18g de  $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 4,0g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 21,94g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  e 200ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado). A amônia foi destilada, em meio alcalino, recebido em solução de ácido bórico a 2%, com a mistura dos indicadores bromocresol-verde e vermelho de metila, sendo titulada com uma solução padronizada  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### 3.7.2. Determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo e Co

A digestão da matéria seca foi realizada pelo método "Nítrico-Perclórico", utilizando-se 1,0g de amostra, 8ml de  $\text{HNO}_3$  65% e 1ml de  $\text{HClO}_4$  70%, servindo como ponto de partida para a maior parte das determinações (SARRUGE & HAAG, 1974).

Após a digestão feita em tubos de ensaio, foram adicionados 10ml de água destilada deionizada a cada tubo, procedendo-se a diluição do conteúdo do fundo e das paredes. Adicionou-se, a seguir, água destilada suficiente para completar o volume de cada tubo a 50ml, estando assim preparados os extratos para determinação dos nutrientes.

As concentrações de K, Ca, Mg e S foram expressas em porcentagens na matéria seca a 65<sup>o</sup> C e as de Cu, Fe, Mn e Zn em ppm; as determinações foram realizadas através de leituras em espectrofotômetro de absorção atômica.



O P foi determinado por colorimetria pelo método do vanadato-molibdato de amônio e suas concentrações expressas em porcentagens na matéria seca a 65° C.

O micronutriente B foi determinado pelo método da curcumina, com leituras no colorímetro fotoelétrico Klett-Summerson (SARRUGE & HAAG, 1974).

O preparo do extrato de material vegetal, para as determinações dos micronutrientes cobalto e molibdênio, foi o seguinte: a) transferiu-se 5,0 g de amostra seca e moída para um cadinho de porcelana e incinerou-se a 500° C durante três horas ou mais (cinzas esbranquiçadas); b) juntou-se 5ml de HCl 6 N e evaporou-se em banho-maria; c) dissolveu-se o resíduo em 10 ml de HCl N; d) usou-se 5ml para determinação do cobalto; e) pipetou-se 5ml para a determinação do Mo, juntou-se 5ml de HCl 3 N.

O cobalto foi complexado com 2-nitroso-1-naftol extraído em acetato de isomila e determinado por espectrofotometria no visível (BATAGLIA et alii, 1983).

O molibdênio foi determinado pelo método colorimétrico do cloreto estanhoso e do tiocianato (SARRUGE & HAAG, 1974).

### 3.7.3. Análise do Solo

Foram coletados amostras de solo, vaso por vaso, juntando-se o material das quatro repetições, tratamento por tratamento. O solo foi amostrado antes da aplicação do calcário, após o período de incubação e na época de colheita final de cada experimento. Os parâmetros analisados foram: pH em  $\text{CaCl}_2$ , matéria orgânica (%),  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis,  $\text{H}^+$  +  $\text{Al}^{3+}$

trocáveis, K expressos em emg/100 ml de TFSA e P em microgramas por ml de TFSA. As análises foram efetuadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, sendo empregada a resina trocadora de íons (RAIJ & QUAGGIO, 1983).

#### 3.7.4. Análises Estatísticas

As análises de variância, comparações de médias, através do Teste de Tukey, e as análises de regressão foram realizadas, através dos programas SAS, descritos por FREUND & LITTELL (1981). Os procedimentos da correlação foram descritos no SAS (1982).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Crescimento e Nitrogênio Total Acumulado na Parte Aérea do Capim Colonião

Os efeitos dos tratamentos de calagem e da adubação fosfatada sobre o crescimento em termos de produção de matéria seca da parte aérea do capim colonião cv. IZ-1, em quatro cortes, estão resumidos na Tabela 11.

A análise de variância (Tabela 12) revelou efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) da aplicação de fósforo sobre as produções de matéria seca nos quatro cortes e no total (soma dos quatro cortes) e, das interações fósforo x calagem ( $P \leq 0,01$ ) no primeiro, segundo e no quarto corte ( $P \leq 0,05$ ). Também foi significativo ( $P \leq 0,05$ ) o efeito dos micronutrientes no quarto corte e a interação fósforo x micronutriente ( $P \leq 0,05$ ) na produção de matéria seca do segundo corte do capim colonião.

Observou-se resposta positiva do colonião a adubação fosfatada até a dose de 200 ppm de fósforo. COSTA

et alii (1983) também obtiveram máximas produtividades para o capim colonião mediante a adição de 250 ppm de P ao solo.

As produções de matéria seca da parte aérea do capim colonião, total de quatro cortes, mediante a aplicação de apenas 20 ppm de P corresponderam a aproximadamente 55% das produções alcançadas com a adição de 200 ppm de fósforo tanto na presença como na ausência de calagem. Essas respostas do colonião a adubação fosfatada corroboram com o relatado por outros pesquisadores, tais como, WERNER et alii (1967); SERRÃO et alii (1979), ITALIANO et alii (1982a); AZEVEDO & SOUZA (1982b) e ressaltam a importância de um nível adequado de adubação fosfatada para o máximo crescimento do capim colonião.

A produção da matéria seca da parte aérea do capim colonião no terceiro corte, foi incrementada com a adubação fosfatada, sendo os dados melhor ajustados a um modelo quadrático, conforme a equação  $Y = 7,94 + 0,047x - 0,00011x^2$ , onde  $Y$  representa as produções de matéria seca e  $x$  as quantidades de P aplicadas (ppm), indicando para esse corte, que a máxima produção de matéria seca seria estimativamente obtida para doses superiores a 200 ppm de P.

Para as produções de matéria seca, no primeiro corte, o desdobramento das interações fósforo x calagem revelou que a calagem não teve efeito significativo na presença do menor nível de adubação fosfatada (20 ppm de P), porém com a aplicação de níveis mais elevados de fósforo, a utilização de calcário resultou em efeitos positivos e significativos. Entretanto, no segundo e quarto cortes, a prática da calagem teve efeito significativo incrementando as produções de matéria seca desde o emprego da menor dose de fós-

foro. As figuras 1 e 2 ilustram esse fato e, ressaltam que incrementos mais elevados na produção de matéria seca foram obtidos nos níveis 100 e 200 ppm de P em comparação com os efeitos do P na ausência de calagem.

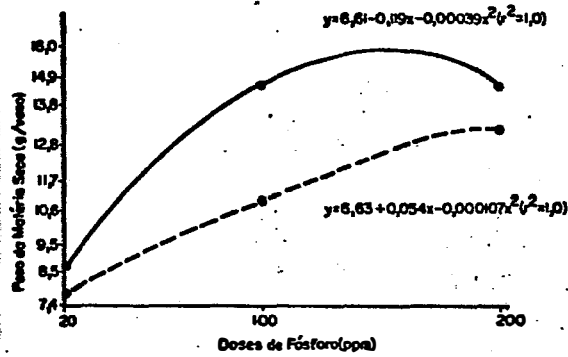


Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea do capim Colônia em função dos níveis de fósforo, na ausência (----) ou na presença de calagem (—). Dados do segundo corte.

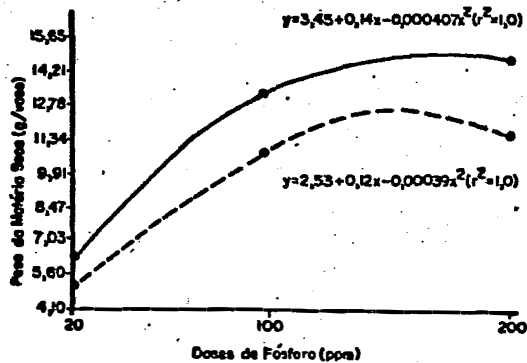


Figura 2. Produção de matéria seca da parte aérea de capim Colônia em função dos níveis de fósforo na ausência (----) ou na presença de calagem (—). Dados do quarto corte.

A aplicação de fósforo proporcionou acentuados incrementos nos teores de P no solo porém não afetou os valores de pH (Tabela 6). Correlacionando-se os teores de fósforo no solo com a produção de matéria seca do colônio total de quatro cortes observou-se efeitos positivos e significativos ( $r = 0,87^{**}$ ). A fonte de fósforo (superfosfato simples) mostrou-se também como eficiente fornecedora de  $Ca^{++}$  ao solo, elevando os conteúdos desse nutriente. Observou-se redução nos níveis de potássio. Esse fato pode ser facilmente explicado como consequência da maior extração, em virtude do maior crescimento nos níveis mais elevados de adubação fosfatada.

A calagem, elevando o pH, aumentou a eficiência do fósforo aplicado. Alguns fatores associados com a acidez do solo podem ser responsáveis pelas restrições de crescimento na ausência de calagem. Conforme mostram os dados da análise química do solo apresentados na Tabela 6, o solo é deficiente em Ca + Mg, apresentando conteúdos elevados de H + Al, juntamente com valores baixos de pH, contribuíram para prejudicar o crescimento adequado do colônio. É fato conhecido que a calagem, em solos ácidos e deficientes em Ca, Mg e P, atua benéficamente, elevando o pH, com consequente liberação do fósforo e molibdênio, incorporação de cálcio e magnésio ao solo e diminuição do alumínio trocável. A correlação entre o índice de saturação em bases do solo com a produção de matéria seca total de quatro cortes mostrou-se positiva e significativa ( $r = 0,67^{**}$ ).

Para o segundo corte, a interação fósforo x micronutriente foi estatisticamente significativa, desdobrando-se essa interação observou-se que o fósforo aumentou a

produção de matéria seca tanto na presença como na ausência de micronutrientes, enquanto que os micronutrientes não afetaram significativamente os rendimentos de matéria seca em nenhum dos níveis de adubação fosfatada. Entretanto, a aplicação de micronutrientes teve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) e positivo sobre a produção de matéria seca do capim colômbio no quarto corte (Tabela 12). A literatura, raramente, relata respostas do capim colômbio a aplicação de micronutrientes, uma vez que esses nutrientes são exigidos em pequenas quantidades e podem estar presentes no solo ou ser adicionado como contaminante de calcário ou de fertilizantes. Porém, após cortes sucessivos, as crescentes extrações resultaram, no quarto corte, que a não aplicação de micronutrientes limitou o crescimento do capim colômbio.

A tentativa de estabelecer prováveis correlações entre as produções de matéria seca do capim colômbio em cada corte com os respectivos teores de micronutrientes cobalto e molibdênio, evidenciou efeitos não significativos.

Na Tabela 13 são apresentadas as quantidades totais médias de nitrogênio acumuladas na parte aérea do capim colômbio em função da calagem e dos níveis de adubação fosfatada. A análise de variância revelou efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) da adubação fosfatada, nos quatro cortes, da calagem nos dois últimos cortes, da interação fósforo x micronutriente nos dois primeiros cortes e fósforo x calagem no primeiro corte. Observou-se que a calagem, no primeiro corte, teve efeito significativo em todos os níveis de adubação fosfatada sobre as quantidades totais de nitrogênio acumuladas. A adubação fosfatada proporcionou incrementos com efeitos quadráticos sobre as quantidades totais de nitrogê-

nio no primeiro corte tanto em presença como na ausência de calagem.

Por outro lado para as quantidades totais de nitrogênio da parte aérea (primeiro e segundo cortes) a interação fósforo x micronutriente mostrou-se significativa ( $P < 0,01$ ). Desdobrando-se essas interações verificou-se que a aplicação de micronutrientes teve efeito significativo e positivo somente na presença do maior nível de adubação fosfatada (200 ppm de P) para o primeiro corte, enquanto que, no segundo corte, já com a aplicação de 100 ppm de P emprego de micronutrientes teve efeito significativo. Conforme pode ser observado na Tabela 14 o efeito do fósforo, no primeiro corte, na presença e na ausência de micronutrientes foi quadrático. Entretanto, no segundo corte, sem a aplicação de micronutrientes o efeito do fósforo foi quadrático enquanto que com a aplicação de micronutrientes foi linear.

As quantidades totais de nitrogênio da parte aérea do capim colônia no terceiro e quarto cortes foram mais elevadas na presença que na ausência de calagem. A adubação fosfatada incrementou significativamente as quantidades totais de nitrogênio da parte aérea do quarto corte, os acréscimos obedeceram efeito quadrático ( $Y = 100,83 + 0,69x + 0,0021x^2$ ) com valores máximos estimados com a aplicação de 164 ppm de P.

## 4.2. Crescimento e Nodulação das Leguminosas

### 4.2.1. Soja-perene cultivada em solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa)

As análises de variância para os dados de produção de matéria seca da parte aérea (em ambos cortes), das



raízes e da planta inteira, peso seco e número de nódulos da soja-perene cultivado no solo LEa são apresentadas na Tabela 15. A aplicação de calcário afetou significativamente todas as variáveis anteriormente citadas. A interação calagem x molibdênio também teve efeito significativo sobre a produção de matéria seca da parte aérea da soja perene no primeiro corte. As demais interações não apresentaram efeitos significativos sobre as diversas variáveis estudadas.

A aplicação de níveis de calcário, até a dose equivalente a 2,89 toneladas/hectare (calculada para elevar o índice de saturação em bases a 70%) incrementou linear e significativamente as produções de matéria seca na parte aérea (ambos cortes), nas raízes e na planta inteira e a nodulação (peso seco a número de nódulos), conforme ilustram os dados da Tabela 16. Esses resultados concordam com a maioria dos estudos realizados com essa espécie. Considerando a produção de matéria seca da parte aérea, ao se comparar o nível 0 de calagem (pH 4,1) com o nível 2 (pH 5,3) observou-se no segundo corte, que os rendimentos, em termos de produção de matéria seca, na ausência de calagem representaram cerca de 28% dos obtidos com a aplicação da calagem. Esses resultados confirmam a sensibilidade da soja-perene às condições de acidez do meio (SOUTO & DÖBEREINER, 1969 e JONES & FREITAS, 1970) e as respostas positivas a aplicação de calcário (QUAGLIATO & NUTI, 1969; LOVADINI, 1972 e MUNNS & FOX, 1977a).

Originalmente após o período de incubação o solo LEa apresentava baixos conteúdos de P, Ca, Mg e acidez elevada (Tabela 7). A calagem alterou visivelmente algumas características do solo, tais como pH, teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$

trocáveis e saturação, em bases que foram elevadas, enquanto que os teores de  $H^+$  +  $Al^{3+}$  foram diminuídos (Tabela 8).

Ressalta-se que a correlação entre o índice de saturação em bases do solo e a produção de matéria seca da soja perene cultivada nesse solo mostrou-se positiva e significativa ( $r^2 = 0,89^{**}$ ).

Com relação ao peso da matéria seca da parte aérea no primeiro corte, a interação calagem x molibdênio teve efeito significativo. O desdobramento dessa interação mostrou que a calagem teve efeito positivo e linear (Tabela 17) incrementando a produção de matéria seca tanto na presença como na ausência de aplicação do molibdênio (Tabela 18). Por outro lado, o emprego do molibdênio, na ausência de calagem, incrementou a produção da matéria seca da soja-perene no primeiro corte, também no nível mais elevado da calagem a aplicação de molibdênio resultou em maiores produções de matéria seca. Na ausência de calagem, a baixa disponibilidade do molibdênio presente no solo explica os efeitos positivos da adição desse elemento. Com a prática da calagem deve ter ocorrido elevação na disponibilidade do Mo presente no solo ou do adicionado. Efeitos favoráveis da aplicação de molibdênio sobre a produção de matéria seca da soja-perene também foram observados por JONES et alii (1970); WERNER & MATTOS (1974) e MONTEIRO (1980).

A nodulação (peso seco e número de nódulos) da soja-perene cultivada nesse solo foi significativamente aumentada pela calagem, resultados semelhantes foram constatados por MUNNS et alii (1977). Na ausência de calagem, a soja-perene teve uma nodulação inexpressiva (Tabela 16). Além de influenciar no desenvolvimento das plantas, a calagem deve

ter melhorado o suprimento de cálcio e de magnésio para os nódulos. Segundo VIDOR et alii (1983) maiores quantidades de cálcio são requeridas durante o início do processo de infecção radicular, sendo que a partir daí menos cálcio é necessário para o crescimento e manutenção dos nódulos. No entanto, como a bactéria necessita de muito menos cálcio que a planta, a formação dos nódulos falharia muito antes da bactéria ser afetada e, sendo o efeito do cálcio na formação e funcionamento dos nódulos dependente do seu teor na planta, é necessário amplo suprimento deste nutriente. No presente trabalho, na ausência de calagem, o pH situou-se em torno de 4,1, porém, com a aplicação de calcário proposta para elevação do índice de saturação em bases a 70% (2,89 t de calcário por hectare), resultando valores de pH de 5,3, proporcionou condições satisfatórias para uma razoável nodulação.

Em solos ácidos, a nodulação das leguminosas é também inibida ou reduzida pela presença de Al na solução do solo (CARVALHO et alii, 1981). Tal efeito varia entre espécies e com a concentração de Al. No presente trabalho não foi medida a concentração de Al na solução do solo, porém GONTARSKI<sup>(1)</sup> trabalhando com esse mesmo solo obteve na ausência de calagem 1,2 e.mg de  $Al^{3+}$ /100g de solo, o pH baixo e essa concentração por Al sugerem que esse fator tenha contribuído para inibição da nodulação.

A correlação entre o índice de saturação em bases do solo e o peso seco dos nódulos não foi significativa. Todavia, com a aplicação de calcário, o número de nódulos

---

<sup>1</sup>GONTARSKI, E.C. (Instituto de Zootecnia, Nova Odessa) Comunicação Pessoal, 1989.

da soja-perene foi significativamente ( $r^2 = 0,87^{**}$ ) incrementado com a elevação dos índices de saturação em bases do solo, sendo que a nodulação, no geral foi baixa. A importância relativa do Al, Mn, pH, Ca e outros fatores relacionados com o pH nesse solo, interagindo na associação soja-perene - Rhizobium foram responsáveis pela nodulação observada nesse experimento. Considerando a inter-relação que há entre esses fatores nas condições do presente experimento é difícil separar os efeitos isolados de cada um deles. Pode-se especular, entretanto, que a alta concentração de  $H^+$  e de  $Mn^{++}$  na solução do solo ou pH baixo reduziu a nodulação.

As equações de regressão correspondentes aos efeitos significativos para os níveis de calagem sobre a produção de matéria seca na presença ou ausência de molibdênio são apresentadas na Tabela 17.

#### 4.2.2. Soja-perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd)

As produções de matéria seca da parte aérea no primeiro e no segundo corte, das raízes e da planta inteira, nodulação (peso seco e número de nódulos) da soja-perene cultivada no solo LVd, em função dos níveis de calagem são apresentadas na Tabela 19.

A análise de variância dos dados (Tabela 20) evidenciou efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) para a calagem em todas as variáveis acima mencionadas. Entretanto, não foram significativos os efeitos da aplicação de molibdênio, de cobalto e nem das interações molibdênio x cobalto, calagem x cobalto, calagem x molibdênio sobre as produções de matéria

seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e nodulação.

A produção de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e nodulação, em geral, foram aumentadas significativamente com a aplicação de níveis crescentes de calcário, no entanto a resposta variou entre os diversos parâmetros estudados. A análise da regressão mostrou que, os dados se ajustaram melhor a um modelo linear ou quadrático, conforme mostram as equações de regressão apresentados na Tabela 21.

Comparando-se o nível de calagem mais elevado com a ausência de calagem, observou-se que na ausência de calagem a produção de matéria seca do primeiro e do segundo cortes da soja-perene sofreram reduções da ordem de 47% e 80%, respectivamente.

Respostas à aplicação de calagem no desenvolvimento da soja-perene foram obtidas por vários autores como QUAGLIATO & NUTI (1969), LOVADINI (1972), FRANÇA et alii (1973) e MUNNS & FOX (1977).

Na ausência da calagem, a nodulação expressa em termos de peso seco e número de nódulos foi baixa, enquanto que com a aplicação de calagem ela aumentou expressivamente. Tanto o peso como o número de nódulos foram incrementados com a calagem, correlacionando-se positiva e significativamente com a elevação dos índices saturação em base do solo. A baixa nodulação, na ausência de calagem, parece estar relacionada com o baixo pH do solo (Tabela 8) e aos altos níveis de manganês no solo que refletiram em níveis tóxicos na planta (Tabela 59). A alta concentração de  $H^+$  na solução do solo também pode inibir a nodulação de leguminosas, embora com efeito variável entre espécies (ANDREW, 1976).

#### 4.2.3. Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa)

Os resultados observados para a produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e da planta inteira e o peso seco dos nódulos da centrosema cultivada no solo LEa são apresentados na Tabela 22.

As produções de matéria seca (parte aérea no segundo corte, raízes e planta inteira) e peso seco dos nódulos foram significativamente aumentadas pela aplicação dos níveis de calcário (Tabelas 22 e 23). Esses aumentos resultantes da calagem obedeceram efeitos lineares ou quadráticos conforme indicam as equações de regressões apresentadas na Tabela 24.

Incrementos na produção de matéria seca para essa leguminosa com a calagem, também foram obtidos por ANDREW & NORRIS (1961) e FRANÇA & CARVALHO (1970). No primeiro corte, a centrosema não respondeu a aplicação de calcário. Porém, no segundo corte, na ausência de calagem, a produção de matéria seca da parte aérea da leguminosa foi aproximadamente 66% do máximo alcançado no nível 2 da calagem. Confirmando a sensibilidade da centrosema aos fatores de acidez, verificou-se uma correlação positiva e significativa ( $r^2 = 0,83^{**}$ ) entre o crescimento em termos de matéria seca e os índices de saturação em bases do solo.

Quanto a nodulação, verificou-se que a calagem afetou de modo benéfico o peso seco dos nódulos. Esses resultados concordam com os obtidos por DE POLLI et alii, (1976). e JONES et alii (1970). O peso seco dos nódulos, na ausência de calagem representou

cerca de 75% do máximo alcançado no nível máximo de calagem (nível 2) revelando essa leguminosa boa capacidade em nodular, mesmo nas condições de elevada acidez ( $\text{pH} = 4,1$  e índice de saturação em bases do solo de 15%). Porém a eficiência de fixação desses nódulos foi baixa, conforme será discutido mais adiante no item 4.4.2. A correlação entre a nodulação entre (número e peso seco de nódulos) com o índice de saturação em bases do solo (Tabela 10) não foi significativa.

Ressalta-se, também que o emprego do cobalto favoreceu a nodulação (peso seco dos nódulos) da centrosema. De um modo geral a nodulação da centrosema nesse solo foi satisfatória.

#### 4.2.4. Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd)

Os resultados da análise de variância para os dados de produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e da planta inteira e peso seco dos nódulos são mostrados na Tabela 25. A calagem mostrou efeito significativo sobre a produção de matéria seca na parte aérea (segundo corte), na planta inteira, e no peso seco dos nódulos.

Na Tabela 26 pode-se observar os dados médios para as variáveis acima mencionadas em função dos três níveis de calagem estudados. As equações correspondentes às regressões significativas são apresentadas na Tabela 27.

As produções de matéria seca (parte aérea e planta inteira) e peso seco dos nódulos foram significativa e linearmente aumentadas pela aplicação de níveis de calcário. Esses resultados concordam com os obtidos por ANDREW &

NORRIS (1961), DÖBEREINER & ARONOVICH (1966); JONES et alii (1970) e MONTEIRO (1980). A produção de matéria seca na ausência de calagem chegou a 54% do máximo obtido no nível 2 de calagem, tais valores são bastante semelhantes aos verificados por ANDREW & NORRIS (1961).

Com relação a nodulação, constatou-se que a calagem beneficiou de modo linear o peso seco dos nódulos da centrosema cultivado nesse solo. Resultados similares foram encontrados por WERNER & MATTOS (1972). Observou-se que, mesmo na ausência de calagem, o peso seco dos nódulos da centrosema foi consideravelmente alto. É possível que o cálcio disponível no solo, (Tabela 10) proveniente da adubação fosfatada básica, mesmo na ausência de aplicação de calcário (teor de cálcio de 0,90 equivalentes miligrama por 100 ml de terra fina seca ao ar) tenha sido suficiente para o estabelecimento da nodulação, segundo MUNNS (1970) o cálcio é importante na infecção das raízes durante a formação de nódulos. A prática da calagem reduzindo os teores de  $H^+ + Al^{+++}$  de 3,4 equivalentes miligrama por 100 ml de TFSA (sem calagem) para 2,4 e.mg/100 ml de TFSA, juntamente com um maior suprimento de cálcio e magnésio podem ter sido responsáveis pelo incremento da massa nodular, considerando o importante papel desses nutrientes na formação do nódulo e na nutrição do Rhizobium (NORRIS, 1959).

Observando-se as equações de regressão apresentados na Tabela 27 para o peso seco dos nódulos e produção de matéria seca, em função dos níveis de calagem estudados, verificou-se que valores máximos para essas variáveis seriam obtidos com doses de calcário superiores às testadas no presente trabalho.



#### 4.2.5. Galáctia cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa)

Na Tabela 28 são apresentados os dados da análise de variância para algumas variáveis estudadas na galáctia cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico, em função da aplicação da calagem, molibdênio e cobalto.

Para os dados de produção de matéria seca da parte aérea, em ambos cortes, produção de matéria seca das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos, a calagem mostrou efeito significativo.

Na Tabela 29 pode ser observado os dados de produção de matéria seca e peso seco dos nódulos da galáctia cultivada no solo LEa sob a aplicação das doses de calcário. A análise de regressão revelou efeito linear positivo e significativo dos níveis de calagem, elevando a produção de matéria seca e o peso seco dos nódulos. Resultados similares foram obtidos por CARVALHO et alii (1988) cultivando a galáctia em um solo Latossolo Vermelho Amarelo álico em Minas Gerais.

Conforme pode ser observado na Tabela 9, a aplicação dos níveis de calagem, como era esperado, resultou em elevações nos índices de saturação em bases do solo. Correlacionando-se esses índices de saturação em bases com a produção de matéria seca dos dois cortes, com o peso seco ou com o número de nódulos observaram-se valores positivos e significativos pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade. Por outro lado sobre as produções da matéria seca da parte aérea no primeiro corte, peso seco das raízes e da planta inteira, os níveis de calagem mostraram efeito quadrático.

As equações de regressão representativas das variações desses parâmetros com a calagem podem ser apreciados na Tabela 30.

A interação calagem x cobalto para a produção de matéria seca do primeiro corte foi significativa. Na ausência de calagem, a aplicação de cobalto aumentou significativamente a produção de matéria seca na parte aérea da galáctia cultivada nesse solo. Entretanto com o emprego da calagem a utilização de cobalto não alterou significativamente os rendimentos de matéria seca da galáctia (Tabela 31).

Embora a nodulação foi aumentada pela calagem, de uma maneira geral, o peso seco dos nódulos foi bastante baixo, indicando que as estirpes de Rhizobium presente ou inoculada no solo deixaram a desejar com relação a infecção radicular (Tabela 29).

#### 4.2.6. Galáctia cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd)

As análises de variância dos dados de produção de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos da galáctia cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico são apresentadas na Tabela 32. Com exceção ao peso seco das raízes, a calagem teve efeito significativo sobre todas as variáveis anteriormente citadas. A aplicação de molibdênio mostrou efeito significativo sobre a produção de matéria seca do segundo corte, da planta inteira e peso seco dos nódulos. Por outro lado, a aplicação do cobalto, e as interações calagem x molibdênio, calagem x cobalto e molibdênio x cobalto não apresen-

taram efeitos significativos sobre as produções de matéria seca e nodulação.

Na Tabela 33 são apresentados os dados de produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, e peso seco dos nódulos da galactia cultivado no solo LVd em função dos níveis de calagem. A análise de regressão evidenciou efeito linear e significativo dos níveis de calagem aumentando a produção de matéria seca no segundo corte e o peso seco dos nódulos (Tabela 33). Resultados similares foram obtidos por MONTEIRO (1980), cultivando a galactia num solo Podzólico Vermelho Amarelo, dados do primeiro corte. Entretanto, para as produções de matéria seca ( 1º corte ) e da planta inteira, os níveis de calagem tiveram efeito quadrático. As equações de regressão correspondentes às regressões significativas são apresentadas na Tabela 34.

A aplicação de calcário no nível 2 (calagem para elevação do índice de saturação em bases a 70%) aumentou em 80% a produção da matéria seca no segundo corte, quando comparado com o tratamento sem aplicação de calcário. A correlação entre os índices de saturação em bases (Tabela 9) e a produção de matéria seca da galactia total de dois cortes foi positiva e significativa ao nível de 5%. Por outro lado a nodulação, na ausência de calagem, representa cerca de 69% do máximo alcançado com a maior dose de calcário aplicada. Este fato demonstra que a galactia cv. Iarana apresenta certa exigência em termos de correção da acidez, demonstrando maior crescimento na presença da dose mais elevada de calcário empregada. São necessários futuros estudos comparativos sobre as exigências em termos de calagem ou tolerância aos fatores de acidez para os diversos cultivares de galac-

tia, uma vez que os estudos iniciais (MATTOS & WERNER, 1972) com essa leguminosa, utilizando outra cultivar, não demonstraram reduções significativas na matéria seca mediante a omissão da calagem.

O emprego do molibdênio resultou em acréscimos nas produções de matéria seca do segundo corte, da planta inteira, peso seco dos nódulos. Verificou-se que, no primeiro corte, a galactia não respondeu a aplicação de molibdênio, pois provavelmente parte do nitrogênio necessário ao seu metabolismo foi proveniente da matéria orgânica do solo. Já, no segundo corte, exaurida a reserva do N mineral do solo, a planta passou a ser mais dependente da fixação biológica do N para atendimento de sua demanda. Os conteúdos de Mo do solo ou o metabolizado das reservas da semente de galactia, no segundo corte, passaram a ser limitantes de modo que a aplicação de molibdênio incrementou significativamente o peso seco dos nódulos, as concentrações de nitrogênio (Tabelas 32 e 80) da galactia, refletindo em maiores produções de matéria seca. Respostas a aplicação de Mo em leguminosas forrageiras foram obtidas por diversos autores (MANNETJE et alii, 1963; HALL, 1970; WERNER & MATTOS, 1974; EMBRAPA, 1980; PAULINO et alii, 1985 e MONTEIRO et alii, 1987).

#### 4.3. Composição Mineral

##### 4.3.1. Colonião

##### 4.3.1.1. Teores de Macronutrientes

Os teores de macronutrientes na parte aérea do capim colonião em quatro cortes são apresentados na Tabela 35 e 36.

## Nitrogênio

Os valores médios de nitrogênio apresentados na Tabela 35 (1,59 a 2,43% de N) são considerados adequados para o capim colônia (WERNER & HAAG, 1972). A análise de variância (Tabela 37) mostrou efeito significativo, sobre os teores de nitrogênio para adubação fosfatada nos quatro cortes, para a calagem no primeiro, no segundo e no quarto cortes, e para a interação fósforo x calagem no segundo corte. Os contrastes demonstraram variação inversa com relação ao crescimento das plantas, encontrando-se teores menores nos tratamentos onde foi observado maior crescimento. A interação fósforo x calagem para os teores de N do segundo corte foi significativa e, desdobrada (Tabelas 38 e 39) mostrou efeito quadrático significativo do fósforo na ausência e na presença de calagem. No segundo corte, com a aplicação de calcário os teores de nitrogênio foram significativamente menores quando comparados aos obtidos na ausência de calagem. Essas reduções são atribuídas aos efeitos de diluição em virtude do maior crescimento do capim colônia na presença de calagem. Semelhantemente ao observado no segundo corte, no primeiro e quarto cortes na ausência de calagem foram obtidos conteúdos de N mais elevados que na presença de calagem.

## Fósforo

Os percentuais de fósforo, encontrados na parte aérea do capim colônia em função das doses de fósforo e mediante a aplicação ou não de calagem são apresentados na Tabela 35.

A análise de variância mostrou efeito significativo sobre os teores de fósforo na matéria seca da parte aérea do capim colônia para a adubação fosfatada ( $P < 0,01$ ) nos quatro cortes para aplicação de micronutrientes no primeiro e terceiro cortes, para a calagem no segundo, terceiro e quarto cortes e para a interação fósforo x calagem no primeiro, terceiro e quarto cortes.

Desdobrando-se a interação calagem x adubação fosfatada observou-se que, no primeiro e no quarto corte, a aplicação de calcário teve efeito significativo apenas com a aplicação de 200 ppm de P, enquanto que a adubação fosfatada tanto na presença como na ausência de calagem incrementou os teores de fósforo. Verificou-se que a correlação entre os teores de fósforo e a produção de matéria seca do colônia total de quatro cortes foi positiva e significativa. No terceiro corte, a calagem teve efeito significativo e positivo a partir da aplicação de 100 ppm de P, porém com o emprego de somente 20 ppm de P o efeito da aplicação de calcário não foi significativo.

Na presença de calagem, a adubação fosfatada incrementou linearmente os teores de fósforo da parte aérea do capim colônia no primeiro, terceiro e quarto cortes. Já, na ausência de calagem, os efeitos da adubação fosfatada foram quadráticos no primeiro e quarto cortes e linear no terceiro corte. As equações de regressão que representam esses efeitos da adubação fosfatada sobre os teores de fósforo na parte aérea do capim colônia na presença ou na ausência de calagem são apresentados na Tabela 38.

Pode-se observar na Tabela 35, que a concentração de fósforo no primeiro corte mediante a aplicação de 100

ppm ou 200 ppm de fósforo situaram-se acima dos níveis estabelecidos como nível crítico de fósforo por ANDREW & ROBINS (1971), FALADE (1975), MARTINEZ & HAAG (1980) para o capim colônia. O emprego da dose mais baixa de 20 ppm de P correspondem a teores de fósforo inferiores a 0,18% de P. Observa-se, ainda na Tabela 35, que os teores de fósforo na parte aérea do capim colônia diminuíram a partir do primeiro corte até o quarto corte. Decréscimos nos teores de fósforo do capim colônia com a idade da planta, também foram observados por HAAG et alii (1967), PROSPERO & PEIXOTO (1972), GOMIDE (1976) e NASCIMENTO JUNIOR et alii (1976).

Outro fato que chama a atenção é que os teores de fósforo na parte aérea do capim colônia, a partir do segundo corte, em todos os níveis de adubação fosfatada, apresentaram-se deficientes para atender as exigências animais médias em fósforo que são de 0,20% para animais adultos e de 0,34% para animais novos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 1970). No presente trabalho, embora a adubação fosfatada tenha aumentado expressivamente a concentração de fósforo, na parte aérea do capim colônia, a partir do segundo corte somente na presença de calagem e no nível mais elevado de adubação fosfatada foram obtidos teores de fósforo acima de 0,20%.

### Potássio

Conforme pode ser observado na Tabela 35, os teores de potássio variaram de 1,56 a 4,20%. De acordo com VICENTE-CHANDLER et alii (1962) conteúdos de potássio de 1,52,0% na matéria seca estariam associados a altas produções do capim colônia.

A análise de variância para os teores de potássio evidenciou efeitos significativos para a adubação fosfatada nos quatro cortes, para a calagem no segundo, terceiro e quarto cortes, para aplicação de micronutrientes no primeiro e quarto cortes e para as interações fósforo x micronutrientes no primeiro, terceiro e quarto cortes e, fósforo x calagem no primeiro e terceiro cortes. Os teores médios de potássio demonstraram variação inversa ao crescimento das plantas motivada pela maior disponibilidade de P. Isto pode ser explicado como consequência de diluição do nutriente no interior da planta devido a maior produção de matéria seca, e, provavelmente, por antagonismo entre cálcio e o potássio.

Desdobrando-se a interação fósforo x calagem, verificou-se que no primeiro corte, a calagem só teve efeito significativo em reduzir os teores de potássio quando aplicado conjuntamente com 200 ppm de fósforo (superfosfato simples). Por outro lado, a adubação fosfatada diminuiu significativamente os teores de K tanto na presença como na ausência de calagem, no primeiro e no terceiro cortes. Verificou-se que, no terceiro corte, na ausência de calagem e com o emprego de 20 ppm de P, os conteúdos de potássio foram superiores aos obtidos com a aplicação de calcário, entretanto a calagem não teve efeito significativo quando foram empregadas doses mais elevadas que 20 ppm de P. A análise de regressão evidenciou na ausência de calagem um efeito quadrático dos níveis de fósforo (no primeiro e no terceiro cortes) enquanto que na presença de calagem, no primeiro corte o efeito foi quadrático porém no terceiro corte foi linear (Tabela 38).



Desdobrando-se a interação fósforo x. micronutriente (Tabela 37) observou-se que a adubação fosfatada aumentando o crescimento, resultou em reduções significativas sobre os teores de potássio tanto na presença como na ausência de aplicação de micronutrientes. Por outro lado, estudando-se a influência dos micronutrientes dentro da adubação fosfatada verificou-se que foram obtidos, no primeiro corte conteúdos mais elevados de potássio mediante a aplicação de micronutrientes na dose de 20 ppm de P, entretanto para doses superiores de P adicionados, o efeito dos micronutrientes não foi significativo. Já no quarto corte a aplicação de micronutrientes juntamente com 100 ou com 200 ppm de P resultou em conteúdos de K significativamente menores, porém no nível de 20 ppm de P a utilização de micronutrientes não alterou significativamente os teores de potássio.

Os decréscimos sobre os teores de potássio na parte aérea do capim colônia (no primeiro e no quarto corte) em função da aplicação de níveis crescentes de P juntamente com a adição de micronutrientes obedeceram efeitos quadráticos. No entanto, a utilização dos níveis de fósforo, sem aplicação de micronutrientes, mostraram efeito quadrático para os teores de K no primeiro corte, enquanto que no quarto corte o efeito foi linear (Tabela 39).

### Cálcio

De uma maneira generalizada os teores de cálcio na matéria seca da parte aérea do capim colônia estão na faixa considerada normal de 0,40 a 1,02% de Ca por MALAVOLTA et alii (1974).

A análise de variância mostrou efeito significativo ( $P \leq 0,01$ ) para aplicação de fósforo (segundo, terceiro e quarto cortes), para calagem (nos quatro cortes), para aplicação de micronutrientes ( $P \leq 0,05$ ) no segundo corte e para as interações fósforo x calagem ( $P \leq 0,01$ ) no primeiro, segundo e terceiro cortes sobre os conteúdos de cálcio na matéria seca do capim colônia (Tabela 40).

Desdobrando-se a interação fósforo x calagem observou-se que na ausência de calagem a aplicação de quantidades crescentes de fósforo teve efeito positivo, significativo e quadrático (primeiro e segundo cortes) e linear (no terceiro corte). Já, na presença de calagem a adubação fosfatada teve efeito significativo quadrático (no primeiro corte) e linear (no terceiro corte) enquanto que no segundo corte seu efeito não foi significativo (Tabela 38).

Como era esperado a aplicação de calcário, que é fonte de cálcio incrementou significativamente os teores de Ca na planta nos níveis de adubação fosfatada ( $P = 20$  ppm e  $P = 100$  ppm de P) nos três primeiros cortes, enquanto que na dose mais elevada de adubação fosfatada ( $P = 200$  ppm de P) o efeito da calagem não foi significativa nos dois primeiros cortes, porém no terceiro corte a calagem elevou significativamente os teores de cálcio. Ressalta-se que os incrementos nos teores de cálcio na parte aérea do capim colônia corresponderam a aumentos significativos na produção de matéria seca.

#### Magnésio

Os teores de magnésio variaram dentro de uma faixa de 0,14 até 1,16%, sendo os limites superiores bastan

te elevados com relação aos encontrados por BUTLER & JONES (1973) e MALAVOLTA et alii (1974) que obtiveram para plantas normais de colônia por volta de 0,20% de Mg na matéria seca. Conforme ilustram os dados apresentados na Tabela 36 tanto na presença como na ausência de calagem, os teores de magnésio na parte aérea do capim colônia diminuíram do primeiro para o segundo corte e assim sucessivamente.

A análise de variância dos teores de magnésio evidenciou que a adubação fosfatada teve efeito significativo no segundo corte ( $P \leq 0,01$ ) e no terceiro corte ( $P \leq 0,05$ ). A aplicação de micronutrientes resultou em acréscimos significativos ( $P \leq 0,01$ ) nos teores de magnésio no terceiro corte. A calagem teve influência significativa nos teores de magnésio nos quatro cortes, este fato é atribuído ao emprego de calcário, contendo em média 20% de MgO, em quantidades equivalentes a utilização de 190 kg de Mg/ha.

Observou-se que a interação fósforo x calagem foi significativa no primeiro, no segundo e no quarto cortes (Tabela 40). Desdobrando-se essas interações verificou-se que a calagem elevou os conteúdos de Mg em todos os níveis de adubação fosfatada. Por outro lado, a utilização de fósforo na ausência de calagem reduziu significativamente os teores de Mg apenas no primeiro corte, enquanto que, a adubação fosfatada na presença da calagem, no segundo e quarto cortes mostrou tendências de redução.

As equações de regressão representativas dos efeitos dos níveis de adubação fosfatada na presença ou na ausência de calagem são mostradas na Tabela 38.

Para os conteúdos de magnésio na matéria seca do terceiro corte do capim colônia foi significativa a intera-

ção micronutriente x calagem. Desdobrando-se essa interação observou-se maiores acumulações de magnésio na parte aérea do capim colônia na presença de calagem e de micronutrientes. A aplicação de calcário (contendo Mg) tanto em presença como na ausência de micronutrientes, incrementou os conteúdos de Mg do capim colônia (Tabela 41).

### Enxofre

Os teores de enxofre na parte aérea das plantas de colônia apresentaram uma faixa de variação de 0,08 a 0,17% (Tabela 36). SMITH & SIREGAR (1983) apresentaram dados para um grupo de gramíneas forrageiras tropicais, entre as quais estava um Panicum, sugerindo como nível crítico de enxofre para tais plantas, aos 28 dias de rebrota, entre 0,07 e 0,11% de enxofre.

Embora a fonte de fósforo empregada foi o superfosfato simples que contém enxofre, os efeitos da adubação fosfatada sobre os teores de enxofre, só foram significativos ( $P \leq 0,05$ ) no segundo corte. A análise de variância (Tabela 40) para os teores de enxofre revelou valores significativos para os efeitos dos micronutrientes no primeiro corte ( $P \leq 0,01$ ), no terceiro corte ( $P \leq 0,05$ ), da calagem nos dois primeiros cortes ( $P \leq 0,01$ ), e da interação fósforo x micronutrientes no primeiro corte. O desdobramento da interação fósforo x micronutriente mostrou que a aplicação de fósforo teve efeito significativo positivo e linear com ou sem aplicação de micronutrientes sobre os conteúdos de enxofre, porém à utilização de micronutrientes corresponderam teores mais baixos de enxofre no nível mais elevado de adubação fosfatada.

O desdobramento da interação fósforo x calagem, para os teores de enxofre no terceiro corte mostrou efeito significativo e negativo da calagem apenas na menor dose de adubação fosfatada, enquanto que a aplicação de fósforo na ausência de calagem teve efeito significativo quadrático sobre os teores de enxofre na matéria seca do terceiro corte do capim colônia (Tabelas 36 e 40).

#### 4.3.1.2. Teores de Micronutrientes

##### Boro

Os teores de boro na matéria seca da parte aérea são apresentados nas Tabelas 42 e 43, em função dos diversos tratamentos de adubação. O valor mínimo encontrado foi de 11 ppm nos tratamentos sem a aplicação de micronutrientes e com a utilização de 20 ou 100 ppm de fósforo e o máximo de 36 ppm obtido na matéria seca do primeiro corte mediante a utilização de micronutrientes e 20 ppm de fósforo como superfosfato simples.

A análise de variância (Tabela 44) mostrou efeito significativo para a adubação fosfatada, micronutrientes nos quatro cortes e para calagem no segundo corte. Foram também significativas as interações fósforo x micronutrientes (primeiro, terceiro e quarto cortes), fósforo x calagem (segundo corte) e micronutrientes x calagem (quarto corte).

O desdobramento da interação fósforo x micronutriente demonstrou para os teores de B no primeiro e no quarto cortes, que a adubação fosfatada não teve efeito significativo na ausência de aplicação de micronutrientes, po-

rém no terceiro corte o efeito foi significativo e quadrático. Entretanto, com o emprego de micronutrientes a adubação fosfatada reduziu significativamente linearmente os teores de boro no primeiro, terceiro e quarto cortes (Tabelas 43 e 44).

Na Tabela 39 são apresentadas as equações de regressão representativas dos efeitos da adubação fosfatada sobre os teores de boro com ou sem aplicação de micronutrientes.

Por outro lado, a aplicação de micronutrientes, incluindo o boro, resultou em acréscimos significativos e positivos sobre os teores de boro na matéria seca da parte aérea do capim colônia no primeiro e terceiro cortes em todos os níveis de adubação fosfatada e, no quarto corte para os níveis mais baixos de adubação fosfatada (20 e 100 ppm de fósforo). Para os dados do segundo e do quarto cortes, no maior nível de adubação fosfatada a aplicação<sup>5</sup> de micronutrientes não afetou significativamente os teores de boro.

Desdobrando-se os dados do segundo corte para a interação calagem x adubação fosfatada, observou-se que a calagem não teve efeito significativo em nenhum nível de adubação fosfatada, enquanto que a adubação fosfatada na presença de calagem proporcionou reduções lineares (Tabelas 38 e 42). Por outro lado desdobrando-se a interação micronutriente x calagem verificou-se que a aplicação de micronutrientes incrementou significativamente os teores de boro na matéria seca da parte aérea no quarto corte do capim colônia tanto na presença como na ausência de calagem. Entretanto, analisando-se os efeitos da calagem, observou-se que, somente mediante a aplicação de micronutrientes, os teores de boro foram diminuídos pela calagem (Tabela 41).

## Cobre

O teor de cobre na parte aérea do colônio em função da aplicação de micronutrientes e fósforo são apresentados na Tabela 43. O valor mínimo encontrado foi de 2,5 ppm obtido no segundo corte para o tratamento sem aplicação de micronutrientes e com o emprego de 200 ppm de P e o máximo de 13 ppm obtido com a aplicação de micronutrientes e 20 ppm de P. A média de 7,7 ppm encontrada no experimento está acima da faixa (2,7 - 4,1 ppm Cu) encontrada por SOUZA et alii (1979) e acima da média obtida (6 ppm) para as gramíneas cultivadas em São Paulo (GALLO et alii, 1974).

A análise de variância (Tabela 44) mostrou efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) para a adubação fosfatada nos quatro cortes, para aplicação de micronutrientes no primeiro, segundo e quarto cortes, enquanto que a calagem, apenas no primeiro corte, teve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ).

Desdobrando-se a interação fósforo x micronutriente, verificou-se no segundo corte que a aplicação de micronutrientes elevou os teores de cobre na parte aérea do capim colônio em todos os níveis de adubação fosfatada. Por outro lado, a adubação fosfatada proporcionou reduções significativas ( $P \leq 0,01$ ) nos teores de cobre com efeitos quadráticos tanto na presença como na ausência de calagem (Tabela 38 e 44). No desdobramento da interação fósforo x micronutriente referentes aos dados do quarto corte observou-se efeito significativo e positivo da aplicação de micronutrientes nos níveis de 20 e 200 ppm de P. De maneira semelhante ao segundo corte, a adubação fosfatada no quarto corte implicou em reduções nos teores de cobre, lineares na ausência de

micronutrientes e com efeito quadrático na presença de micronutrientes. As equações de regressão representativas dessas variações são apresentados na Tabela 39.

### Zinco

As Tabelas 42 e 43 apresentam as variações dos teores de zinco na parte aérea das plantas de colônia em função dos diversos tratamentos. A oscilação encontradas está em torno da média apresentada por GALLO et alii (1974), sendo os teores mais elevados, 50 ppm de Zn, obtidos no primeiro corte no tratamento com a aplicação de micronutriente e adubação fosfatada. Na ausência de aplicação de micronutrientes e mediante a adubação fosfatada, os teores de Zn, no quarto corte, mostraram expressivas reduções abaixo do valor de 20 ppm apontado como ideal por EPSTEIN (1975).

A análise de variância (Tabela 44) mostrou efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) para a adubação fosfatada no primeiro, segundo e quarto cortes, para aplicação de micronutrientes nos quatro cortes, para calagem nos dois primeiros cortes, para as interações fósforo x micronutrientes ( $P \leq 0,05$ ) e fósforo x calagem ( $P \leq 0,01$ ) no terceiro corte e, micronutriente x calagem ( $P \leq 0,05$ ) no primeiro corte.

Desdobrando-se a interação fósforo x micronutriente verificou-se no primeiro corte efeitos quadráticos significativos da adubação fosfatada tanto na presença como na ausência de micronutrientes. Neste mesmo corte, a aplicação de micronutrientes resultou em teores mais elevados de zinco em todos os níveis de adubação fosfatada. Já no segundo corte, na ausência de aplicação de micronutriente e adubação fosfatada não teve efeito significativo sobre os teores



de Zn, entretanto na presença de micronutrientes mediante a utilização de doses de adubação fosfatada houve redução linear nos teores de Zn.

Essa interação entre o fósforo e o zinco é conhecida como deficiência de zinco induzida pelo fósforo. De um modo geral, esse fato tem sido atribuído a quatro possíveis causas: a) interação P-Zn no solo; b) o P inibe não competitivamente a absorção de zinco; c) uma taxa de translocação de Zn mais lenta das raízes para a parte aérea devido a uma resposta de crescimento a P; e d) uma desordem metabólica intracelular relacionada a um desbalanço entre P e Zn, ou uma concentração excessiva de P interfere com a função metabólica do Zn em certos sítios nas células. Nas condições do presente experimento, as três primeiras causas podem explicar os efeitos observados com relação a redução dos teores de Zn com a aplicação do fertilizante fosfatado, porém a quarta e última causa parece ser pouco provável pois os teores de fósforo obtidos no primeiro e segundo cortes (Tabela 35) mediante aplicação de P não são excessivas e estão próximos ao nível crítico para essa espécie (ANDREW & ROBINS, 1971; FALADE, 1975).

Desdobrando-se a interação calagem x micronutriente verificou-se que na ausência de aplicação de micronutriente a calagem não teve efeito significativo sobre os teores de zinco na parte aérea no primeiro e quarto cortes do capim colônia. Por outro lado com a aplicação de micronutriente teores mais elevados de zinco foram obtidos na ausência de calagem, a aplicação de micronutrientes resultou em conteúdos mais elevados de Zn na parte aérea do capim colônia (Tabelas 41 e 44). As diminuições dos conteúdos de

zinco com a calagem são devidos as reduções na disponibilidade de desse micronutriente.

Verificou-se para os teores de zinco no terceiro corte, que a interação calagem x adubação fosfatada foi significativa. O desdobramento dessa interação evidenciou que a não aplicação da calagem mediante a aplicação de 200 ppm de fósforo resultou em teores mais elevados de zinco. A utilização de doses de fósforo, na ausência de calagem, proporcionou reduções lineares sobre os teores de zinco na parte aérea do terceiro corte do capim colonião (Tabelas 38 e 42).

#### Manganês

Os teores de Mn na matéria seca da parte aérea do capim colonião são apresentados nas Tabelas 41 e 42, observando-se uma variação dentro da faixa descrita por GALLO et alii (1974) para as gramíneas forrageiras cultivadas em São Paulo.

A Tabela 45 da análise de variância, mostrou efeitos significativos para a adubação fosfatada no primeiro corte, para a aplicação de micronutrientes no primeiro e segundo cortes, para a calagem no primeiro, segundo e quarto cortes, e das interações fósforo x calagem no primeiro e segundo cortes e micronutrientes x calagem no segundo corte.

Desdobrando-se a interação fósforo x calagem verificou-se no primeiro e segundo cortes, como era esperado que a calagem reduziu significativamente os teores de Mn em presença dos níveis de 100 e 200 ppm de P. Por outro lado, a adubação fosfatada na ausência de calagem no primeiro

cutte incrementou linearmente os teores de Mn (Tabelas 38 e 42), enquanto que na presença de calagem a adubação fosfatada teve efeito quadrático sobre os teores de Mn. Já no segundo corte, os efeitos da adubação fosfatada na ausência ou na presença de calagem, mostraram-se quadráticos conforme equações de regressão apresentadas na Tabela 38.

Examinando-se a interação micronutriente x calagem no segundo corte, verificou-se que, na ausência de calagem, a não aplicação de micronutriente resultou em teores mais elevados de Mn, porém na presença de calagem não houve diferenças entre os teores de Mn na parte aérea do capim colônia mediante a aplicação ou não de micronutrientes (Tabela 41).

No quarto corte, a calagem produziu o efeito esperado, diminuindo a disponibilidade do manganês, reduziu sua absorção (Tabela 42).

### Ferro

Os teores de Fe na matéria seca da parte aérea do capim colônia em função da calagem e da adubação fosfatada são apresentados na Tabela 42. O valor mínimo encontrado foi de 78 ppm de Fe, na matéria seca do terceiro corte do colônia adubado com 200 ppm de P e na ausência de calagem, e o máximo de 200 ppm na matéria seca do segundo corte. As médias obtidas no primeiro, segundo e quarto cortes estão acima do nível ideal de 100 ppm descrito por EPSTEIN (1975) para as plantas em geral.

A análise de variância (Tabela 45) mostrou efeito significativo para a adubação fosfatada no segundo e

quarto corte e para a aplicação de micronutrientes no primeiro corte. Verificou-se, no primeiro corte, que os teores de Fe obtidos na ausência de micronutrientes foram superiores aos encontrados com a aplicação de micronutriente.

### Molibdênio

Na Tabela 46 são mostrados os resultados da análise de variância para os conteúdos de molibdênio na parte aérea do capim colônia. Foram observados efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) da adubação fosfatada (no primeiro, terceiro e quarto cortes) da aplicação de micronutrientes e da calagem (nos quatro cortes), e das interações fósforo x micronutrientes e micronutrientes x calagem (nos quatro cortes) e fósforo x calagem (no terceiro e quarto cortes).

O desdobramento da interação fósforo x micronutriente demonstrou efeito significativo dos níveis de fósforo, sobre os conteúdos de Mo na parte aérea do capim colônia (exceto no segundo corte) na presença de aplicação de micronutrientes (incluindo o molibdênio). Entretanto, na ausência de aplicação de micronutrientes, não foram significativos os efeitos dos níveis de fósforo sobre os teores de molibdênio na parte aérea do capim colônia (Tabela 46 e 47).

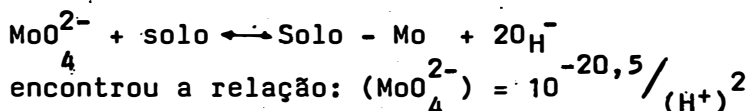
As equações de regressão representativas das variações nos teores de molibdênio com a fertilização fosfatada são apresentadas na Tabela 48. Pode-se observar, na presença de micronutrientes, que o emprego de níveis de fósforo mostrou efeitos quadráticos no primeiro, terceiro e quarto cortes e, reduções lineares nos conteúdos de molibdênio no segundo corte.

Os conteúdos de molibdênio oscilaram entre 0,08 a 5,1 ppm na matéria seca da parte aérea do capim colônião. Alguns autores como OSTROWSKI et alii (1978), KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1984) relatam que teores na faixa de 0,5 a 1,0 ppm de Mo como adequados para o crescimento das plantas. Observa-se que, na ausência de aplicação de micronutrientes, os teores de molibdênio na parte aérea do colônião estiveram abaixo do nível considerado adequado. Já, com a aplicação de micronutrientes (incluindo o Mo) verificou-se significativos aumentos nos conteúdos de Mo nos quatro cortes em todos os níveis de adubação fosfatada (Tabela 50).

O desdobramento da interação fósforo x calagem revelou que a calagem teve efeito significativo e positivo incrementando os conteúdos de molibdênio na matéria seca da parte aérea do capim colônião no terceiro e quarto cortes em todos os níveis de adubação fosfatada (Tabela 49). Por outro lado, a adubação fosfatada com calagem resultaram incrementos (terceiro corte) ou reduções (quarto corte) sobre os conteúdos de molibdênio, que obedeceram efeitos quadráticos, cujas equações de regressão são mostrados na Tabela 48.

Na ausência da calagem, a aplicação de níveis de fósforo não alterou significativamente os conteúdos de molibdênio na parte aérea do capim colônião.

Nessas condições, a fixação do molibdênio pelos óxidos de ferro e, de alumínio e outros minerais de argila podem explicar esse fato. A calagem elevando o pH afetou a disponibilidade de Mo para o colônião. A influência do pH do solo na disponibilidade desse elemento para as culturas pode ser entendida conforme relatada por LINDSAY (1972), que estimando a solubilidade do  $\text{MoO}_4^{2-}$  a partir da reação:



mostrando que a concentração de molibdato aumenta cem vezes para cada unidade de aumento do pH.

A interação entre Mo-P é frequentemente relatada pela ação do  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  aumentando a absorção do molibdato, através da formação externa do fosfomolibdato mais solúvel na membrana, pelo deslocamento do  $\text{MoO}_4^{2-}$  pelo  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dos sítios de absorção sendo então utilizado (MALAVOLTA, 1980). Entretanto, os efeitos descritos para os fertilizantes fosfatados na disponibilidade do Mo são contraditórios, de um modo geral os superfosfatos contendo  $\text{SO}_4^{2-}$  reduzem a absorção de Mo, já os superfosfatos concentrados aumentam sua absorção (ADAMS, 1980). Essas interações são variáveis e governadas por diversos fatores do solo e, também, relacionadas com os processos metabólicos da planta.

A Tabela 46 mostra a variação nos conteúdos de molibdênio na parte aérea do capim colônia em função da aplicação ou não de calagem na presença ou na ausência de micronutrientes. O desdobramento da interação calagem x micronutrientes evidenciou que tanto na ausência como na presença de calagem, o emprego de micronutrientes (incluindo o molibdênio) correspondem a incrementos significativos nos conteúdos de Mo do capim colônia nos quatro cortes, sendo esses incrementos mais elevados no primeiro corte (Tabela 51). Examinando-se os efeitos da calagem, observou-se, que com a utilização dos micronutrientes, a correção de acidez resultou em maiores acumulações de Mo na parte aérea do capim colônia (Tabela 51) em comparação ao tratamento onde o calcário não foi utilizado. Esses incrementos são de

correntes da maior disponibilidade do Mo do solo ou do aplicado mediante a prática da calagem. Outro fato que chama a atenção é que no quarto corte mesmo na ausência de utilização de micronutrientes, a calagem incrementou significativamente os conteúdos de Mo na matéria seca da parte aérea do capim colônia.

A correlação simples entre as produções de matéria seca do capim colônia e os teores de molibdênio na matéria seca para os quatro cortes não foram significativos.

#### Cobalto

A análise de variância (Tabela 46) para os conteúdos de cobalto na parte aérea do capim colônia, evidenciou efeitos significativos da aplicação de fósforo e das interações fósforo x calagem e fósforo x micronutrientes (no segundo e quarto cortes), de micronutrientes, da calagem, e da interação micronutriente x calagem (no segundo, terceiro e quarto cortes). Para os conteúdos de cobalto no primeiro corte não houve significância para nenhum dos fatores estudados.

O desdobramento da interação calagem x micronutrientes revelou efeito significativo e positivo da aplicação de micronutrientes sobre os teores de cobalto na parte aérea do capim colônia no segundo, terceiro e quarto cortes, tanto na presença como na ausência da calagem (Tabela 51).

Os conteúdos de cobalto, obtidos no terceiro e quarto cortes, na ausência de aplicação de micronutrientes, foram bastante baixos, encontrando-se abaixo do limiar

de carência descrita por JARDIM et alii (1962) que é de 0,05 ppm de Co. Com a utilização de micronutrientes (incluindo o cobalto) como era esperado houve significativos incrementos nos conteúdos de Co. Porém já do terceiro corte em diante os conteúdos de cobalto foram menores mesmo com a adição desse elemento juntamente com os outros micronutrientes. Esse fato pode parcialmente ser explicado pela elevada extração desse micronutriente nos cortes iniciais.

Examinando-se os efeitos da calagem, verificou-se que na ausência de aplicação de micronutrientes a calagem não teve influência significativa sobre os conteúdos de cobalto, porém mediante o emprego de micronutrientes seus efeitos foram significativos. De tal forma que no segundo corte a calagem elevou expressivamente os conteúdos de cobalto, entretanto no terceiro e quarto cortes a calagem proporcionou uma redução nos teores de cobalto (Tabela 51). Esses resultados obtidos no terceiro e quarto cortes vem corroborar com os encontrados por MITCHELL (1962) que também observou reduções nos conteúdos de cobalto mediante a aplicação da calagem. Esse fato é decorrente da diminuição da disponibilidade do cobalto devido as elevações do pH pela calagem.

Os conteúdos de cobalto no capim colônia, em função da aplicação da calagem e de micronutrientes, variaram entre 0,01 a 1,67 ppm. Conforme pode ser observado na Tabela 51, os menores teores de cobalto foram encontrados a partir do segundo corte na ausência de aplicação de micronutrientes. Com conteúdos de cobalto inferiores a 0,07 ppm, o colônia é considerado deficiente (PEREIRA, 1971). JARDIM et alii (1962), PEREIRA et alii (1971) e GALLO et alii (1974) também obtiveram baixos conteúdos de cobalto em pastagens na



turais de capim colônia. A adição de cobalto chegou a incrementar seus conteúdos no segundo corte a valores superiores aos descritos por KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1984).

Também foi significativa a interação fósforo x calagem para os dados do segundo e do quarto cortes. Desdobrando-se essa interação observou-se que no segundo corte, a calagem teve efeito significativo aumentando os conteúdos de cobalto nos níveis de fósforo de 20 e 200 ppm. Entretanto no quarto corte, apenas no nível mais baixo de fósforo (20 ppm) a não aplicação de calagem correspondeu maiores teores de cobalto, enquanto que nos níveis mais elevados de adubação fosfatada a calagem não teve efeito significativos (Tabela 49). Por outro lado a adubação fosfatada mostrou na ausência ou na presença de calagem efeitos quadráticos no segundo e no quarto cortes (Tabela 48).

O desdobramento da interação fósforo x micronutriente evidenciou que a adubação fosfatada não tem efeito significativo na ausência de aplicação de micronutrientes nem no segundo nem no quarto corte. Na presença de micronutrientes, a adubação fosfatada mostrou efeito quadrático sobre os conteúdos de cobalto conforme mostram os resultados das análises de regressão apresentados nas Tabelas 50 e equações de regressão Tabela 48. A aplicação de micronutrientes, incluindo o cobalto, proporcionou expressivas elevações sobre os conteúdos de cobalto na matéria seca da parte aérea do capim colônia no segundo e quarto cortes em todos os níveis de adubação fosfatada.

A correlação simples entre os teores de cobalto na matéria seca do capim colônia nos quatro cortes com as produções de matéria seca não foi significativa.

#### 4.3.2. Soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa)

##### 4.3.2.1. Teores de Nutrientes

Os teores de macronutrientes na parte aérea da soja perene em dois cortes são apresentados na Tabela 53.

A análise de variância (Tabela 52) revelou efeito significativo da calagem (ambos cortes) e da interação calagem x cobalto no primeiro corte sobre os teores de nitrogênio.

As porcentagens de nitrogênio, na presença de calagem, foram superiores as encontradas por SOUTO & DÜBEREINER (1969) que obtiveram de 2,04 a 2,25% ou aos 2,18% obtidos por JONES et alii (1970). A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da planta, por ocasião do primeiro corte (Tabela 53) mostrou sensível redução com a aplicação de níveis de calagem. Essa redução foi simultânea a aumentos na produção de matéria seca da parte aérea, portanto a redução nos teores de nitrogênio possivelmente se deve a diluição do elemento na planta.

Já no segundo corte pode-se observar que a calagem resultou em acréscimos lineares e significativos (Tabelas 54 e 55) nos teores de nitrogênio da parte aérea no segundo corte. Esse resultado corrobora com os obtidos por TEITZEL & BRUCE (1973) e SOARES & VARGAS (1974). Os valores percentuais desse elemento na parte aérea, mesmo com os aumentos na produção de matéria seca, foram mais altos nos níveis mais elevados de calagem. Aumentos similares, devido à calagem, foram constatados com soja perene por JONES et alii (1970) e por FRANÇA et alii (1973).

O desdobramento da interação calagem x cobalto evidenciou que a calagem só teve efeito significativo na ausência de aplicação de cobalto, reduzindo linearmente as porcentagens de nitrogênio (Tabelas 52 e 55) principalmente devido ao efeito de diluição verificado devido ao maior crescimento com a aplicação de níveis de calagem. A aplicação de cobalto teve efeito significativo e depressivo sobre os teores de nitrogênio na matéria seca da parte aérea apenas na ausência de aplicação de calcário. Trabalhos realizados por MITCHELL (1962) e por MCKENZIE (1975), evidenciaram que, quanto menor os valores do pH, maior a disponibilidade do cobalto, no solo. Dessa maneira o cobalto adicionado mais o originário do solo, mediante a não utilização da calagem, foi suficiente para reduzir os teores de nitrogênio na parte aérea da soja perene (Tabela 55).

TAYLOR & MCKENZIE (1966) constataram que cerca de 80% do Co total no solo encontra-se associado aos óxidos de Mn, que no solo estudado apresentam alta disponibilidade, confirmado pelos elevados teores de Mn encontrados na parte aérea da soja perene na ausência de calagem. Mediante a utilização de níveis de calagem e, consequentes reduções nas disponibilidades do cobalto, os efeitos da utilização do cobalto foram não significativos, embora mostrassem tendência de elevar os conteúdos de N na parte aérea da soja perene (Tabela 55).

Na Tabela 52 e 53 pode-se observar os efeitos dos tratamentos sobre os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. A calagem teve efeito significativo sobre os teores de potássio, cálcio e magnésio, em ambos cortes, e sobre os teores de enxofre no segundo corte. As inte-

rações calagem x cobalto também mostraram-se significativas em relação aos conteúdos de enxofre no primeiro corte. As demais interações, bem como as aplicações de molibdênio e de cobalto não demonstraram significância sobre as concentrações desses macronutrientes. De um modo geral, verificou-se que as concentrações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre estão dentro dos valores normalmente reportados na literatura (FRANÇA et alii, 1973; WERNER et alii, 1975a).

As concentrações de fósforo não foram afetadas com os diferentes tratamentos, sendo de um modo geral superiores as obtidas por MONTEIRO (1980) para essa leguminosa forrageira.

As concentrações de potássio na soja perene de cresceram significativamente, em ambos os cortes, em função da calagem (Tabela 53), reduções nos teores de potássio devido à calagem são relatados por MIRANDA (1979). Esses decréscimos nos teores de potássio seriam resultado de uma diluição desse nutriente no interior da planta em consequência dos aumentos de produção de matéria seca com a aplicação da calagem.

O teor de cálcio na parte aérea da soja perene cultivada na ausência de calagem, no segundo corte, apresentou um efeito de concentração do elemento. Quando se considera os teores nas plantas cultivadas em presença de calagem, verifica-se que houve decréscimos significativos e lineares (Tabela 53) no segundo corte. Não é comum observar-se esse tipo de redução, porém sendo ela de baixa magnitude, enquanto que os aumentos na produção de matéria seca foram muito mais expressivos, a quantidade de cálcio absorvida, certamente, foi maior com a elevação da calagem.

Os teores de magnésio na parte aérea da soja perene no primeiro corte sofreram acréscimos significativos e lineares, enquanto que no segundo corte mostrou variações quadrática em relação à calagem.

Na Tabela 54 pode ser observado as equações de regressão para as variações nos teores de potássio, cálcio, magnésio e enxofre em função dos níveis de calagem.

O emprego de níveis de calagem resultou em reduções nos teores de enxofre revelando comportamento quadrático no primeiro corte, e linear no segundo corte (Tabelas 52 e 53). O desdobramento da interação calagem x cobalto evidenciou que, na ausência da calagem, a aplicação de cobalto resultou em maiores teores de enxofre na parte aérea do primeiro corte da soja perene, entretanto mediante o emprego de calcário a utilização ou não de cobalto não afetou significativamente os teores de enxofre (Tabela 55). Por outro lado, na ausência de cobalto, a calagem não alterou os teores de enxofre. Porém, com o emprego de cobalto, a calagem diminuiu quadraticamente os teores de enxofre (Tabela 17).

Os teores de boro e ferro (no segundo corte), cobre (no primeiro corte), manganês e zinco (em ambos cortes) na soja perene mostraram significativos decréscimos com a elevação das doses de calcário (Tabelas 56 e 57). Esses resultados concordam com o relatado por LINDSAY (1972) em relação a diminuição da disponibilidade desses micronutrientes pela calagem, e também com os resultados obtidos por JONES et alii (1970) e MIRANDA (1979).

Com relação aos teores de manganês na soja perene cultivada em ausência de calagem, verificaram-se concentrações em torno de 550 ppm de manganês. De acordo com Andrew, citado por JONES & FREITAS (1970) uma concentração maior que 450 ppm de manganês na soja perene deve resultar em toxidez do elemento à planta. Realmente, cerca de 15 dias após a germinação das plantas, as primeiras folhas das plântulas de soja perene mostraram clorose nos seus bordos, na ausência da calagem. Essa clorose foi se acentuando, tornando-se bem nítida nos bordos e avançando entre as nervuras. Concomitantemente surgiram pontos necróticos nas áreas cloróticas, e as plantas na ausência de calagem, aproximadamente 30 dias após a sementeira já apresentavam desenvolvimento bem menor que nos vasos com calagem. Esses sintomas são idênticos aos apresentados por SOUTO & DÜBEREINER (1969), WERNER et alii (1975a) e MONTEIRO (1980) para a toxidez de manganês em soja perene.

De acordo com MALAVOLTA et alii (1989) os teores de cobre, ferro e zinco são considerados adequados para o cultivo da soja perene, enquanto que os teores de boro e de manganês (na ausência ou no nível 1 de calagem) são considerados altos.

Na Tabela 54 são apresentadas as equações de regressão que evidenciam decréscimos lineares para os teores de boro (2º corte), cobre (1º corte) e zinco (1º corte) com a aplicação de níveis de calagem, enquanto que sobre os conteúdos de manganês (ambos cortes) e zinco (2º corte) as reduções decorrentes da aplicação de calcário obedeceram efeitos quadráticos.

A interação calagem x cobalto, sobre os teores

de ferro (2º corte), mostrou-se significativa (Tabelas 55 e 56). Na ausência de calagem, a aplicação de cobalto resultou em teores mais elevados de ferro, porém mediante a prática da calagem o emprego de cobalto não afetou significativamente os conteúdos de ferro na parte aérea da soja perene. Por outro lado, os conteúdos de ferro, tanto na presença como na ausência de aplicação de cobalto diminuíram com a aplicação de níveis de calagem, obedecendo efeitos lineares (na presença de cobalto) e quadráticos (na ausência de cobalto).

#### 4.3.3. Soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd)

##### 4.3.3.1. Teores de Nutrientes

A análise de variância (Tabela 58) para os teores de macronutrientes na parte aérea da soja perene, cultivada no solo LVd, resultou em efeitos significativos da calagem sobre os conteúdos de N, K, Ca, Mg e S (em ambos cortes) e P (no primeiro corte) enquanto que o emprego de Mo e de Co e as demais interações não mostraram efeitos significativos.

Os teores destes macronutrientes na parte aérea da soja perene são apresentados na Tabela LVIII.

Os teores de nitrogênio (2,72% N) no primeiro corte, na ausência de calagem foram mais elevados provavelmente devido ao efeito de concentração desse nutriente, uma vez que a produção de matéria seca da leguminosa foi significativamente menor nesse tratamento. Com a elevação dos níveis de calagem as produções de matéria seca foram aumenta-

dos, resultando em reduções nos teores de nitrogênio possivelmente devido a diluição do elemento na planta.

No segundo corte, a aplicação da dose mais elevada de calcário incrementou significativamente a concentração de N na parte aérea da soja perene (Tabela 58). Esse aumento parece estar associado a maior fixação de N. Respostas à calagem por leguminosas tropicais estimulando a fixação de N também foram observados por MUNNS et alii (1977).

Os conteúdos de fósforo (primeiro corte), potássio e enxofre (em ambos cortes) foram mais elevados na ausência da calagem. Com o emprego dos níveis de calagem os teores desses nutrientes diminuíram. Diminuição na porcentagem de fósforo em soja perene, quando comparado o tratamento sem calagem e sem calcário com o tratamento completo foi observado por MIRANDA (1979), enquanto diminuições nos teores de potássio devido à calagem são relatados por JONES & FREITAS (1970) e MIRANDA (1979). Tais reduções seriam resultantes de uma diluição dos nutrientes no interior da planta.

Os teores de cálcio na parte aérea da soja perene no primeiro corte foram crescentes com a elevação do nível de calagem. Já no segundo corte para a soja perene cultivada em ausência de calagem ou no nível 1 de calagem (Tabela 58) mostrou um efeito de concentração do elemento. Resultados semelhantes foram descritos por FRANÇA et alii (1973) e MIRANDA (1979).

A porcentagem de magnésio na soja perene sofreu acréscimos significativos com a calagem, sendo lineares no primeiro corte e quadrático no segundo corte. Tais acréscimos são esperados uma vez que o calcário calcinado utilizado é fonte de Mg para essa leguminosa.



Os teores de enxofre na parte aérea de soja perene foram mais elevados no nível 0 de calagem, provavelmente devido ao efeito de concentração desse elemento pois a produção de matéria seca dessa leguminosa foi significativamente menor nesse tratamento.

De um modo geral pode-se verificar que as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S estão dentro dos valores normalmente apresentados na literatura (JONES & FREITAS, 1970 e WERNER et alii, 1975a).

Os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco nos materiais colhidos da soja perene (Tabela 59) sofreram significativos decréscimos com as doses de calagem empregadas (Tabela 60). Esses decréscimos são devido a redução na disponibilidade desses micronutrientes pela calagem, conforme descrito por LINDSAY (1972).

Na ausência de calagem os teores de boro, manganês e zinco (em ambos cortes) e ferro no segundo corte são considerados altos (Tabela 59). Os teores de manganês, no primeiro e no segundo cortes chegaram, respectivamente a 677 e 868 ppm no nível 0 de calagem. Segundo ANDREW & HEGARTY (1969) concentração de manganês superior a 560 ppm em soja perene deve resultar em toxidez do elemento à planta.

Realmente, durante a condução do experimento, verificou-se, no estágio inicial de crescimento e no crescimento da rebrota, uma clorose nítida nos bordos e nervuras das primeiras folhas, surgindo concomitantemente manchas necróticas. Sintomas semelhantes aos descritos por MONTEIRO (1980) e por outros pesquisadores para essa leguminosa forrageira como toxidez de manganês.

A aplicação do nível 1 de calagem (0,43 t de calcário por hectare) resultou em diminuições nos teores de manganês abaixo dos níveis estabelecidos como tóxicos nos trabalhos de ANDREW & HEGARTY (1969). Embora nesse nível de calagem esses conteúdos se mantiveram relativamente altos. No tratamento que recebeu a maior dose de calcário (1,60 t de calcário por hectare) os teores de manganês estiveram entre 80 e 120 ppm (Tabela 59).

SOUTO & DÖBEREINER (1969) relataram que a toxicidade de manganês afetaria mais o desenvolvimento da nodulação que o da planta em si. A correlação dos dados dos teores de manganês no primeiro e no segundo cortes da soja perene com o peso de nódulos mostrou-se significativa e negativa tanto no primeiro corte ( $r = -0,92^{**}$ ) como no segundo corte ( $r = -0,94^{**}$ ). Ressalta-se também que o excesso de manganês reduziu as produções de matéria seca dessa leguminosa (Tabela 19).

De acordo com JACKSON (1967) é difícil a separação entre os fatores que afetam o crescimento e/ou a nodulação, entretanto diante dos dados obtidos nota-se que a calagem agiu beneficemente eliminando a toxicidade de manganês.

Na Tabela 21 pode-se observar as equações de regressão representativas dos efeitos da calagem sobre os teores de macronutrientes e de micronutrientes.

Verificou-se, no primeiro corte, que a aplicação de cobalto correspondeu a teores de Mn de 338 ppm, significativamente inferiores aos obtidos com a não aplicação de cobalto 364 ppm de Mn. Entre as prováveis explicações para esses fatos, a literatura relata que há um antagonismo entre Co e Mn, resultante das condições de acidez do solo,

geralmente baseado numa troca do  $\text{Co}^{2+}$  com  $\text{Mn}^{2+}$  em pH baixo. No solo a adsorção do Co pelos óxidos de manganês aumenta grandemente com o pH, reduzindo evidentemente os efeitos antagonísticos com a calagem (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984).

#### 4.3.4. Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa)

##### 4.3.4.1. Teores de Nutrientes

Na Tabela 61 são apresentados os resultados da análise de variância para os efeitos da calagem, molibdênio, cobalto e interação entre esses fatores sobre os conteúdos dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea da centrosema cultivada no solo LEa. Observou-se que a calagem alterou significativamente os teores de nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre da centrosema. A porcentagem de nitrogênio sofreu aumentos significativos, como resultado da aplicação de doses de calcário, sendo linear no primeiro corte e quadrático no segundo corte (Tabela 62). Esses resultados foram similares aos obtidos por SOARES & VARGAS (1974) e WERNER & MATTOS (1972). Essa resposta à calagem pela centrosema evidencia um estímulo a fixação de  $\text{N}_2$ , como mostram os aumentos na produção de matéria seca da parte aérea e nos teores de N (Tabelas 22 e 62).

A utilização do molibdênio resultou em efeitos positivos, elevando os conteúdos de nitrogênio na parte aérea do segundo corte da centrosema. Tais efeitos são decorrentes do papel do Mo no processo de fixação.

Os conteúdos de nitrogênio na parte aérea (Ta-

bela 62) são superiores aos encontrados por MONTEIRO (1980) e estão na mesma faixa verificada por WERNER & MATTOS (1972).

Os teores de cálcio e magnésio, em ambos cortes, foram aumentados a medida que se elevou o nível de calagem (Tabela 62). Aumentos nessas variáveis têm sido constatados por WERNER & MATTOS (1972), JONES & FREITAS (1970) mediante a aplicação de calcário.

Os teores de cálcio e de magnésio na parte aérea da centrosema, no material colhido no segundo corte, foram expressivamente inferiores aos obtidos no primeiro corte, para os mesmos níveis de calagem. Esses resultados evidenciam que o cultivo contínuo dessa leguminosa forrageira nesse solo, possivelmente, seriam acompanhados por limitações nutricionais tanto para o crescimento como para fixação simbiótica de nitrogênio.

Os conteúdos de enxofre, no primeiro corte, aumentaram linearmente com a calagem. Possivelmente, o uso do calcário tenha favorecido a mineralização do enxofre orgânico e, com o aumento do pH pode ter ocorrido uma liberação, do  $SO_4^{-2}$  adsorvido aos colóides do solo. Os teores de enxofre obtidos na parte aérea da centrosema estão numa faixa de valores semelhantes aos obtidos por GALLO et alii (1974) e JONES & QUAGLIATO (1970).

Ao se analisar os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea da centrosema, verificou-se que a calagem influenciou significativamente sobre os teores desses micronutrientes, com exceção aos teores de cobre no primeiro corte e ferro em ambos cortes (Tabela 63). Foi também significativa a interação calagem x molibdênio sobre os teores de zinco no primeiro corte.

A aplicação de calcário diminuiu os teores de boro e ferro (segundo corte), cobre (primeiro corte), manganês e zinco (ambos cortes) na parte aérea da centrosema cultivada no solo LEa, conforme mostram os dados apresentados na Tabela 64. As equações de regressão representativas das variações dos teores desses nutrientes em função da calagem podem ser observadas na Tabela 24. A literatura relata redução na disponibilidade desses micronutrientes com a calagem (LINDSAY, 1972 e JONES et alii, 1970). As concentrações de boro, cobre, ferro e zinco na parte aérea da centrosema são consideradas não limitantes ao desenvolvimento da centrosema e estão dentro da faixa encontrada por MONTEIRO (1980) para essa leguminosa.

O desdobramento da interação calagem x molibdênio revelou, para os teores de zinco no primeiro corte, que, apenas na ausência de calagem, a aplicação de molibdênio respondeu teores mais elevados de zinco que a não aplicação de Mo. Na literatura disponível não foi encontrada explicação aparente para esse fato. A calagem, na presença ou não de molibdênio, diminuiu linearmente os teores de zinco na parte aérea da centrosema (Tabela 64 e 65), devido a redução na disponibilidade desse nutriente.

#### 4.3.5. Centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd)

##### 4.3.5.1. Teores de Nutrientes

Na Tabela 66 são apresentados os dados da análise de variância para os teores de macronutrientes em centrosema cultivada no solo LVd. A calagem teve efeito signi-

ficativo sobre os conteúdos de nitrogênio, magnésio, enxofre, em ambos cortes e sobre os teores de cálcio no primeiro corte (Tabela 67). A interação calagem x molibdênio mostrou efeito significativo sobre os conteúdos de N na parte aérea da centrosema no segundo corte.

Os conteúdos de nitrogênio na parte aérea da centrosema, de um modo geral foram mais baixos na ausência da calagem, sendo incrementada com a aplicação de calcário. No segundo corte, observaram-se conteúdos de N na parte aérea da centrosema superiores aos encontrados no primeiro corte (Tabela 67).

O desdobramento da interação calagem x molibdênio revelou que o emprego do molibdênio incrementou os teores de N, tanto na ausência como no nível 1 de calagem, porém não teve efeito significativo no nível 2 de calagem (Tabela 68). Sem a utilização de molibdênio a calagem teve efeito quadrático sobre os teores de N, enquanto que na presença de molibdênio os incrementos foram lineares e positivos. É sabido que entre outros fatores a disponibilidade do molibdênio no solo depende do seu nível de acidez. Dessa maneira, o emprego do nível 2 de calcário, melhorando a disponibilidade desse micronutriente no solo, proporcionou condições satisfatórias para que a centrosema acumulasse N na parte aérea de maneira similar, tanto na presença como na ausência de molibdênio.

Efeitos benéficos do molibdênio na porcentagem de nitrogênio são resultantes da participação desse micronutriente no processo de fixação biológica, conforme descrito por ANDERSON (1956a) e ANDREW (1962). De acordo com NICHOLAS (1975) o molibdênio participa ativamente como componen-

te da nitrogenase, enzima responsável pela fixação biológica do  $N_2$ . Ocorrendo limitações no suprimento de Mo haverá uma redução na síntese da enzima, refletindo-se em menor atividade e conseqüentemente, numa diminuição da fixação biológica de  $N_2$ .

Desdobrando-se a interação calagem x cobalto observa-se aumentos lineares e positivos sobre os teores de nitrogênio, devido a calagem tanto na presença como na ausência de cobalto. Verificou-se que o emprego de cobalto, na ausência da calagem, resultou em menores teores de nitrogênio na parte aérea da centrosema, no segundo corte, porém em presença da calagem a aplicação de cobalto não teve efeito significativo sobre os conteúdos de nitrogênio (Tabela 68). Na Tabela 69 são apresentadas as equações de regressão correspondentes aos efeitos lineares e positivos da calagem, na presença não de aplicação de cobalto, sobre os teores de nitrogênio.

Os teores de cálcio (primeiro corte), magnésio e enxofre (ambos cortes) foram significativamente afetados pela aplicação de calcário (Tabelas 66 e 67). Aumentos nos conteúdos de cálcio (primeiro corte) da centrosema mediante a calagem também foram verificados por ANDREW & NORRIS (1961) e WERNER & MATTOS (1972). Também, os teores de magnésio em ambos cortes sofreram acréscimos com a calagem, resultados esses similares aos encontrados por JONES & FREITAS (1970). Esses aumentos são esperados pois o calcário é fonte de Ca e de Mg.

Com relação aos conteúdos de enxofre observou-se no primeiro corte, aumentos devido a aplicação de calcário. Tais incrementos, possivelmente tenham sido decorrentes

da mineralização do enxofre orgânico. Já, no segundo corte, a aplicação de níveis de calcário resultou em diminuições sobre os teores de enxofre que obedeceram efeitos quadráticos, tais reduções podem ser atribuídas aos efeitos de diluição em virtude do maior crescimento mediante a aplicação de calcário. A Tabela 27 mostra as equações de regressão para os níveis de calagem sobre os conteúdos de Ca, Mg e S.

A aplicação de cobalto resultou em maiores teores de cálcio (segundo corte) na parte aérea da centrosema. Na literatura consultada esse fato não foi mencionado.

Sobre os conteúdos de fósforo e de potássio em ambos cortes, não foram observadas influências significativas da calagem, das aplicações de molibdênio, e de cobalto e nem das interações.

Os resultados das análises de variâncias e os teores médios de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em centrosema cultivada no solo LVd, com a elevação das doses de calcário são apresentados nas Tabelas 70 e 71.

Os teores de cobre (primeiro corte), manganês e de zinco (ambos cortes) mostraram decréscimos com a elevação das doses de calcário, tais resultados são similares aos obtidos por JONES et alii (1970) e concordam com o relatado por LINDSAY (1972) que as disponibilidades desses elementos são diminuídas com o emprego do calcário em solos ácidos.

Os teores de manganês na ausência de calagem estiveram acima de 500 ppm (Tabela 71). DÖBEREINER & ARONOVICH (1966) mencionam toxidez desse elemento em centrosema quando os teores situam-se ligeiramente acima de 300 ppm. Andrew, citado por JONES & FREITAS (1970) apresenta como nível crítico para toxidez de manganês uma concentração de 730 ppm.



do elemento. Embora, no presente experimento, aparentemente não se notou qualquer sintoma de toxidez de manganês, supõe-se que o alto teor observado esteja relacionado aos efeitos prejudiciais a nodulação e fixação biológica do N<sub>2</sub> conforme pode ser observado nas Tabelas 26, 67 e 71.

Os teores de boro na parte aérea (Tabela 71) foi significativamente mais elevado nos níveis 1 e 2 de calagem, resultando em efeito quadrático no primeiro corte e linear no segundo corte.

Os teores de cobre e de ferro na parte aérea da centrosema, no segundo corte, não variaram significativamente com os níveis da calagem empregados. Porém, no primeiro corte, a calagem incrementou linearmente os conteúdos de ferro, possivelmente por diminuir a disponibilidade do Mn que inibe competitivamente a absorção de ferro.

#### 4.3.6. Galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa)

##### 4.3.6.1. Teores de Nutrientes

As porcentagens de nitrogênio, potássio e magnésio, em ambos cortes, e de cálcio (no segundo corte) e enxofre (no primeiro corte) foram significativamente afetadas pela calagem (Tabelas 72 e 73). Porém os teores de fósforo (ambos cortes), cálcio (segundo corte) e enxofre (primeiro corte) não variaram com as doses de calcário empregadas.

A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da galactia, no primeiro corte, mostrou redução no seu valor do nível 0 para o nível 1 de calagem, entretanto esses valores no nível 3 de calagem voltaram a aumentar. Tais valores es-

tão acima de 1,89% de N obtido com essa forrageira cultivada em adubação completa por MIRANDA (1979). Já no segundo corte, os teores de N foram linearmente incrementados com a calagem e, de um modo geral foram inferiores aos do primeiro corte, situando-se abaixo dos valores verificados por MIRANDA (1979).

A baixa nodulação pode explicar parcialmente os baixos teores de N obtidos com a galactia no segundo corte. No primeiro corte, utilizando parte de suas necessidades de N do solo a galactia não teve restrições de crescimento em termos de produção de matéria seca, entretanto, no segundo corte, diminuídas as reservas de N do solo e com a baixa nodulação (possivelmente inibida pelo N da matéria orgânica, matéria orgânica = 3,0%, ou ainda ineficiência das estirpes nodulantes), houve restrições na fixação biológica do N com reduções no crescimento da galactia. Possivelmente, as quantidades de N orgânico mineralizadas foram insuficientes para suprir as necessidades da galactia, porém foram capazes de inibir o processo de fixação biológica de N.

As porcentagens de cálcio (no primeiro corte) e magnésio (em ambos cortes) aumentaram significativamente com a elevação nos níveis de calagem. Incrementos nos teores desses macronutrientes, com a aplicação de calcário, são descritos na literatura, para essa leguminosa forrageira (JONES & FREITAS, 1970; FRANÇA et alii, 1973 e MONTEIRO, 1980). Para os teores de cálcio no primeiro corte, o desdobramento da interação calagem x molibdênio evidenciou que, no nível 2 de calagem, a aplicação de molibdênio resultou em teores mais elevados de cálcio. Enquanto que os níveis de calagem proporcionaram, apenas com a utilização de molibdênio, incre

mentos lineares e significativos sobre os teores de cálcio no primeiro corte (Tabelas 73 e 74).

Os conteúdos de potássio, de um modo geral foram diminuídos com a aplicação da calagem. No segundo corte, tais reduções podem ser atribuídas a efeitos de diluição em virtude do maior crescimento com a aplicação da calagem e ou antagonismo cálcio com potássio (Tabela 73).

Os teores de enxofre na parte aérea da galactia no segundo corte mostraram redução quadrática com as doses de calcário (Tabela 73). Tais reduções podem ser atribuídas a efeitos de diluição em virtude do maior crescimento da galactia com aplicação dos níveis de calcário. Considerando que aproximadamente 0,20% de S na matéria seca (MALAVOLTA, 1989) seria uma concentração adequada para o crescimento da galactia, observa-se, pelos teores encontrados no segundo corte, que provavelmente não houve restrições em termos de nutrição com enxofre.

Para os conteúdos dos micronutrientes, as análises de variância não demonstraram variações significativas da calagem, da aplicação de molibdênio, cobalto ou das interações sobre os teores de boro ou de ferro (Tabela 75). Os teores médios de ferro são considerados adequados para o crescimento da galactia. Já, os teores de boro situaram-se acima dos considerados adequados, entretanto aparentemente não foi observado sintomas de toxidez desse micronutriente (Tabela 76).

As concentrações de cobre no primeiro corte, manganês e zinco, em ambos cortes, diminuíram significativamente com os níveis de calagem (Tabela 76). Essas reduções obedeceram efeito quadrático para o manganês (primeiro corte)

e zinco (segundo corte) e linear para o cobre (primeiro corte) e manganês (segundo corte). As equações de regressão representativas dessas reduções nos teores desses micronutrientes com a calagem são apresentados na Tabela 30. Reduções nos teores de zinco e manganês, com a aplicação de calcário, são descritas em galactia por MIRANDA (1979) e em outras leguminosas por WERNER & MATTOS (1972).

Os teores de zinco acima de 20 ppm e de cobre entre 5 e 8 ppm obtidos para a galactia cultivada nesse solo, são considerados adequados para essa leguminosa.

Com relação aos teores de zinco na galactia no primeiro corte, verificou-se que a interação calagem x cobalto foi significativa. O desdobramento dessa interação revelou que, na presença dos níveis 1 e 2 de calagem, o emprego do cobalto resultou em conteúdos mais elevados de zinco. Porém, na ausência de calagem, os teores de zinco na galactia não variaram com o uso do cobalto na adubação. Notou-se que, na ausência de cobalto, os teores de zinco diminuíram com a calagem, quadraticamente e em maior magnitude que na presença de cobalto, quando as reduções nos teores desse micronutriente foram lineares (Tabela 77). Na literatura consultada não foi encontrado nenhum relato para tal fato.

Pode-se admitir que a calagem tenha diminuído mais a disponibilidade do Zn que a de Co o que permitiria maior competição do último com o primeiro cujo teor, então, cairia.

Os teores de manganês na parte aérea da galactia, em ausência de calagem em ambos cortes, estiveram acima de 570 ppm. Outros autores MIRANDA (1979) e MONTEIRO (1980) também obtiveram valores superiores a 570 ppm de

manganês na parte aérea da galactia cultivada sem a aplicação de calcário. Aparentemente, não foram evidenciados sintomas de toxidez de manganês na parte aérea dessa leguminosa. Porém, a galactia mostrou-se sensível ao manganês, apresentando menores produções de matéria seca, quantidades totais de nitrogênio e mais baixos peso seco de nódulos no nível 0 de calagem. O excesso de manganês parece prejudicar mais à simbiose Rhizobium - leguminosa do que a produção de matéria seca. De fato a correlação simples entre os teores de manganês e o peso seco dos nódulos ( $r = -0,92^{**}$ ) foi mais elevada que a do teor desse micronutriente com a produção de matéria seca da parte aérea da galactia ( $r = -0,58^{**}$ ). Resultados semelhantes foram obtidos por FRANCO & DÖBEREINER (1971) trabalhando com centrosema.

#### 4.3.7. Galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd)

##### 4.3.7.1. Teores de Nutrientes

Na Tabela 78 são mostrados os resultados da análise de variância para os efeitos da calagem, molibdênio, cobalto e interações sobre os conteúdos dos macronutrientes em galactia cultivada no solo LVd. Verificou-se que a calagem influenciou significativamente sobre os conteúdos de todos os macronutrientes, com exceção aos teores de fósforo no primeiro corte. Foram, também, significativos os efeitos do molibdênio sobre os teores de nitrogênio e enxofre na matéria seca do segundo corte. Com relação aos conteúdos de macronutrientes observou-se que a interação calagem x molibdênio para os teores de nitrogênio mostrou-se significativa. A

aplicação de cobalto e as demais interações não mostraram efeitos significativos sobre os teores dos outros macronutrientes.

A porcentagem de nitrogênio no primeiro corte, da parte aérea da galactia do nível 0 para o nível 1 de calagem mostrou redução no seu valor; entretanto, tornou a aumentar, atingindo o máximo no nível 2 de calcário (proposto para elevação do índice de saturação em bases para 70%). Já, no segundo corte, o teor de nitrogênio em qualquer nível de calagem estava acima do valor 1,89% considerada por MIRANDA (1979) como indicador de um estado nutricional adequado para galactia.

Para os conteúdos de nitrogênio no segundo corte a interação calagem x molibdênio foi significativa. O desdobramento dessa interação mostrou que a aplicação de molibdênio incrementou as concentrações de nitrogênio tanto na ausência como no nível 1 de calagem, porém não teve efeito significativo no nível 2 de calagem. Possivelmente, o emprego do nível 2 de calagem melhorou a disponibilidade do molibdênio do solo de modo que nessa condição não houve resposta a aplicação de molibdênio (Tabela 80).

Com a aplicação de níveis de calagem (x) e sem a utilização de molibdênio, os teores de nitrogênio (y) incrementaram linearmente de acordo com a seguinte equação de regressão  $\hat{y} = 1,81 + 0,011x$ . Na presença de molibdênio, os aumentos nos conteúdos de N com a calagem obedeceram efeitos quadráticos, representados pela equação  $\hat{y} = 2,30 + 0,027x - 0,00033x^2$ .

Os teores de fósforo na parte aérea da galactia, no primeiro corte (Tabela 79) praticamente não variaram

com os níveis de calagem, permanecendo em torno de 0,20%. Reduções lineares nessa variável foram constatadas no segundo corte. Os maiores teores de fósforo foram obtidos na ausência de calagem. Esse teor mais alto de fósforo coincide com o menor desenvolvimento da galactia, desse modo é possível a ocorrência de um efeito de diluição do elemento no interior da planta com o maior crescimento. MIRANDA (1979) e MONTEIRO (1980) também observaram teores de fósforo significativamente mais elevado em galactia, com a omissão da calagem mais cálcio num solo Podzólico Vermelho Amarelo.

Os teores de potássio na galactia, tanto no primeiro como no segundo cortes apresentaram um comportamento quadrático em função dos níveis de calagem. No primeiro corte, as mais altas porcentagens desse elemento estiveram nos níveis 0 e nível 2 de calagem. Essa queda nos teores de potássio no nível intermediário de calagem, também tem sido apontada em outros trabalhos com leguminosas (JONES & FREITAS, 1970; MONTEIRO, 1980). Já no segundo corte, houve reduções nos teores de potássio com a aplicação dos níveis de calagem. Teores mais elevados de potássio foram encontrados no tratamento sem calagem. EPSTEIN (1975) relata que há um antagonismo entre o cálcio e o magnésio com o potássio que explicaria as diminuições do potássio com a calagem. EVANS (1961) e DJKSHOORN et alii (1974) afirmaram que o potássio e magnésio competem pelos mesmos sítios de absorção. MIRANDA (1979) também observou em folhas de galactia uma correlação negativa entre o teor de magnésio e de potássio. Confrontando os resultados obtidos com a literatura, observa-se concordância com os diversos autores.

Com o emprego de níveis de calagem, os teores de cálcio e magnésio, tanto no primeiro como no segundo corte, aumentaram significativamente. Tal fato é esperado pois o calcário é fonte de cálcio e magnésio para a leguminosa. Esses acréscimos foram lineares para os conteúdos de cálcio e quadráticos para os de magnésio, cujas equações de regressão são mostradas na Tabela 34.

A concentração de enxofre na parte aérea sofreu diminuição com os níveis de calagem. Mesmo na ausência de calagem foram obtidos altos conteúdos de enxofre, proveniente da fonte de fósforo empregada o superfosfato simples ou do enxofre orgânico do solo. Por outro lado, a aplicação de molibdênio resultou em menores conteúdos de enxofre na parte aérea da galactia no segundo corte. Provavelmente deve ter ocorrido uma inibição competitiva entre o molibdato aplicado com o sulfato, reduzindo a absorção de enxofre. REISENAUER (1963) explica que há entre o enxofre e o molibdênio uma inibição competitiva desses dois ânions de tamanhos semelhantes.

As Tabelas 81 e 82 mostram os resultados das análises de variância para os teores de micronutrientes na parte aérea da galactia. Verificou-se que a calagem afetou significativamente os conteúdos de manganês e zinco em ambos cortes, boro no primeiro corte e cobre no segundo corte. A aplicação de Mo também alterou significativamente os conteúdos de Cu e Zn no segundo corte; enquanto que o uso do Co teve efeito significativo e positivo sobre os teores de Cu no primeiro corte. A interação calagem x cobalto apresentou efeito significativo sobre os teores de Zn no primeiro corte, porém as demais interações para os conteúdos dos outros micronutrientes não apresentaram efeitos significativos.



Os teores de boro na matéria seca dessa legumí-  
nosa, no primeiro corte, mostraram acréscimos com as doses  
de calcário aplicadas, resultando em efeito quadrático da ca-  
lagem (Tabelas 34 e 82). Já, no segundo corte, o teor desse  
micronutriente não variou significativamente com a calagem.  
De um modo geral, os conteúdos de boro na parte aérea da ga-  
lactia podem ser considerados altos, entretanto aparentemen-  
te não chegaram a causar toxidez às plantas.

No segundo corte, os teores de cobre diminuí-  
ram linearmente com a calagem. (Tabelas 34 e 82), em virtude  
da redução na disponibilidade desse micronutriente. Os teo-  
res médios de cobre, na ausência de aplicação de molibdênio  
(8 ppm de Cu) foram mais elevados em comparação com a apli-  
cação de molibdênio (4 ppm de Cu). MaCKAY et alii (1966) tam-  
bém encontraram um antagonismo entre o cobre e o molibdênio,  
semelhante ao observado no presente trabalho.

A aplicação dos níveis de calagem, em <sup>6</sup> ambos  
cortes, corresponderam a decréscimos nos teores de manganês  
e zinco. Reduções desses teores em galactia com a calagem fo-  
ram relatadas por MIRANDA (1979) e MONTEIRO (1980). A aplica-  
ção do calcário provavelmente reduziu a disponibilidade des-  
ses dois micronutrientes (Tabelas 34 e 82).

Com a omissão da calagem, o teor de manganês  
atingiu no primeiro corte valores de 611 ppm. MIRANDA (1979)  
cultivando a galactia em ausência de calagem e de cálcio, ob-  
teve entre 600 e 700 ppm de Mn na matéria seca da parte aé-  
rea. Embora, aparentemente não tenha sido evidenciado sinto-  
mas visuais de toxidez de manganês na ausência da calagem,  
houve limitações no crescimento e na nodulação da galactia.

A interação calagem x cobalto teve efeito significativo sobre os teores de zinco no primeiro corte na matéria seca da parte aérea da galactia. O desdobramento dessa interação revelou que, na ausência da calagem, a aplicação de cobalto diminuiu os conteúdos de zinco (Tabela 83). A disponibilidade tanto do cobalto como do zinco é mais elevada em pH mais ácido. Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam, na ausência de aplicação de calcário, uma provável inibição competitiva entre esses dois micronutrientes. Com a aplicação de calcário, o uso do cobalto não afetou significativamente os teores de zinco na parte aérea da galactia. A utilização de níveis de calagem (x) reduziu linearmente os teores de zinco (y), obedecendo as seguintes equações de regressão: a) sem uso de cobalto  $\hat{y} = 53,5 - 0,49x$  ( $r^2 = -0,99$ ) e b) com o uso de cobalto  $\hat{y} = 47,5 - 0,37x$  ( $r^2 = -0,99$ ).

#### 4.4. Nitrogênio Total Acumulado

##### 4.4.1. Em Soja perene

A análise de variância (Tabela 84) para as quantidades totais de nitrogênio evidenciou efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) para calagem e para a calagem x molibdênio ( $P \leq 0,05$ ).

As quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da soja perene cultivada nos solos LVD e LEa em função dos níveis de calagem são apresentados nas Tabelas 85 e 86. No geral, as quantidades de N total acumuladas na parte aérea da soja perene aumentaram com a calagem.

No solo LVd foi verificado, no primeiro corte, um efeito de diluição nos teores de N em virtude do maior crescimento, sendo nesse corte a elevação das quantidades de nitrogênio decorrentes da maior produção de matéria seca com a aplicação de calagem. Já, no segundo corte, os aumentos quadráticos nas quantidades totais de nitrogênio são decorrentes dos efeitos da calagem incrementando as produções de matéria seca (Tabela 19) e os teores de nitrogênio (Tabela 58) da soja perene.

No solo LEa observou-se efeito significativo da interação calagem x molibdênio no primeiro corte e da calagem em ambos cortes. O desdobramento dessa interação revelou que a calagem, tanto em presença como ausência de molibdênio incrementou significativa e linearmente as quantidades de nitrogênio acumulados na parte aérea da soja perene (Tabela 84).

Por outro lado, a aplicação de Mo, na ausência de calagem não proporcionou incrementos significativos sobre as quantidades totais de N acumuladas. Com o emprego da calagem nos níveis 1 e 2, o uso de Mo mostrou efeito expressivo aumentando as quantidades totais de N da soja perene (primeiro corte) cultivada no solo LEa (Tabela 86). A falta de resposta a esse micronutriente na ausência de calagem permite supor que, nas condições ácidas (pH final 4,1) o molibdênio teria sido adsorvido às partículas do solo (KAMPRATH, 1972), tais como óxidos de ferro e alumínio, conforme descrito por REISENAUER et alii (1962). TRUONG et alii (1972) propõem que a disponibilidade relativamente alta de manganês no solo, pode influenciar a não resposta ao molibdênio. Este fato pode ter ocorrido, conforme descrito nos itens 2.2.1.

A aplicação de níveis crescentes de calcário proporcionaram incrementos na produção de matéria seca, que parecem estar associados à maior fixação de  $N_2$ , conforme indicado pelos teores de N na parte aérea (Tabela 53). Respostas à calagem, devido ao estímulo na fixação de  $N_2$  também foram observadas por FRANÇA et alii (1973b) e por MUNNS et alii (1977).

A calagem produzindo alterações químicas no solo, como por exemplo elevação do pH, maiores disponibilidades de nutrientes (P, Ca, Mg e Mo) teria beneficiado a fixação de  $N_2$ , aumentando a concentração de N e a produção de matéria seca na parte aérea. O pH do solo aumentou no final do experimento de 4,4 para 5,3 no nível  $C_1$  para o  $C_2$ . Essa diferença no pH poderia ter contribuído para incrementar a fixação de  $N_2$  no tratamento  $C_2$ . ANDREW & JOHNSON (1976), estudando o efeito do pH sobre a composição química de um grupo de leguminosas tropicais e temperadas, verificaram que em plantas noduladas o aumento do pH elevou a concentração de N na maioria das espécies. Essa elevação na concentração de N resultou em aumentos no crescimento relativo da soja perene (ANDREW, 1976).

O suprimento de cálcio (calagem ou Ca do superfosfato simples) elevou seus teores de 0,90 para 2,80 m eq/100ml TFSA, porém, mesmo na ausência de calcário, os conteúdos de cálcio na matéria seca da soja perene situaram-se em torno de 1,40%, que possivelmente não se mostraram limitantes para a produção e fixação de nitrogênio da soja perene.

Nas Tabelas 17 e 21 são apresentadas as equações de regressão para as quantidades totais de nitrogênio na parte aérea da soja perene em função dos níveis de calcário.

#### 4.4.2. Em centrosema

Os resultados da análise de variância (Tabela 87) mostraram efeitos significativos da calagem, em ambos cortes e nos dois solos, e da aplicação de molibdênio no solo LEa (ambos cortes) e no solo LVd (no segundo corte) e da interação molibdênio x cobalto (solo LEa, no segundo corte) sobre as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da centrosema.

As quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da centrosema são apresentados na Tabela 88. Observou-se com a aplicação dos níveis crescentes de calcário uma maior acumulação de nitrogênio na parte aérea da centrosema.

Para a centrosema cultivada no solo LEa, as elevações nas quantidades de nitrogênio acumuladas, no primeiro corte, foram decorrentes dos incrementos nos teores de nitrogênio. Já, no segundo corte, tanto as elevações nos teores de nitrogênio (Tabela 62) como os aumentos de produção de matéria seca (Tabela 22) proporcionaram acumulações crescentes de N com os níveis de calagem.

As equações de regressão para as variações nas quantidades totais de nitrogênio em função da aplicação de calcário são apresentadas na Tabela 24. Elevações no nitrogênio total da centrosema em função da calagem, também foram relatadas por ANDREW & NORRIS (1961) e WERNER & MATTOS (1972). Conforme pode ser verificado pelas quantidades totais de nitrogênio na ausência de calagem (Tabela 88), algum fator relacionado com a acidez do solo, tal como excesso de manganês (Tabela 64), deve ter prejudicado a eficiência dos nódulos em fixar o N atmosférico.

A utilização do molibdênio resultou em efeitos positivos, elevando as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da centrosema cultivada no solo LEa em ambos cortes. É sabido que o molibdênio é essencial para fixação simbiótica de N<sub>2</sub>, sendo maiores quantidades necessárias para esse processo que para o metabolismo geral das plantas (ANDERSON, 1956a). Esses resultados positivos, com a aplicação de molibdênio demonstram a importância de sua utilização para a centrosema cultivada nesse solo.

A interação molibdênio x cobalto, para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da centrosema no segundo corte, mostrou-se significativa. O desdobramento dessa interação revelou que a aplicação conjunta de cobalto e molibdênio resultou em maiores acumulações de N do que a aplicação de cada um desses micronutrientes isoladamente (Tabela 89). Tal fato vem corroborar com os trabalhos realizados por AHMED & EVANS (1960) e KLIEWER & EVANS (1963) que demonstraram que a ausência de cobalto prejudicou o acúmulo de N em plantas dependentes da fixação biológica do nitrogênio. Esse fato evidencia que esses dois micronutrientes foram limitantes para a acumulação de N em centrosema cultivada no solo LEa.

No solo LVD, conforme já relatado a calagem incrementou os teores de nitrogênio em ambos cortes (Tabela 67) e as produções de matéria seca (Tabela 26) da centrosema no segundo corte, resultando conseqüentemente em elevações sobre as quantidades totais de N acumuladas. Esses resultados concordam com os obtidos por DÜBEREINER & ARONOVICH (1966), JONES et alii (1970) e MONTEIRO (1980). As mais baixas quantidades totais de nitrogênio em centrosema foram obtidas na ausência de calagem.

A calagem proporcionou no solo LVd, condições favoráveis à maior fixação de N (Tabela 88). Os prováveis efeitos benéficos do emprego do calcário foram a elevação do pH de 3,9 para 5,3, redução do  $H + Al^{+++}$  de 3,4 para 2,0 e. mg/100 ml de TFSA, maior suprimento de  $Ca^{++}$  de 0,9 para 2,1 e. mg/100 ml de TFSA e diminuição do manganês tóxico (Tabela 71). Originalmente o solo LVd continha 2,7% de matéria orgânica, após o cultivo da centrosema os conteúdos de matéria orgânica, em todos os níveis de calagem, baixaram igualmente para 1,9%. Os baixos conteúdos de N na parte aérea da centrosema, no primeiro corte, ou as menores quantidades totais de nitrogênio parecem indicar que o sistema de fixação de N não estava funcionando plenamente no primeiro corte. Possivelmente, o N proveniente de matéria orgânica mineralizada prejudicou inicialmente a fixação biológica. Já, no segundo corte, após a exaustão do nitrogênio mineral, a fixação biológica passou a operar com maior potencialidade.

A aplicação de molibdênio também elevou significativamente as quantidades totais de nitrogênio na parte aérea do segundo corte da centrosema cultivada no solo LVd. Resultados semelhantes foram obtidos por DE POLLI et alii (1976), FANCELLI et alii (1981) e MONTEIRO et alii (1983c) cultivando centrosema em diversos solos. A omissão de molibdênio resultou em diminuições na eficiência de fixação biológica dos N conforme mostraram as menores porcentagens de nitrogênio (Tabela 68).

Na Tabela 27 pode-se observar as equações de regressão para o nitrogênio total, em função dos níveis de calagem, em centrosema cultivada no solo LVd.

#### 4.4.3. Em Galactia

Nas Tabelas 90 e 91 constam os resultados das análises de variância e os dados obtidos para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea de galactia cultivada nos solos LEa e LVd em função dos níveis de calagem.

Constatou-se que a aplicação de calcário resultou em incrementos significativos sobre o nitrogênio total na galactia nos dois solos e em ambos cortes. Elevações nessa variável com a calagem, cultivando essa leguminosa, também foram obtidas por CARVALHO et alii (1988) trabalhando num solo Latossolo Vermelho Amarelo Álico de Minas Gerais.

Conforme pode ser observado na Tabela 91 o emprego da calagem elevou com efeito quadrático as quantidades totais de N no solo LVd em ambos cortes, e, no solo LEa no primeiro corte, porém teve efeitos lineares no solo LEa no segundo corte. As equações de regressão representativas dessas variações são apresentadas nas Tabelas 30 e 34.

Observa-se que, com a calagem, as quantidades totais de N acumuladas no solo LVd no segundo corte foram superiores às encontradas nos níveis equivalentes de calcário no primeiro corte. Essas maiores acumulações de N são decorrentes de maiores produções de matéria seca da parte aérea e teores de N mais elevados nos níveis 1 e 2 de calagem no segundo corte.

Para a galactia cultivada no solo LEa, ressaltaram-se reduções nas acumulações de N no segundo corte em relação ao primeiro corte. Tais diminuições podem ser atribuídas a baixa infectividade e reduzida eficiência de fixação



biológica de N<sup>2</sup> pelos estirpes nodulantes, que refletiram em baixa nodulação, baixos teores de N na parte aérea e reduções no crescimento. Conforme já discutido no item 2.6.1. os altos conteúdos de matéria orgânica do solo, com reserva potencial de N, sustentaram o crescimento inicial, prejudicando a nodulação, sendo porém insuficientes para sustentar o crescimento da rebrota.

O emprego do molibdênio resultou em incrementos significativos nas quantidades totais de N<sup>2</sup> acumulado na parte aérea da galactia no segundo corte no solo LVd e, no primeiro corte no solo LEa. Por razões já expostas no item 1.4.2., o molibdênio como constituinte da nitrogenase, enzima responsável pela fixação biológica do N<sup>2</sup>, incrementou a eficiência da fixação biológica do N<sup>2</sup>, elevando a nodulação, os teores de N, a produção de matéria seca da galactia e portanto as quantidades totais de N<sup>2</sup> acumuladas.

#### 4.5. Molibdênio nas Leguminosas

Na Tabela 92 são mostrados os resultados da análise de variância para os conteúdos de molibdênio na parte aérea das leguminosas soja perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho Escuro Álico (LEa).

##### 4.5.1. Molibdênio na Parte Aérea Soja Perene

Para a soja perene cultivada no solo LVd (em ambos cortes) e no solo LEa (segundo corte) foram significativos ( $P \leq 0,01$ ) os efeitos da calagem, da aplicação de molibdê

nio, de cobalto e, das interações calagem x molibdênio, calagem x cobalto e molibdênio x cobalto sobre os conteúdos de molibdênio. Enquanto que para os dados do primeiro corte da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico somente a aplicação de molibdênio mostrou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) incrementando os teores de molibdênio.

Para a soja perene cultivada no solo LVD, o desdobramento da interação calagem x molibdênio revelou, em ambos cortes, efeito significativo e positivo da calagem, somente na presença de molibdênio. Por outro lado, em todos os níveis de calagem, o emprego de Mo como fertilizante resultou em significativos acréscimos nos conteúdos desse micronutriente (Tabela 93). Esses acréscimos obedeceram efeitos quadráticos (Tabela 94), cujas equações de regressão mostrando tais efeitos são apresentadas na Tabela 95. A não aplicação de Mo corresponderam teores de Mo significativamente menores, mesmo com o emprego do nível mais elevado de calagem (Tabela 42). Os conteúdos de molibdênio na parte aérea da soja perene cultivada no solo LVD oscilaram de 0,02 ppm na ausência de aplicação de Mo até 2,48 ppm com aplicação de Mo no nível mais elevado de calagem (Tabela 93). Na ausência de calagem, as concentrações de molibdênio situaram-se abaixo de 0,1 ppm, concentração descrita para plantas deficientes (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984). A aplicação de calcário, em ambos solos, mostrou-se eficaz para aumentar a disponibilidade do molibdênio, elevando sua concentração na parte aérea da soja perene.

Para o solo LEa, o desdobramento da interação calagem x molibdênio evidenciou efeito positivo e significativo da calagem tanto na ausência como na presença de aplica

ção de molibdênio. Examinando-se os conteúdos de molibdênio obtidos na parte aérea da soja perene, no segundo corte, sem a aplicação de molibdênio, verificou-se que o emprego da calagem proporcionou significativos incrementos que obedeceram a um efeito quadrático, por outro lado, na presença de molibdênio a calagem aumentou linearmente os conteúdos de Mo (Tabela 94).

A aplicação de molibdênio como era esperado, resultou em expressivos incrementos nos conteúdos de Mo na matéria seca da parte aérea da soja perene no segundo corte em todos os níveis de calagem, conforme mostram os dados apresentados nas Tabelas 92, 93 e 94.

Para a soja perene cultivada no solo LEa os conteúdos de Mo variaram entre o mínimo de 0,03 ppm obtidos na ausência da calagem sem uso de Mo, até o máximo de 4,68 ppm com a aplicação de Mo e no nível mais elevado de calagem (Tabela 93).

O desdobramento da interação calagem x cobalto mostrou efeito significativo e positivo da calagem tanto na ausência como na presença de aplicação de cobalto sobre os teores de molibdênio na parte aérea da soja perene cultivada no solo LVd em ambos cortes e no solo LEa no segundo corte (Tabelas 94 e 97). Na Tabela 98 são apresentadas as equações de regressão que representam essas variações em função dos níveis de calagem e do emprego de cobalto.

Outro fato que chama a atenção é que a soja perene cultivada no solo LEa (dados do segundo corte) apresentou conteúdos de Mo superiores aos obtidos quando essa leguminosa foi cultivada no solo LVd. Além de que a simples prática da calagem no solo LEa foi suficiente para proporcionar expressivos aumentos nos conteúdos de Mo da soja perene o que não foi observado no solo LVd.

Para a soja perene também foi significativa a interação molibdênio x cobalto cujo desdobramento revelou que a utilização de molibdênio contribuiu para elevar significativamente ( $P \leq 0,01$ ) os conteúdos de Mo na parte aérea da soja perene cultivada no solo LVd (em ambos cortes) e no solo LEa (no segundo corte) mediante o emprego ou não do cobalto. A adição conjunta do Co + Mo contribuiu para incrementar efetivamente os conteúdos de molibdênio na soja perene (Tabela 96) porém o emprego de cobalto sem molibdênio não alterou significativamente os conteúdos de Mo.

#### 4.5.2. Molibdênio na Semente de Soja perene

Analisando-se o conteúdo de molibdênio nas sementes de soja perene empregadas no presente estudo, obteve-se uma concentração média de 2,1 ppm. Conforme demonstrou MEAGHER et alii (1952) a deficiência de Mo nem sempre poderia ser demonstrada em plantas oriundas de sementes produzidas comercialmente que continham de 0,5 a 5 ppm de Mo. A ausência de resposta a aplicação de molibdênio na soja perene em termos de produção de matéria seca, quantidades totais de nitrogênio, nodulação, teores de macronutrientes e de micronutrientes (com exceção ao cobalto e ao molibdênio) concordam com a observação de MEAGHER et alii (1952), GURLEY & GIDDENS (1969). Do presente experimento pode-se inferir que pelo menos parcialmente o molibdênio contido na semente de soja perene supriu as necessidades de Mo durante os dois cortes executados tanto no solo LVd como no solo LEa, a outra parte seria o Mo do solo ou como impureza dos fertilizantes utilizados.

#### 4.5.3. Molibdênio na Parte Aérea da Centrosema

Com relação aos conteúdos de molibdênio em centrosema foram observados efeitos significativos da calagem e da aplicação de molibdênio nos dois cortes para o solo LEa, no segundo corte no solo LVd e da interação calagem x molibdênio nos dois solos em ambos os cortes (Tabela 92), enquanto que a aplicação de cobalto e as demais interações não foram significativas.

O desdobramento da interação calagem x molibdênio evidenciou que, na ausência de aplicação de Mo, a calagem não teve efeito significativo sobre os conteúdos de Mo na matéria seca da parte aérea da centrosema cultivada em ambos os solos nos dois cortes. Porém, na presença de fertilização com Mo, a calagem teve efeito significativo linear e positivo no solo LVd e quadrático no solo LEa para os conteúdos de Mo (Tabela 92 e 94). A utilização de molibdênio incrementou, os conteúdos desse micronutriente na parte aérea da centrosema, em ambos solos e nos dois cortes, no nível mais elevado de calagem estudado. Enquanto que no nível intermediário de calagem estudado, a aplicação de Mo resultou em acréscimos significativos nos conteúdos de Mo apenas no segundo corte da parte aérea da centrosema cultivada no solo LVd. Na Tabela 95 estão as equações de regressão que estimam as variações nos conteúdos de Mo em centrosema em função da calagem e da aplicação ou não de Mo.

Para a centrosema cultivada no solo LVd os conteúdos de Mo oscilaram entre 0,01 e 8,41 ppm, enquanto no solo LEa esses valores estiveram entre 0,07 ppm e 1,89 ppm (Tabela 93). Os conteúdos de Mo, mediante a aplicação de molibdênio

nio, estiveram acima de 0,1 ppm considerado crítico para as plantas, porém na ausência de utilização de Mo e de calagem, os conteúdos desse micronutriente estiveram abaixo de 0,1 ppm de Mo.

Outro fato interessante foram os acréscimos significativos nos conteúdos de Mo, observados em consequência da aplicação de molibdênio (Tabela 93), sobre a matéria seca da rebrota nos dois solos.

Para o solo LVd, a correlação simples entre os conteúdos de molibdênio e as produções de matéria seca da parte aérea da centrosema foram significativas e positivas ( $P \ll 0,05$ ).

#### 4.5.4. Molibdênio na Semente de Centrosema

As sementes de centrosema utilizadas no presente trabalho apresentaram concentrações médias de 1,3 ppm de Mo. Para essa leguminosa tal quantidade de Mo armazenada na semente, aparentemente, foi insuficiente para dar atendimento às necessidades da planta. Tendo em vista as respostas positivas da aplicação de Mo sobre as quantidades totais de nitrogênio na parte aérea da centrosema no segundo corte para o solo LVd e em ambos cortes para o solo LEa.

#### 4.5.5. Molibdênio na Parte Aérea da Galactia

Os resultados da análise de variância mostrados na Tabela 92, evidenciaram efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) da calagem sobre os conteúdos de Mo na matéria seca da parte aérea da galactia cultivada no solo LEa (ambos cortes) e no

solo LVd (2º corte). Foram, também, significativos ( $P \leq 0,01$ ) os efeitos da aplicação de Mo e a interação calagem x molibdênio para a galactia cultivada no solo LVd (segundo corte) e no solo LEa (primeiro corte).

O desdobramento da interação calagem x molibdênio para a galactia cultivada no solo LVd (2º corte) e no solo LEa (1º corte) evidenciou que somente na presença de Mo, a calagem teve efeito significativo sobre os conteúdos de Mo. Entretanto, a aplicação de Mo, em todos os níveis de calagem, resultou em incrementos significativos e positivos no solo LVd (Tabela 92 e 93) enquanto que no solo LEa (1º corte) somente na ausência ou no nível mais elevado de calagem a aplicação de Mo elevou significativamente os conteúdos de Mo. A calagem juntamente com molibdênio resultou em efeitos quadráticos sobre os conteúdos de Mo na galactia conforme mostram os dados apresentados nas Tabelas 94 e 95.

Para essa leguminosa os conteúdos de molibdênio oscilaram entre 0,01 e 3,65 ppm quando cultivada no solo LVd e de 0,05 a 1,40 ppm ao ser cultivada no solo LEa (Tabela 93). A correlação simples entre as produções de matéria seca, número e peso seco de nódulos com os conteúdos de molibdênio para a galactia cultivada no solo LEa não foram significativas. Por outro lado, quando essa leguminosa foi cultivada no solo LVd, a correlação simples entre os conteúdos de Mo e as produções de matéria seca, e de N total dados do segundo corte, bem como os conteúdos de Mo e o peso seco dos nódulos mostraram-se significativas ( $P \leq 0,05$ ) e positivas.

Ressalta-se, portanto, para a galactia cultivada no solo LVd, a importância da aplicação do molibdênio, correlacionado-se positivamente com os incrementos na nodulação.

Tal fato concorda com os conceitos de ANDREW (1962) sobre o importante papel do molibdênio no processo de fixação simbiótica do N atmosférico, sendo as quantidades requeridas para isto bem superiores àquelas exigidas para o próprio crescimento das leguminosas.

#### 4.5.6. Molibdênio na Semente da Galactia

As sementes de galactia empregadas no presente experimento continham em média 1,9 ppm de molibdênio. Possivelmente, parte desse Mo contido na semente foi aproveitado para atendimento dos requerimentos em Mo pela galactia. Entretanto, não deve ter sido suficiente para atender as necessidades totais em Mo, pois a aplicação de Mo incrementou a produção de matéria seca da galactia (1º corte) no solo LEa e no solo LVd (2º corte).

#### 4.6. Cobalto nas Leguminosas

Na Tabela 99 são mostrados os resultados da análise de variância para os conteúdos de cobalto na parte aérea das leguminosas soja perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa).

##### 4.6.1. Cobalto na Parte Aérea da Soja perene

Para a soja perene mostraram-se significativos os efeitos da calagem nos dois solos e em ambos cortes, enquanto que a aplicação de cobalto e a interação calagem x co



balto foram significativas no solo LEa (ambos cortes) e no solo LVd (no segundo corte) sobre os conteúdos de cobalto.

Os conteúdos médios de cobalto na parte aérea da soja perene de uma maneira geral, estiveram acima de 0,07 ppm considerado como limite mínimo de deficiência de cobalto na matéria seca das forrageiras por JARDIM et alii (1966).

O desdobramento da interação calagem x cobalto para a soja perene cultivada no solo LVd (segundo corte) revelou que, com a omissão da calagem, a aplicação de cobalto incrementou significativamente os teores de cobalto na matéria seca. Com a aplicação da calagem os teores de cobalto foram similares tanto em presença como ausência de cobalto (Tabelas 99 e 101). Por outro lado, os teores de cobalto na parte aérea da soja perene, na ausência de cobalto, incrementaram com a aplicação dos níveis de calagem, tais elevações obedeceram a efeitos quadráticos conforme equação de regressão apresentada na Tabela 102. Porém, na presença de cobalto não foram significativos os efeitos dos níveis de calagem.

Para o solo LEa, o desdobramento da interação calagem x cobalto revelou que a adição de cobalto tanto na ausência da calagem como no nível 1 de calagem resultou em aumentos significativos nos teores de cobalto na parte aérea da soja-perene. Entretanto no nível 2 de calagem os teores de cobalto foram semelhantes mediante o emprego ou não desse micronutriente (Tabela 100). Observa-se que os aumentos mais expressivos nos teores desse micronutriente foram obtidos em ausência da calagem. Esse fato é esperado pois a disponibilidade do cobalto é maior em condições de acidez. Nesse solo a calagem, elevando o pH, resultou em reduções lineares nos teores de cobalto tanto em presença como na ausência da aplica-

ção de cobalto. Efeitos similares da calagem foram observados por MITCHELL (1962).

No nível 2 de calagem, e sem adição de cobalto no solo LEa, os conteúdos de cobalto baixaram a níveis inferiores a 0,07 ppm de Co considerado limiar para deficiência desse micronutriente.

Outro fato interessante observado para essa espécie forrageira, foi que, no geral os conteúdos de cobalto na matéria da parte aérea da soja perene cultivada no solo LEa foram ligeiramente inferiores aos encontrados no solo LVd. Tais variações podem ser atribuídas, provavelmente, as diferentes concentrações originais de cobalto, entre esses dois solos, e aos conteúdos mais elevados de matéria orgânica no solo LEa (3,0% de matéria orgânica) em relação ao solo LVd (1,8% de matéria orgânica). Segundo TISDALE & NELSON (1975) e BLOOMFIELD (1981) aumentos no conteúdo de matéria orgânica dos solos são, geralmente, acompanhados por reduções na disponibilidade do cobalto.

#### 4.6.2. Cobalto na Parte Aérea da Centrosema

Para os teores de cobalto na parte aérea da centrosema verificaram-se efeitos significativos da calagem nos solos LVd e LEa (segundo corte), do cobalto nos dois solos e em ambos cortes e para interação calagem x cobalto no segundo corte no solo LVd.

Desdobrando-se a interação calagem x cobalto observou-se, no solo LVd (segundo corte) que, quando a calagem foi omitida, conteúdos mais elevados de cobalto foram encontrados mediante a adição desse micronutriente. Empregando

-se os níveis de calcário 1 e 2, os teores de cobalto na parte aérea da centrosema foram similares tanto na presença como na ausência de aplicação de cobalto. Na ausência de cobalto, a utilização de níveis de calcário não afetou significativamente os conteúdos de cobalto na parte aérea da centrosema (Tabela 101). Entretanto, com a adição de cobalto, os níveis de calagem reduziram linearmente os conteúdos desse micronutriente na parte aérea da centrosema, cuja equação de regressão é apresentada na Tabela 102. A calagem elevando o pH diminuiu a disponibilidade do cobalto.

Os conteúdos médios de cobalto na parte aérea da centrosema situaram-se acima de 0,07 ppm, considerado como crítico, sendo também superiores aos 0,11 ppm encontrados por GALLO et alii (1974).

No solo LEa a prática da calagem também, diminui os conteúdos de cobalto na parte aérea da matéria seca da centrosema no segundo corte.

A adição de cobalto na forma de  $\text{CoCl}_2$  resultou em acréscimos nos conteúdos de cobalto a níveis superiores ao considerado crítico, sem contudo afetar a nodulação, os teores de nitrogênio e nem o crescimento da centrosema. Como as quantidades de cobalto requeridas pelas plantas é muito pequena, é possível que esse micronutriente tenha sido adicionado como impureza do superfosfato simples usado como fonte de fósforo. Segundo SENESI & POLEMIO (1981), estudando o conteúdo de micronutrientes inorgânicos, obtiveram em média 16 ppm de cobalto no superfosfato simples.

#### 4.6.3. Cobalto na Parte Aérea da Galactia

Com relação aos conteúdos de cobalto em galactia, constatou-se efeito significativo da calagem, da aplicação de cobalto e da interação calagem x cobalto nos dois solos e nos dois cortes, conforme mostram os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 99.

O desdobramento da interação calagem x cobalto revelou que, na ausência da calagem, o emprego de cobalto resultou em conteúdos mais elevados desse micronutriente na parte aérea da galactia cultivada nos dois solos tanto no primeiro como no segundo cortes. No nível 1 de calagem, a utilização de cobalto, no segundo corte correspondeu a teores mais elevados de cobalto para essa leguminosa cultivada em ambos solos. Já, no nível 2 de calagem a aplicação ou não de cobalto não alterou significativamente os teores desse micronutriente (Tabela 100).

Nas condições de acidez originais dos solos LVd e LEa a maior disponibilidade do cobalto empregado resultou em acumulações mais elevadas desse micronutriente. A medida que os valores de pH foram incrementados pela calagem houve reduções na disponibilidade do cobalto de modo que no nível mais alto de calagem não houve resposta a adição de cobalto.

A prática da calagem sem adição de cobalto reduziu linearmente os conteúdos de cobalto, porém em presença de cobalto essas reduções foram ora lineares ora quadrática, conforme pode ser observado pelas equações de regressão apresentadas na Tabela 102.

A galactia cultivada nas condições do presente experimento apresentou concentrações de cobalto superiores a 0,20 ppm consideradas não limitantes ao desenvolvimento dessa forrageira.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

1. O emprego da calagem elevou o pH, reduziu  $H^+ + Al^{3+}$ , incrementou os teores de cálcio e de magnésio trocáveis, e a porcentagem de saturação em bases do solo, tanto no solo LVd cultivado com capim colônia como nos solos LVd e LEa cultivados com as leguminosas;

2. A adubação fosfatada, proporcionou expressivos aumentos nas produções de matéria seca, quantidades totais de nitrogênio e teores de fósforo no capim colônia no solo estudado;

3. A utilização da calagem aumentou a eficiência do fósforo aplicado;

4. A aplicação conjunta da calagem e da adubação fosfatada corresponderam valores mais elevados de produção de matéria seca e quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea do capim colônia;

5. A não aplicação de micronutrientes limitou o crescimento, em termos de produção de matéria seca, do capim colônia somente após o terceiro corte;

6. A aplicação de micronutrientes (incluindo o molibdênio e o cobalto) incrementou os conteúdos de molibdênio e de cobalto no capim-colônia acima dos níveis considerados críticos;

7. A calagem, elevando o pH, melhorou a disponibilidade do molibdênio aplicado, resultando em maiores acumulações de Mo na parte aérea do colônia;

8. A partir do segundo corte, a calagem reduziu os conteúdos de cobalto na matéria seca da parte aérea do capim-colônia. Em virtude da diminuição na disponibilidade desse micronutriente com a elevação do pH;

9. Os teores de macro e micronutrientes na parte aérea do capim-colônia variaram significativamente com a calagem, com a adubação fosfatada e com a aplicação de micronutrientes;

10. Para a soja perene, cultivada no solo LEa, a produção de matéria seca na parte aérea, nas raízes e na planta inteira, nitrogênio total e a nodulação (número e peso seco de nódulos) aumentaram significativa e linearmente em função da calagem. Para essas variáveis, os valores máximos seriam alcançados com níveis de calagem superiores ao nível máximo empregado para essa leguminosa nesse solo;

11. A produção de matéria seca da parte aérea (segundo corte), das raízes, da planta inteira, nitrogênio total e nodulação da soja perene cultivada no solo LVd incrementaram seguindo uma equação do segundo grau, em função da calagem;

12. A aplicação de calcário elevou as produções de matéria seca da parte aérea do segundo corte, das raízes, da planta inteira e o peso seco dos nódulos da centrosema cultivada no solo LEa. Esses aumentos para a produção de matéria seca da parte aérea e da planta inteira e quantidade total de nitrogênio no segundo corte, obedeceram efeitos quadráticos, enquanto que para o peso seco das raízes e dos nódulos, nitrogênio total no primeiro corte foram lineares. Entretanto, quando a centrosema foi cultivada no solo LVD, a calagem aumentou linearmente a produção de matéria seca na parte aérea e quantidades totais de nitrogênio no segundo corte, peso seco da planta inteira e dos nódulos;

13. Para a galactia cultivada em ambos os solos, a calagem incrementou linearmente as produções de matéria seca da parte aérea no segundo corte, nitrogênio total e nodulação;

14. Os teores de macro e micronutrientes na parte aérea das leguminosas testadas sofreram variações significativas com a utilização de níveis de calagem;

15. A aplicação de molibdênio resultou em efeitos positivos sobre a produção de matéria seca e quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da soja perene no primeiro corte quando cultivada no solo LEa;

16. O molibdênio proporcionou efeitos favoráveis sobre o peso seco das raízes e teores e quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da centrosema cultivada no solo LEa. Ao emprego conjunto de cobalto e molibdênio corresponderam maiores acumulações de nitrogênio na parte aérea do segundo corte dessa leguminosa. Para essa leguminosa



cultivada no solo LVd, o molibdênio beneficiou a acumulação de nitrogênio no segundo corte;

17. O peso seco dos nódulos, da centrosema cultivada no solo LEa mostrou expressivas respostas ao emprego de cobalto. O cobalto, na ausência da calagem, também favoreceu a produção de matéria seca da centrosema no solo LVd no primeiro corte;

18. Para galactia cultivada no solo LEa, o molibdênio incrementou a produção de matéria seca da parte aérea no segundo corte, da planta inteira, o peso seco dos nódulos e as quantidades totais de nitrogênio na parte aérea do primeiro corte. No solo LVd, o molibdênio elevou as produções de matéria seca e nitrogênio total no segundo corte dessa leguminosa;

19. A aplicação de molibdênio, na ausência ou no nível 1 de calagem, corresponderam teores mais elevados de nitrogênio na matéria seca da parte aérea do segundo corte na galactia e na centrosema cultivadas no solo LVd;

20. Na ausência da calagem, o emprego de cobalto diminuiu os teores de nitrogênio na matéria seca do primeiro corte da parte aérea da soja perene cultivada no solo LEa e na centrosema no segundo corte cultivada no solo LVd;

21. A aplicação dos micronutrientes (cobalto e molibdênio) elevou significativamente os conteúdos desses nutrientes nas três leguminosas estudadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, J.C. 1982. Teores de Na, K, Mg, Ca e P em gramíneas coletadas em Fortaleza, Ceara. Ciência Agronômica, Fortaleza, 4(1,2):17-23.

AHAMED, S. & H.J. EVANS 1960. Cobalt: a micronutrient element for the growth of soybean plants under symbiotic conditions. Soil Sci., Baltimore, 90:205-210.

AGARWALA, S.C.; C.P. SHARMA; S. FAROOR & CHATTERJEE. 1978. Effect of molybdenum deficiency on the growth and metabolism of corn plants raised in sand culture. Can. J. Bot., Ottawa, 56:1905-1908.

ALLAWAY, W. R. 1968. Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. Adv. Agron, New York, 20, 235-274.

- ANDERSON, A. J. 1956a. Molybdenum as a fertilizer. Advances in Agronomy, New York, 8:163-202.
- ANDERSON, A.J. 1956b. Molybdenum deficiencies in legumes in Australia. Soil Science, Baltimore, 81:173-258.
- ANDERSON, A.J. & R. H. ARNOTT. 1953. Fertilizer studies on basaltic red loam soil from the Lismore district, New South Wahas. Austr. J. Agric. Res., Melbourne, 4:29-43.
- ANDREW, C.S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation on growth of legumes. In: Committee of the Division of Tropical Pastures, CSIRO, Austrália, Ed. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures; a symposium. Farnham Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, p.130-146. Bulletin 46.
- ANDREW, C.S. 1978. Legumes and acid soils. In: DOBEREINER, J.; BORRIS, R. H.; HOLLAENDER, A. Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. New York, Plenum, p.137-57.
- ANDREW, C.S. & D.O. NORRIS. 1961. Comparative response to calcium of five tropical and four temperate pasture legume species. Austr. J. Agric. Res., Melbourne, 12:40-55.
- ANDREW, C.S. & M.F. ROBINS, 1969. The effect of phosphorus on growth and chemical composition of some pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. Austr. J. Agric. Res., Melbourne, 20:665-674.

- AZEVEDO, G.P.C. & F.R.S. de SOUZA. 1982b. Níveis de fósforo para adubação de pastagens de colônia (P. maximum) em Altamira. Pará. Anais da XIX Reunião Anual da Soc. Bras. Zootec., Piracicaba, 467p.
- AZEVEDO, G.P.C. & F.R.S. de SOUZA. 1982a. Fertilizantes para adubação de pastagens de capim colônia (P. maximum) em Altamira, Pará. Anais da XIX Reunião Anual da Soc. Bras. Zootec., CNPq, Piracicaba, 467p.
- BARBER, S.A.; J.M. WALKER & E.H. VASEY. 1963. Mechanism for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to plant root. J. Agr. Food Chemi, II, 204-207.
- BATAGLIA, O.C.; A.M.C. FURLANI; J.P.F. TEIXEIRA; P.R. FURLANI & J.R. GALLO. 1983. Métodos de Análise Química de Plantas. Bol. Téc., IAC, Campinas, 78:1-48.
- BLACK, C.A. 1968. Soil-plant relationships (2<sup>nd</sup> ed.). John Wiley and Sons, New York.
- BLOOMFIELD, C. 1981. The translocation of metals in soils. In: GREENLAND, D.J. & HAYNES, M.H.B., eds. The Chemistry of Soil Processes, John Wiley & Sons, New York, 463.
- BRUCE, R.C. 1978. A review of the trace element nutrition of tropical pasture legumes in northern Austrália. Trop. Grasslands, Brisbane, 12(3):170-183.

BRUCE, R.C. & TEITZEL, J.K. 1978. Nutrition of Stylosanthes guianensis on two sandy soils in humid tropical lowland environment. Trop. Grassl., Brisbane, 12(1):39-48.

CAMARGO, O.A. & B. VAN RAIJ. 1975. Relações entre o alumínio trocável, bases trocáveis e pH em solos. Anais do XV Congresso Bras. de Ci. do Solo, pp.95-101.

CARVALHO, J. H.; R.H. HOUSER; K.R. FICK & L.R.McDOWEL. 1976. O cobalto na nutrição dos ruminantes. Simpósio Latino-Americano sobre Pesquisa em Nutrição Animal de Ruminantes em Pastagens - MG, 193-201.

CARVALHO, N.M.; A.B. CRUZ FILHO & M. A. BOTREL. 1984. Formação de Pastagens. In: CURSO DE PECUÁRIA LEITEIRA PARA TÉCNICOS DA NESTLÉ, 3., São Paulo. Nestlé, p.8-18.

CATANI, R.A. & J.R. GALLO, 1965. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. Rev. Agric. Piracicaba, 30:49-60.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1977. Tropical Pasture Program. Annual Report, Cali.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Programa de Pastos Tropicales Informe, 1980, p. 57-68.

CHESNIN, L. 1972. In: "The Fertilizer Handbook" (W.C. White and D.N. Collins, eds.), pp.65-84. Fertilizer Institute, Washington, D.C.

- COLEMAN, N.T. & E.W. THOMAS. 1967. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy. p.1-41
- COLEMAN, N.T. & W.A. JACKSON. 1960. Phosphate sorption reactions that involve exchangeable aluminium. Soil Sci., Baltimore, Md, 90:1-7.
- COLOZZA, M.T.; F.A. MONTEIRO; A.L. FANCELLI & J.C. WERNER. 1987. Limitações de fertilidade em solos de três localidades do Estado de São Paulo para o cultivo da Galactia striata (Jacq.) Urb. B. Indústria. anim., Nova Odessa, SP, 44(1):135-45, jan./jun.,
- COLOZZA, M.T.; F.A. MONTEIRO, J.C. WERNER & A. L. FANCELLI. 1986. Limitações nutricionais em solos de cinco localidades paulistas para o cultivo de centrosema. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, 10:151-6, maio/ago.
- COMASTRI FILHO, J.A. 1977. Variação de produtividade, digestibilidade e composição química do capim elefante "Mineiro" (Pennisetum purpureum, Schum) com a sucessão de cortes e aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. Tese de Mestrado, Viçosa, MG, 51p.
- COSTA, G.G.; P.H. MONERATT; J.A. GOMIDE. 1983. Efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de fósforo de capim-jaraguá e capim-colônia. Rev. Soc. Bras.Zootec Viçosa, MG, 12(1):1-10.

COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Boletim nº 12, Rio de Janeiro.

COUTO, W.; C. SANZONOWICZ & G.G. LEITE. 1982. Adubação no estabelecimento de pastagens consorciadas nos solos dos cerrados. VI SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, Brasília, D.F.

DANTAS, H. S. 1971. Cobalto e complexo sortivo nos solos da unidade Utinga. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 6: 23-26.

DANTAS, H.S. & A. HOROWITZ. 1976. Determinação do molibdênio trocável em alguns solos de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais ... Campinas, SBCS, p:103-5.

DATE, R.A. & G.R. HILLIER. 1968. Molybdenum application in the lime of lime-pelleted subterranean clover seed. J. Austr. Inst. Agri Sci., Sidney, 34, 171-172.

DAVIES, E.B. 1956. Factors affecting molybdenum availability in soils. Soil Sci., Baltimore, 81(3):209-21.

DE POLLI, H.; A.R. SUHET & A.A. FRANCO. 1976. 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, 1975. Anais, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1976. p.151-156.

- DOBEREINER, J. & S. ARONOVICH, S. 1966. Efeito da calagem e da Temperatura do Solo na Fixação de Nitrogênio de Centrosema pubescens, Benth. em solo com toxidez de manganês (SP). In: Congresso Internacional de Pastagens, 9, 1965. Anais. v.2p. 1121-4.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1976. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico Anual, Brasília, 1976, p.126.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1980. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF. Rel. Téc. Anual, Cerrados. Planaltina. v.4, 170p.
- EPSTEIN, E. 1975. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas; trad. e notas de E. Malavolta. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Editora da Univ. São Paulo, 341p.
- EVANS, H.J. & S.A. RUSSEL. 1971. Physiological chemistry of symbiotic nitrogen fixation by legumes. In: POSTAGE, J.R. ed. The Chemistry and Biochemistry of Nitrogen Fixation, Plenum Publishing Co., p. 191-244.
- FALADE, J.A. 1975. The effect of phosphorus on the growth and mineral composition of five tropical grasses. E.Á. Agric. For. J. Nairobi, 40:342-350.
- FENSTER, H.E. e L.A. LEON. 1978. Management of phosphorus fertilization in establishment and maintaining improved pasture on acid, infertile soil of tropical America. In: SANCHEZ, P.A. e L.E. TERGAS, Ed. Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Cali, p. 109-122.



- FRANCO, A.A. & J. DOBEREINER. 1971. Toxidez de manganês de um solo ácido na simbiose soja Rhizobium. Pesq. agropec. bras. Rio de Janeiro, 6:57-66.
- FRANÇA, G.E.; A.F.C. BAHIA FILHO & M.M. CARVALHO. 1973a. 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.
- FRANÇA, G.E.; M.M. CARVALHO & J.G. FERREIRA. 1974. Efeito de níveis de fósforo e calagem sobre o estabelecimento e produção de Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf. Projeto Bovinos - EPAMIG - Relatório Anual 73/74. Belo Horizonte, 144-148.
- FRANÇA, G.E. & M.M. CARVALHO. 1970. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:147-153.
- FREUND, R.J. & R.C. LITTEL. 1981. SAS for Linear Models. A Guide to the Anova and GLM Procedures. SAS Series in Statistical Applications. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- FRIES, L. 1962. Vinamini B<sub>12</sub> in Pisum sativum L. Phys Plant, Lancaster, 15:566-571.
- FOTH, H.D. 1978. Fundamentals of soil science. 6 ed. New York, John Wiley.
- FOY, L.D. & J. L. BROWN. 1963. Toxic factors in acid soils. I. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wis, 27:403-7.
- FOY, C.D. 1976. Differential Aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. Ciência e Cultura. São Paulo, 28:150-155.

- GALLO, J. R.; R. HIROCE; O.C. BATAGLIA; P.R. FURLANI; A.M.C. FURLANI; H.B. MATTOS; H.J. SARTINI & M.P. FONSECA. 1974. Composição Química Inorgânica de Forrageiras do Estado de São Paulo. B. Industr. anim., SP, 31(1):115-37, jan./jun.
- GARTNER, R.J.W.; R.W. McLEAN; D.A. LITTLE and L. WINKS. 1980. Mineral deficiencies limiting production of ruminants grazing tropical pastures in Austrália. Tropical Grasslands, Brisbane, 14:(3), November, 266-272.
- GAVILON, O. & A.T. QUADROS. 1970. O cálcio e o fósforo em pastagens nativas do Rio Grande do Sul: constatação de deficiências na primavera e no verão. Boletim Técnico nº 17. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura, Departamento de Produção Animal, Porto Alegre. 17p.
- GLADSTONES, J.S.; J.F. LNERAGAN & N.A. GOODCHILD. 1977. Field responses to cobalt and molybdenum by different legume species, with inferences on the role of cobalt in legume growth. Austr. J. Agric. Res., Melbourne, 28:619-628.
- GOMIDE, J.A. 1975. Adubação fosfatada e potássica das plantas forrageiras. Anais do II Simpósio sobre Manejo de Pastagem. ESALQ, CATI, AEASP, ORC, Piracicaba, 143-145p.
- GOMIDE, J.A. 1976. Composição mineral das gramíneas forrageiras tropicais. In: Simpósio Latinoamericano sobre pesquisa em nutrição mineral de ruminantes em pastagens. Belo Horizonte, UFMG, UFV, ESALQ, EPAMIG, USAID. p. 193-201.
- GUPTA, U.C. & J. LIPSETT. 1981. Molybdenum in soils, plants and animals. Advances in Agronomy, New York, 34:73-115.

GURLEY, W. H. & J. GIDDENS. 1969. Factors affecting uptake, yield response, and carryover of molybdenum in soybean seed. Agron. J. Madison, 61:7-9.

GUSS, A.; J.A. GOMIDE, & P.H. MONERATT. 1981. Modalidades de aplicação e de parcelamento de  $P_2O_5$  sobre o rendimento forrageiro e composição química do capim-jaraguá (Hypparrhenia rufa (Nees) Stapf). Rev. Soc. Bras. Zoot., Viçosa, 10(1):19-26.

HAAG, H.P.; M.L.V. BOSE & R.G. ANDRADE. 1967. Absorção de macronutrientes pelos capins colômbio, gordura, jaraguá, napier e pangola. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, XXIV:177-188.

HALL, R.V.L. 1970. Pasture development in the spear grass region at Westwood in the Fitzroy Basin. Trop. Grassland, Brisbane, 4:77-84.

HARRIS, H.B.; M.B. PARKER & B.J. JOHNSON. 1965. Influence of molybdenum content of soybean seed and other factors associated with seed source on progeny response to applied molybdenum. Agron. J., Madison, Wis, 57:397-9.

HOROWITZ, A. 1978. Os íons do molibdênio no solo - um exemplo da aplicação dos diagramas Eh-pH. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 2(2):98-103.

HOROWITZ, A. & DANTAS, H.S. 1966. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. I. Manganês na zona da mata e do Sertão. Pesq. agropec. bras. Rio de Janeiro, 1:383-390.

ITALIANO, E.C. & J.R. da SILVA. 1982. Rendimento forrageiro e composição química do capim quicuío da Amazônia em diferentes estádios de crescimento no período chuvoso. Anais da XIX Reunião Anual da Soc. Bras. Zootec., CNPq, Piracicaba, 457p.

ITALIANO, E.C.. E. de MORAES, & E.A. C. de CANTO, 1982b. Macronutrientes e FTE em pastagens de capim colômbio em degradação. Anais da XIX Reunião Anual da Soc. Bras. Zootec. CNPq, Piracicaba, 467p.

JACKSON, W. A. 1963. Aluminium bonding in soils: a unifying principle in soil science. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wis, 27:10-5, 1963.

JARDIM, W.P.; A.M. PEIXOTO, & C.L. MORAIS. 1962. Composição Mineral de Pastagens na Região de Barretos, no Brasil Central. Bol. Técn. Científico, ESALQ, Piracicaba, 11:1-11.

JARDIM, W.R.; A.M. PEIXOTO; C.L. MORAIS & F. SILVEIRA. 1966. Estudo da composição química das plantas forrageiras de pastagens do Brasil Central. Anais do IX Congresso Internacional de Pastagens - SP, 699-706.

JENSEN, H.L. 1948. Nitrogen fixation in leguminous plantas. VII The nitrogen fixing activity of root nodule tissue in Medicago and Trofolium. Proceedings of the Linnean Society of New Wales, 68:1-8.

JENSEN, H.L.V. & R.C. BETTY. 1943. Nitrogen fixation in leguminous plants. III. Importance of molybdenum in symbiotic nitrogen fixation. Proceedings of the Linnean Society of New South Wales. 68:1-8.

JOHANSEN, C.; P.C.KERRIDGE, P.E. LUCK; E.G.COOK; K.L. LOWE & H. OSTROWSKI. 1977. The residual effect of molybdenum fertilizer on growth of tropical pasture legumes in a sub tropical environment. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb, Melbourne, 17(89):961-968.

JONES, R.K. 1968. Initial and residual effects of superphosphate on a Townsville lucerne pasture in north-eastern Queensland. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb, Melbourne, Vic., 8:521-527.

JONES, R.K. 1974. A study of the phosphorus responses of a wide range of accessions from the genus Stylosanthes. Austr. J. Agric. Res., Melbourne, 25: 847-62.

JONES, M.B.; QUAGLIATO, J. L.; FREITAS, L.M.M. 1970. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais a aplicação de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. Pesq. Agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:209-214.

JUNQUEIRA NETTO, A.; O.S. SANTOS; H. AIDAR & C. VIEIRA. 1977. Ensaio preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) Rev. Ceres, Viçosa, 24(136):628-633.

- KABATA, A. & K. BEESON. 1961. Cobalt uptake by plants from cobalt impregnated soil minerals. Soil Sci., Baltimore, 25:125-127.
- KABATA-PENDIAS, A. & H. PENDIAS. 1984. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc, 259p.
- KAMPRATH, E. J. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Proc. Soil Sci. Amer., Madison, 34:252-4.
- KAMPRATH, E. J. 1972. Soil acidity and liming. In COMMITTEE ON TROPICAL SOILS. Soils of the humid tropics, Washington, D.C., National Academy of Sciences. p. 136-49.
- KANNAN, S. & S. RAMANI. 1978. Studies on molybdenum adsorption and transport in bean and rice. Plant Physiol. Lancaster, P.A. 62:179-181.
- KERRIDGE, P.C.; B.G. COOK & M. L. EVERETT. 1973. Application of molybdenum trioxide in the seed pellet for sub-tropical pasture legumes. Trop. Grassld., Brisbane, Qd., 7: (2):229-32.
- KERRIDGE, P.C.; C.S. ANDREW & G.G. MURTHA. 1972. Plant nutrient status of soils of the Atherton Tableland, North Queensland. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 12:618-27.

KLIEWER, M. & H. J. EVANS. 1963. Cobamide coenzyme contents of soybean nodules and nitrogen fixing bacteria in relation to physiological conditions. Pl. Physiol., Lancaster, 38:99-104.

LEHNINGER, A. L. Biochemistry. Worth Publishers, Inc., New York, 1970.

LINDSAY, W. L. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils In: MORTVEDT, J. J.; P. M. GIORDANO; W. L. LIND . Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America. p. 41-57.

LIPSETT, J. & D.J. DAVIS. 1977. Amount and distribution of molybdenum in a bag of molybdenized superphosphate. J. Aust. Inst. Agric. Sci., Sidney, 43:149-151.

LOPES, A.S. 1984. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais ... Brasília, EMBRAPA-DEP. Documentos, 14, p. 347-382.

LOTERO, J.; S.A. MONSALVE; A. RAMIREZ & F. VILLAMIZAR. 1971. Respuesta de gramíneas y leguminosas forrajeras al encalamiento. Suelos Ecuatoriales, 3:210-39.

X LOVADINI, L.A.C. 1972. Comportamento da soja perene (Glycine wightii Verdc) em solos ácidos, em função das variações de pH, Al trocável e do fósforo aplicado como fosfato solúvel. Piracicaba, ESALQ/USP, 94p. (Tese de Doutorado)

LUCK, P.E. & N. J. DOUGLAS. 1966. Dairy pasture research and development in the near North Coast centred on Cooray, Queensland. The Tropical Grassland Society of Australia, Proceedings nº 6, 35-60.

MACKAY, D.C.; E.W. CHIPMAN & V.C. GUPTA. 1966. Copper and molybdenum nutrition of crops grown on acid sphagnum peat soil. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 30: 755-759.

MAC PHERSON, A.; F.E. MOON and R.C. VOSS. 1973. Some effects of feeding young steers with a diet deficient both cobalt and copper. British Veterinary Journal, London, 129:414-425.

MALAVOLTA, E. 1976. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ed. Agronômica. "Ceres", 528 p.

MALAVOLTA, E.; G.C. VITTI & S. A. OLIVEIRA, 1989. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 201 p.

MALAVOLTA, e.; H.P. HAAG; F.A.F. MELLO & M.O.C. BRASIL SOBRI  
NHO, 1974. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas Liv. Pioneira Ed., São Paulo, 727 p.

MALAVOLTA, E.; J.R. SARRUGE; V.C. BITTENCOURT. 1977. Toxidez de alumínio e de manganês. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, DF., 1976. IV Simpósio sobre o cerrado:



bases para utilização agropecuária, coord. Mário G. Ferri. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia; São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 1977 p. 275-301.

MANNETJE, L.'t; N.H. SHAW & T.W. ELICH. 1963. The residual effect of molybdenum fertilizer on improved pastures on a prairie-like soil in subtropical Queensland. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 3:20-25.

MARTINEZ, H.E.P. & H.P. HAAG. 1980. Níveis críticos de fósforo em Brachiaria decumbens (Stapf).Prain) Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickerdt, Digitaria decumbens (Stent), Hyparrhenia rufa (ness) Stapf), Melinis minutiflora (Pal de Beauv.), Panicum maximum (Jacq.) e Pennisetum purpureum Schum. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 37 (2):913-977.

MATTOS, H.B. & J.C. WERNER. 1972. Efeito da Aplicação de Nutrientes Minerais em Galactia striata cultivada em um solo de Nova Odessa, In: Anais da IX Reunião da Sociedade Bras. Zootec., Viçosa, p. 261-262.

MCKENZIE, R.M. 1975. Soil cobalt. In: NICHOLAS, D.J.O. & EGAN, A.R. eds. Trace Elements in Soil Plant-Animal Systems, London, Academic Press, p. 83-93.

McLACHLAN, K.D. 1955. Phosphorus, sulphur, and molybdenum deficiencies in soil from eastern Austrália in relation to nutrient supply and some characteristics of soil climate. Austr. J. Agric. Res., Melbourne, 6:673-84.

MEAGHER, W.R.; C.M. JOHSON & P.R. STOUT. 1952. Molybdenum requirement of leguminous plants supplied with fixed nitrogen. Plant. Physiol. Lancaster, 27:223-30.

MEARS, P.T. & B. BARKUS. 1970. Response of Glycine wightii to molybdenized superphosphate on a krasnozem. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 10:415-25.

MELLO, F.A.F. 1985. Origem, natureza e componentes de acidez do solo: critérios de calagem. In: E. MALAVOLTA, coord Seminário sobre corretivos agrícolas, Piracicaba, Fundação Cargill, 375 p. 1984.

MENGEL, K. & E.A. KIRKBY. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Worblaufen- Bern-Switzerland. 593 p.

MITCHELL, R.L. 1962. Trace elements in soil. In: BEAR, F. E. ed. Chemistry of the Soil. New York, Reinhold. Publishing Corporation, p. 320-368.

MONTEIRO, F.A.; H.B. MATTOS & J.M. CARRIEL. 1980. Peletização de sementes de leguminosas forrageiras. I. Efeitos de micronutrientes e fontes de fósforo e cálcio em siratro. B. Indústria anim., Nova Odessa, SP, 37(1):159-171.

MONTEIRO, F.A. & J.C. WERNER. 1977. Efeito das adubações nitrogenada e fosfatada em capim colônia, na formação e em pasto estabelecido. Bol. Indústria animl., Nova Odessa, 34(1):91-101.

X MONTEIRO, F.A. 1980. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em quatro leguminosas tropicais. Te se de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 146 f. Mimeo.

MONTEIRO, F.A.; M.T. COLOZZA, J.C. WERNER & S.A.A.L. SAVAS-  
TANO. 1987. Limitações de fertilidade em solos de quatro  
localidades paulistas para o cultivo do siratro. R. bras.  
Ci. solo, Campinas, 11:175-181.

MUNNS, D.N. 1965. Soil acidity and growth of a legume. II.  
Reaction of aluminium and phosphate in solution and ef-  
fects of aluminium, phosphate, calcium and pH on Medicago  
sativa L. and Trifolium repens L. in solution culture.  
Austr. J. Agric. Res., Melbourne, Vic., 16:745-55.

MUNNS, D.N. 1970. Nodulation of Medicago sativa in solution  
culture. V. Calcium and pH requirements during infection.  
Pl. Soil, The Hague, 37:90-102.

MUNNS, D.N. & A.L. FOX. 1977c. Comparative line requirement  
of tropical and temperate legumes. Pl. Soil, Hague, 46:  
533-548.

MUNNS, D.N. & A. L. FOX. 1977. Influence of lime on nitro-  
gen fixation by tropical and temperate legumes. Pl. Soil  
Hague, 46:591-601.

MURPHY, L.S. & L.M. WALSH. 1972. Correction of micronutrient  
deficiencies with fertilizers. In: MORTVEDT, J. J.; P.M.  
GIORDANO & W.L. LINDSAY, 1972. Micronutrients in Agri-  
culture, Soil Sci. of America , Inc, pp. 347-388.

NASCIMENTO JUNIOR, D.; F.C. da SILVA & J. DOS SANTOS PINHEI-  
RO, 1976. Teores de alguns minerais do capim jaraguá (Hy

parrehenia rufa (Ness) Stapf) em várias idades de corte.  
Rev. Soc. Bras. Zoot., Viçosa, 5(1):48-55.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 1970. Nutrient requirements of domestic animals, nº 4. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Research Council. Washington, D.C. Fourth Revised Ed.

NICHOLAS, D.J.D. 1975. In: Trace Elements in Soil- Plant- Animal System (D.J.D. Nicholas and A.R. Egan, eds.) pp. 181-198. Academic Press, New York.

NORRIS, D. O. 1959. The role of calcium and magnesium in the nutrition of Rhizobium. Austr. J. agric. Res., Melbourne, 10:651-696.

OSTROWSKI, H. 1970. Molybdenized superphosphate requirement for pasture establishment on red forest soils in subtropical Queensland. Proceedings of the XI International Grassland Congress, Surfers Paradise, Australia: 124-26.

OSTROWSKI, H.; A. DIATLOFF & H.R. WILLIAMS. 1978. Molybdenum responses of Siratro (Macroptilium atropurpureum) on a red volcanic soil in coastal south east Queensland. Trop. Grasslands, Brisbane, 12:75-79.

PATE, J.S. 1977. Functional biology of dinitrogen fixation by legumes. In: HARDY, W.F. & W.S. SILVER, eds. A Treatise on Dinitrogen Fixation. III. Biology, New York, J. Wiley, p. 473-518.

PATERSON, J.W. 1965. The effect of aluminum on the adsorption and translocation of calcium and other elements in young corn stock. Diss Abstr., Ann Arbor, Mich., 25:6142-3.

PAULINO, V.T.; M.T. CÓLOZZA & H.B. MATTOS. 1985. Limitações nutricionais de um Latossolo Vermelho-Escuro álico para o cultivo de cudzu-tropical. Zootecnia, Nova Odessa, SP, 23(1):49-67.

PEDROSA, F.O.; A.J. NASCIMENTO; R. ALVAHYDO & J. DOBEREINER. 1970. Teores de leghemoglobina e de molibdênio nos nódulos de soja (Glycine max) (l.) Merrill) inoculada com estirpes de Rhizobium japonicum de eficiência normal e excepcional. Pesq. agropec. bras., 5:373-379.

PEREIRA, J.A.; D.J. SILVA; J.M. BRAGA & J. CAMPOS. 1971. Teores de fósforo, cobre e cobalto em algumas pastagens do município de Teófilo Otoni, MG, Experimental, Viçosa, 12:155-188.

PRÓSPERO, A.O. & A.M. PEIXOTO, 1972. Composição mineral do capim elefante (Pennisetum purpureum, Schum) variedade napier, em diferentes estádios de desenvolvimento. O SOLO, Piracicaba, LXIV (2):45-51.

QUAGGIO, J.A. 1983. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Dissertação para obtenção do título de mestre em Agronomia, Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz".

- QUAGLIATO, J. L. & P. NUTI. 1969. Efeito da calagem micronutrientes e nutrientes na produção de leguminosas forrageiras, em solos de cerrado. In: 1º Encontro de Técnicos da Região Centro-Sul para Discussão de Problemas Relacionados às Leguminosas Forrageiras, Nova Odessa, 3 p.
- RAIJ, B. VAN. 1981. Avaliação da Fertilidade do Solo. T. YAMADA (ed.), Instituto de Potassa & Fosfato, Piracicaba, SP.
- RAIJ, B. VAN & J. A. QUAGGIO. 1983. Métodos de Análise de Solo para Fins de Fertilidade. Bol. Téc., IAC, Campinas, 81: 1-31.
- RAIJ, B. VAN; M. T. D. SACCHETO & T. IGUE. 1968. Correlações entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. Bragantia, Campinas, 27:193-200.
- REISENAUER, H. M. 1960. Cobalt in nitrogen fixation by a legume. Nature, London, 186:375-376.
- REISENAUER, H. M. 1963. The effect of sulfur on the absorption and utilization of molybdenum by peas. Proc. Soil Sci. Amer., Madison, 27:553-555.
- REISENAUER, H. M; A. A. TABIKH e P. R. STOUT. 1962. Molybdenum reactions with soils and hydrous oxides of iron, aluminum, and titanium. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 26: 23-7.

RORISON, I.H. 1958. The effect of aluminium on legume nutrition. In. HALLS-WORTH, E.G., ed. Nutrition of the legumes. London. Butter-worths. p.43-61.

SALINAS, J.G. 1978. Differential response of some cereal and bean cultivars to Al and P stress in an Oxisol of Central Brazil. PhD. Thesis North Carolina State on University, Raleigh. (Libr. Congr. Card No. Mic. LD 3921 Soil Sci. S12) 326p.

X-SALINAS, J.G. & P.A. SANCHEZ. 1976. Soil Plant Relationships Affecting Varietal and Species Differences in Tolerance to How Available Soil Phosphorus. Ci. Cult., São Paulo, 28:156-168.

SANCHEZ, P.A., 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. New York, Wiley, Intúscience Publications. 618p.

SANCHEZ, P.A. 1982. Estrategia de Produccion de Pasturas a Base de Leguminosas en America Tropical. Instituto Nacional de Investigacion y Promocion Agropecuaria, Yurimaguas, Peru. séria de Separatas nº 11, 42p.

SANTOS, D.S.; V. ESTEFANEL; R. P. CAMARGO; A. ZAGO; A.D.M. TRINDADE; E.F. REGINATTO & L.C.S.WEISS. 1986. Efeito da aplicação de Mo e de Zn em sementes de soja sobre o teor desses nutrientes. In: soja-relatório de pesquisa do Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, UFSM-FATEC, 1986. p.39-44.

- SANZONOWICZ, C.; E. LOBATO & W. J. GOEDERT. 1987. Efeito Residual da Calagem e de Fontes de Fósforo numa Pastagem Estabelecida em Solo de Cerrado. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, DF, 22(3):233-243, mar.
- SARRUGE, J. R. & P. H. HAAG. 1974. Análises Químicas em Plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. 27 p.
- SAS. 1982. SAS User's Guide: Basics, 1982. Ed. SAS, Institute Inc., Cary, NC.
- SENESI, N. & M. POLEMIO. 1981. Trace element addition to soil by application of NPK fertilizers. Fert. Res., The Hague, 2:289-302.
- SERRÃO, E. A. S.; I. C. FALESI; J. B. VEIGA & J. F. TEIXEIRA NETO. 1979. Productivity of cultivated pastures on low fertility soil of the Amazon of Brazil. In: SANCHEZ, P. A. & L. E. TERGAS, ed. Pasture production in acid soils of the tropics. Cali, CIAT, p. 195-225.
- SHAW, N. H.; C. T. GATES & J. R. WILSON. 1966. Growth and chemical composition of Townsville lucerne (Stylosanthes humilis) 1. Dry matter yield and nitrogen contents in response to superphosphate. Austr. J. Exp. Agr. Anim. Husb. Melbourne, 6:150-156.
- SIQUEIRA, C. & A. C. VELOSO. 1978. Adsorção de molibdato em solos sob vegetação de cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, 2:24-8.
- SIQUEIRA, C.; M. M. de CARVALHO; O. F. SARAIVA & F. T. T. OLIVEIRA. 1980. Respostas de três gramíneas forrageiras tropicais à aplicação de calcário e fósforo em um solo ácido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 1., Fortaleza, 1980. Anais... Viçosa, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1980, p. 473.



SMITH, F. W. 1975. Tissue testing for assessing the phosphorus status of green panic, buffel grass and setaria. Austr. J. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 15(74):383-90, June.

SOARES, W. V. & M. A. T. VARGAS. 1974. Ensaio exploratório de fertilização com duas leguminosas tropicais em três solos sob cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1974. Anais. p.448-50.

SOUTO, S. M. & DOBEREINER, J. 1968. Efeito do fósforo, temperatura e umidade do solo na nodulação e no desenvolvimento de duas variedades de soja perene. Pesq. Agropec. Bras., Rio de Janeiro, 2:215-221.

SOUZA, J. C.; J. H. CONRAD; W. E. BLUE & L. R. McDOWELL. 1979. Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal. I - Cálcio e fósforo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 14(4):387-395.

SPAIN, J. M. 1979. Pasture establishment and management in the Llanos Orientales of Colômbia. p. 167-176. In: P. A. SAN-  
CHEZ and L. E. TERGAS (ed.). Pastures production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colômbia.

SPAIN, J. M.; C. A. FRANCIS; R. H. HOWELER and F. CALVO. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pastures. In: BORNEMISZA, E. & A. AL-  
RADO, ed. Soil management in tropical America., Cali, CIAT, 1975. p. 308-29.

SWAIN, F.G. 1959. Responses to molybdenum three years after previous application on red basaltic soil on the Far North Coast of N.S.W. J. Austr. Inst. Agric. Sci., Sydney, 25:51-54.

TAYLOR, R.M. & MCKENZIE, R. M. 1966. The association of trace elements with manganese minerals in Australian soil. Austr. J. Soil Res., Melbourne, 4:29-39.

TIFFIN, L.O. 1972. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J.; P.M. GIORDANO & W.L. LINDSAY, eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science Society of America, Inc., p.199-229.

TISDALE, S. & W. NELSON. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. MacMillan Publishing Co., Inc. 673p.

TOKARNIA, C.H. 1981. Deficiências de cobalto em bovinos na Serra da Ibiapaba, no Estado do Ceará. Arg Inst. Biol. Anim., Rio de Janeiro, 4:195-202.

TOKARNIA, C.H. & J. DOBEREINER, 1976. Doenças causadas por deficiências em bovinos em regime de campo no Brasil. In: Simpósio Interamericano sobre pesquisa mineral de pastagens. Belo Horizonte, UFMG, UFV, ESALQ, EPAMIG e USAID, p.116-129.

UNDERWOOD, E. J. 1966. The Mineral Nutrition of Livestock. p. 150 (FAO, Rome).

VARGAS, M. A. T. & J. DOBEREINER. 1974. Efeito de níveis crescentes de calagem, manganês, magnésio e boro na simbiose e desenvolvimento vegetativo de Stylosanthes guianensis. Pesq. Agropec. Bras., Rio de Janeiro, 9:21-28.

VICENTE-CHANDLER, J.; R. CARO-COSTAS; R. W. PEARSON, F. ABRUNA; J. FIGARELLA & S. SILVA. 1964. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. Univ. Porto Rico, Rio das Piedras, Puerto Rico, 149 p.

VIDOR, C. & J. R. J. FREIRE. 1972. Controle de toxidez de alumínio e manganês em Glycine max (L.) Merrill pela calagem e adubação fosfatada. Agrôn. Subiogi, 8(1):73-87.

VINOGRADOVA, K. L. G. 1943. Presence of molybdenum in Leguminosae. Doblady Akademii Naub S.S.S.R. 40:26-9.

WERNER, J. C. 1984. Adubação de Pastagens. Bol. Téc. nº 18. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, 49 p.

WERNER, J.C. 1975. Uso de micronturientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., Piracicaba, SP., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1975. p.87-111.

WERNER, J.C.; E.B. KALIL; F.P. GOMES; J.V.S. PEDREIRA; G.L. ROCHA; H.J. SARTINI, 1968. Competição de adubos fosfata dos. Bol. Indústria. Anim., SP, 25:139-49.

WERNER, J.C.; F.A. MONTEIRO, & H.B. MATTOS. 1975a. Emprego de micronutrientes na forma de elementos traços fundidos (F.T.E.) em leguminosas forrageiras tropicais. Bol. Ind. anim., São Paulo, 32:347-361.

WERNER, J.C. & H.B. MATTOS. 1974. Ensaio de fertilização com alguns micronutrientes em soja perene, Glycine wightii, Willd. Bol. Indústria. anim., São Paulo, 31:313-24.

WERNER, J.C. & H.B. MATTOS. 1975. Ensaio de fertilização com quatro micronutrientes em Centrosema pubescens Benth. B. Indústria. anim., Nova Odessa, 32(1):123-35.

WERNER, J.C. & H.B. MATTOS. 1972. Estudo de nutrição da centrosema, Centrosema pubescens, Benth. B. Indústria. anim., São Paulo, 29:375-391.

WERNER, J.C. H.P. HAAG. 1972. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. B. Indústria. anim. Nova Odessa, SP, 29(1):191-245.

WERNER, J.C.; J.L. QUAGLIATO & D. MARTINELLI. 1967. Ensaio de fertilização do colômbio com solo da "nordeste". B. Indústria. anim., Nova Odessa, SP, 24(nº único):159-167.

WILSON, D.O. & H.M. REISENAUER. 1967. Cobalt requirement of symbiotically grown alfalfa. Plant and Soil, Hague 19:364-373.

WOODHOUSE, Jr., W.W. 1964. Nutrient deficiencies in forage grasses. In: HUNGER SIGNS IN CROPS, a symposium, New York, David Mackay, Company, U.S.A. p.181-218.

**A P Ê N D I C E**

Tabela 6. Resultados de análise do solo após o cultivo do colônio, em função dos níveis de fósforo e da calagem.

pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. %	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>	K	P	S		T	V
							e. mg/100ml TFSA			
			e. mg/100ml TFSA		ppm		e. mg/100ml TFSA			%
Ca1 0 P0	3,9	1,9	0,6	0,1	3,4	0,19	5	0,89	4,29	20,7
P1	4,0	2,2	1,4	0,1	3,9	0,09	21	1,59	5,49	28,9
P2	4,0	2,2	1,6	0,1	4,0	0,08	52	1,78	5,78	30,8
Ca1 1 P0	4,6	1,9	1,2	0,4	2,3	0,17	6	1,77	4,07	43,5
P1	4,5	2,2	2,1	0,3	2,5	0,07	17,5	2,40	4,90	48,9
P2	4,6	2,1	2,9	0,5	2,6	0,10	49,5	3,40	5,90	57,6

Tabela 7. Resultados de análises dos solos, sem corretivos e sem fertilizantes antes e após a incubação.

Solos	pH	CaCl <sub>2</sub>	M.O.	e.mg/100ml TFSA		P	e.mg/100ml TFSA		%	
				Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>		H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>		S
Lvd original	3,9	2,7	0,5	0,1	4,6	0,08	7	0,68	5,28	12,9
após incubação	3,9	2,7	0,4	0,1	4,3	0,10	5	0,60	4,9	12,2
LEa original	4,2	2,8	0,7	0,1	6,1	0,22	10	1,02	7,12	14,3
após incubação	4,2	2,6	0,8	0,2	5,9	0,22	11	1,22	7,12	17,1



Tabela 8. Resultados de análises dos solos após o cultivo de soja-perene em função dos níveis de calagem. Médias de doze repetições.

Solo	Nível Calagem	pH	CaCl <sub>2</sub>	M.O. %	Ca		Mg		H + Al		K	P ppm	S e.mg/100ml TFSA	T	V %
					2+	2+	+	+++	+	+					
LVD	Cal <sub>0</sub>	4,1	1,7	1,0	0,1	3,6	0,56	61	1,66	5,26	31,6				
	Cal <sub>1</sub>	4,4	1,8	1,1	0,2	2,9	0,47	57	1,77	4,67	37,9				
	Cal <sub>2</sub>	5,2	1,8	1,8	0,5	2,0	0,41	61	2,71	4,71	57,5				
LEA	Cal <sub>0</sub>	4,1	2,8	0,9	0,1	6,0	0,50	72	1,30	7,30	17,8				
	Cal <sub>1</sub>	4,4	2,8	1,3	0,3	4,6	0,51	70	2,11	6,71	32,4				
	Cal <sub>2</sub>	5,3	2,8	2,8	1,2	2,8	0,48	72	4,48	7,28	61,5				

(1) Níveis de calagem: cal<sub>0</sub> ausência da calagem, cal<sub>1</sub> calagem proposta para elevação de V% a 35% e cal<sub>2</sub> calagem proposta para elevação de V a 70%.

Tabela 9. Resultados de análises dos solos após o cultivo da galactia em função dos níveis de calagem. Médias de doze repetições.

Solo	Nível Calagem	pH	CaCl <sub>2</sub> (1)	M.O. %	e. mg/100ml TFSA		ppm			T	V %
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>	P		
LVD	Cal <sub>0</sub>	4,2	1,8	0,9	0,1	3,6	0,43	53	1,43	5,03	28,4
	Cal <sub>1</sub>	4,3	1,8	1,2	0,2	3,2	0,36	62	1,76	4,96	35,5
	Cal <sub>2</sub>	5,2	1,8	2,0	0,6	2,0	0,44	62	3,04	5,04	60,3
LEa	Cal <sub>0</sub>	4,1	2,9	0,9	0,1	6,1	0,46	72	1,46	7,51	19,3
	Cal <sub>1</sub>	4,4	2,9	1,3	0,3	5,1	0,51	73	2,11	7,21	29,3
	Cal <sub>2</sub>	5,3	3,0	2,7	0,9	3,2	0,59	80	4,19	7,39	56,7

(1) Níveis de calagem: cal<sub>0</sub> ausência de calagem, cal<sub>1</sub> calagem proposta para elevação V a 35% e cal<sub>2</sub> calagem proposta para elevação de V a 70%.

Tabela 10. Resultados de análises dos solos após o cultivo da centrosema em função dos níveis de calagem. Médias de doze repetições.

Solo	Nível Calagem	M.O.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>	P	S	T	V	%	pH	TFSA		%
														e.mg/100ml	e.mg/100ml	
(1) CaCl <sub>2</sub>	Cal <sub>0</sub>	4,1	1,8	0,9	0,1	3,4	0,39	51	1,19	4,59	25,9					
	Cal <sub>1</sub>	4,4	1,9	1,0	0,1	2,9	0,42	49	1,52	4,42	35,4					
	Cal <sub>2</sub>	5,3	1,9	2,1	0,5	2,0	0,39	56	2,99	4,99	59,9					
LEa	Cal <sub>0</sub>	4,1	2,9	0,8	0,1	6,1	0,41	66	1,11	7,21	15,4					
	Cal <sub>1</sub>	4,4	2,9	1,3	0,2	4,9	0,48	67	1,98	6,88	29,8					
	Cal <sub>2</sub>	5,2	3,0	2,6	0,7	3,2	0,46	68	3,76	6,96	54,0					

(1) Níveis de calagem: Cal<sub>0</sub> ausência de calagem; Cal<sub>1</sub> calagem proposta para elevação de V a 35% e Cal<sub>2</sub> calagem proposta para elevação de V a 70%.

Tabela 11. Produção de matéria seca a 65°C da parte aérea, do capim colônião. Médias entre os tratamentos de níveis de fósforo e calagem.

Calagem	Fósforo ppm	Matéria Seca (g/vaso)				Total
		1º Corte	2º Corte	3º Corte	4º Corte	
Sem	20	4,49	7,68	8,25	4,81	25,23
	100	8,68	10,99	11,03	10,82	41,52
	200	8,30	13,20	12,58	11,28	45,36
	$\bar{x}$	7,16	10,62	10,62	8,97	37,37
Com	20	3,95	8,84	9,43	6,06	28,28
	100	9,63	14,59	12,06	13,21	49,49
	200	10,55	14,73	13,30	14,82	53,40
	$\bar{x}$	8,04	12,72	11,60	11,36	43,72

Tabela 12. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca do capim colonião em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas<sup>(1)</sup>.

Fontes de Variação	Matéria seca				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	Total
Fósforo (P)	**	**	**	**	**
Micronutrientes (M)	ns	ns	ns	*	ns
Calagem (C)	**	**	**	**	**
P x M	ns	*	ns	ns	ns
P x C	*	**	ns	*	ns
M x C	ns	ns	ns	ns	ns
P x M x C	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro P <sub>20</sub>	ns	*	-	*	-
C dentro 100	*	**	-	**	-
C dentro 200	**	**	-	**	-
P dentro sem C	**	**	-	**	-
P dentro com C	**	**	-	**	-
P dentro sem M	-	**	-	-	-
P dentro com M	-	**	-	-	-
M dentro P <sub>20</sub>	-	ns	-	-	-
M dentro P <sub>100</sub>	-	ns	-	-	-
M dentro 200	-	ns	-	-	-

(1) ns = não significativo; \* significativo ( $P \leq 0,05$ ) e \*\* significativo ( $P \leq 0,01$ )

- interação não significativa

Tabela 13. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso), em quatro cortes, na parte aérea do capim colônia em função dos níveis de fósforo na presença ou ausência da calagem.

Calagem	Fósforo (ppm)	Nitrogênio Total			
		1º C	2º C	3º C	4º C
Sem	20	125,2	182,9	155,5	105,5
	100	181,5	208,2	179,0	141,6
	200	188,9	195,1	195,8	142,3
	$\bar{X}$	165,2	195,4	176,8	129,8
	20	109,4	183,6	163,4	122,0
Com	100	184,8	189,1	190,0	154,9
	200	212,9	214,9	212,9	163,3
	$\bar{X}$	169,00	195,9	188,8	146,7

Tabela 14. Significâncias pelo teste F para os desdobramentos das interações significativas de micronutrientes x adubação fosfatada e análise de regressão para os efeitos do fósforo dentro da aplicação de micronutrientes<sup>(1)</sup>.

Fontes de Variação	Nitrogênio Total	
	1º corte	2º corte
Fósforo sem micro	**	**
Reg. linear	**	ns
Reg. quadr.	**	**
Fósforo com micro	**	**
Reg. linear	**	**
Reg. quadr.	**	ns

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 15. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea (dois cortes), das raízes, da planta inteira, peso seco e número de nódulos da soja-perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função da calagem, molibdênio, cobalto, interações e desdobramento das interações significativas<sup>(1)</sup>.

Fontes de Variação	Matéria Seca					Nódulos	
	1º Corte	2º Corte	Raízes	Planta inteira	Peso seco	Número	
Calagem (C)	**	**	**	**	*	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro sem Mo	**	-	-	-	-	-	-
C dentro com Mo	**	-	-	-	-	-	-
Mo dentro Co	**	-	-	-	-	-	-
Mo dentro C <sub>1</sub>	ns	-	-	-	-	-	-
Mo dentro C <sub>2</sub>	*	-	-	-	-	-	-

(1) ns = não significativo; \* = Significativo (P < 0,05) e \*\* = Significativo (P < 0,01); - = interação não significativa.



Tabela 16. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, da planta inteira e nodulação (mg/vaso e número) da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^1$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Matéria seca - g/vaso				Nodulação	
	1º corte	2º corte	Raízes	Planta inteira	Peso seco	Número <sup>(a)</sup>
Sem calagem	5,59	1,69	1,32	3,01	17	9
Calagem 1	6,69	3,23	1,63	4,86	113	53
Calagem 2	7,92	6,04	1,69	7,73	209	105
Reg. linear	**	**	**	**	*	*
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(a) Para análise estatística os dados foram transformados,  $\sqrt{x + 1}$ .

(1) \* e \*\* = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 17 - Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com molibdênio ou sem ou com cobalto.

Variável dependente	Tratamentos	Equações de regressão <sup>(1)</sup>	
Matéria seca	- 1º corte	Calagem sem Molibdênio	$\bar{y} = 5,07 + 0,045x$
		com Molibdênio	$\bar{y} = 6,11 + 0,018x$
Nitrogênio total	- 1º corte	Calagem sem Molibdênio	$\bar{y} = 172,4 - 0,21x + 0,020x^2$
		com Molibdênio	$\bar{y} = 179,8 + 0,60x$
Nitrogênio (%)	- 1º corte	Calagem sem Cobalto	$\bar{y} = 3,34 - 0,0067x$
		com Cobalto	ns
Enxofre (%)	- 1º corte	Calagem sem Cobalto	ns
		com Cobalto	$\bar{y} = 0,38 - 0,0051x + 0,000059x^2$
Ferro (ppm)	- 2º corte	Calagem sem Cobalto	$\bar{y} = 385,4 + 10,8x - 0,14x^2$
		com Cobalto	$\bar{y} = 619,7 - 2,82x$

onde (1) x apresenta os níveis de calagem e y a variável dependente.

Tabela 18. Produção de matéria seca (g/vaso) da soja-perene cultivada no solo LEa, em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de molibdênio.

Tratamentos	Matéria seca - 1º corte	
	Sem Mo	Com Mo
Sem calagem	5,17 b	6,25 a
Calagem 1	6,42 a	6,46 a
Calagem 2	7,53 b	8,32 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 19. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes e da planta inteira e nodulação (peso seco, mg/vaso e número de nódulos) da soja-perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F^1$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados <sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Matéria seca				Nodulação	
	1º corte	2º corte	Raízes	Planta inteira	Peso seco	Número <sup>a</sup>
Sem calagem	5,03	1,30	1,43	3,00	23,8	33,9
Calagem 1	7,11	2,46	2,12	4,58	89,3	113,4
Calagem 2	9,42	6,52	3,62	10,14	281,9	379,7
Reg. linear	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	**	*	**	**	*

(1)\* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

(a) Para análise estatística os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 1}$ .

Tabela 20. Significâncias do teste F para as produções de matéria seca da parte aérea (dois cortes), das raízes, da planta inteira e para nodulação (número e peso seco dos nódulos da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo álico em função da calagem, molibdênio, cobalto, interações e desdobramento das interações significativas <sup>(1)</sup>.

Fontes de Variação	Matéria seca				Nodulação	
	1º corte	2º corte	Raízes	Planta inteira	Peso seco	Número
Calagem (C)	**	**	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) ns = não significativo, \* significativo ( $P \leq 0,05$ ) e \*\* significativo ( $P \leq 0,01$ ), - interação não significativa.

Tabela 21. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre diversas variáveis em soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

Variável dependente		Equações de Regressão <sup>(1)</sup>	
Peso seco	Parte aérea	1º corte	$y = 4,99 + 0,063x$
		2º corte	$y = 1,30 - 0,0086x + 0,0012x^2$
	Raízes	$y = 1,42 - 0,0085x + 0,00032x^2$	
	Planta inteira	$y = 2,99 - 0,0017x + 0,0016x^2$	
Nitrogênio total		1º corte	$y = 133,6 - 0,17x + 0,0123x^2$
		2º corte	$y = 34,9 - 0,68x + 0,043x^2$
Nodulação	Peso seco Número		$y = 23,8 - 0,053x + 0,052x^2$
			$y = 5,82 + 0,081x + 0,0016x^2$
Nitrogênio (%)		1º corte	$y = 2,72 - 0,029x + 0,00025x^2$
		2º corte	$y = 2,67 - 0,011x + 0,00023x^2$
Fósforo (%)		1º corte	$y = 0,26 - 0,00036x$
Potássio (%)		1º corte	$y = 2,59 - 0,010x$
		2º corte	$y = 3,51 - 0,013x$
Cálcio (%)		1º corte	$y = 1,41 + 0,0034x$
		2º corte	$y = 1,92 + 0,59x - 0,00016x^2$
Magnésio (%)		1º corte	$y = 0,36 + 0,0031x + 0,000044x^2$
		2º corte	$y = 0,41 + 0,0080x - 0,000083x^2$
Enxofre (%)		1º corte	$y = 0,54 - 0,0028x$
Boro (ppm)		2º corte	$y = 123,0 - 0,31x$
Cobre (ppm)		1º corte	$y = 4,25 + 0,044x - 0,00099x^2$
Ferro (ppm)		1º corte	$y = 144,1 + 0,97x - 0,019x^2$
Manganês (ppm)		1º corte	$y = 676,6 - 13,08x + 0,065x^2$
		2º corte	$y = 844,4 - 10,46x$
Zinco (ppm)		1º corte	$y = 857 - 0,15x - 0,0093x^2$
		2º corte	$y = 117,65 - 1,17x$

(1) onde y representa a variável estudada e o x o nível de calagem dentro dos limites utilizados.

Tabela 22. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes e da planta inteira e peso seco dos nódulos (mg/vaso) da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significâncias do teste  $F^1$  para os componentes linear e quadrático.

Tratamentos	Matéria seca				Nódulos <sup>(a)</sup>
	1º corte	2º corte	Raízes	Planta inteira	Peso seco
Sem calagem	11,0	7,66	3,49	10,9	1008
Calagem 1	11,0	8,71	3,46	12,1	1284
Calagem 2	11,5	11,57	4,16	15,7	1350
Reg. linear	ns	**	*	**	**
Reg. quadr.	ns	*	ns	*	ns

(1) \* e \*\* = significâncias aos níveis de 5% e 1%, respectivamente.

ns = não significativo.

(a) Para a análise estatística os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 1}$ .

Tabela 23. Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Fontes de Variação	Matéria Seca				Nódulos
	1º Corte	2º Corte	Raízes	Planta inteira	Peso Seco
Calagem (C)	ns	**	*	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	**	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	*	ns	**
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro sem Mo	-	-	**	-	-
C dentro com Mo	-	-	ns	-	-
Mo dentro Cal <sub>0</sub>	-	-	ns	-	-
Mo dentro Cal <sub>1</sub>	-	-	ns	-	-
Mo dentro Cal <sub>2</sub>	-	-	**	-	-

(1)\* e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1%, respectivamente;  
ns = não significativo; - = interação não significativa.



Tabela 24. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre as diversas variáveis em centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Variável dependente		Equações de Regressão
Matéria Seca (g/vaso)	2º corte	$\hat{y} = 7,65 + 0,0042x + 0,00074x^2$
	Planta inteira	$\hat{y} = 10,9 - 0,0012x + 0,001x^2$
	Raízes	$\hat{y} = 3,37 + 0,0096x$
Nitrogênio Total (mg/vaso)	1º corte	$\hat{y} = 216,0 + 0,93x$
	2º corte	$\hat{y} = 195,4 - 0,88x + 0,047x^2$
Nódulos Peso Seco (g/vaso)		$\hat{y} = 1043,1 + 4,89x$
Nitrogênio (%)	1º corte	$\hat{y} = -1,98 + 0,0069x$
	2º corte	$\hat{y} = 2,51 - 0,0061x + 0,00022x^2$
Cálcio (%)	1º corte	$\hat{y} = 1,63 + 0,0034x$
	2º corte	$\hat{y} = 0,93 + 0,0063x - 0,000066x^2$
Magnésio (%)	1º corte	$\hat{y} = 0,28 + 0,0019x + 0,000025x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 0,18 + 0,0019x$
Enxofre (%)	2º corte	$\hat{y} = 0,29 + 0,00077x - 0,000018x^2$
Boro (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 66,5 + 0,25x$
Cobre (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 14,4 - 0,027x$
Manganês (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 690 - 6,83x$
	2º corte	$\hat{y} = 572 - 1,41x - 0,060x^2$
Zinco (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 63,2 - 0,38x$
	2º corte	$\hat{y} = 41,3 + 0,21x - 0,0037x^2$

onde  $y$  representa a variável estudada e  $x$  é o nível e calagem dentro dos limites utilizados.

Tabela 25. Significâncias do teste  $F^1$  para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes e da planta inteira e peso seco dos nódulos da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Fontes de variação	Matéria seca				Nódulos
	1º corte	2º corte	Raízes	Planta inteira	Peso seco
Calagem (C)	ns	**	ns	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1%, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 26. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos (mg/vaso) da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Matéria Seca				Nódulos <sup>(a)</sup>
	1º Corte	2º Corte	Raízes	Planta inteira	Peso Seco
Sem calagem	9,16	5,94	2,96	8,92	1029,9
Calagem 1	9,45	7,66	3,36	11,01	1235,0
Calagem 2	9,43	10,92	3,46	14,40	1311,4
Reg. linear	ns	**	ns	**	**
Reg. quadrática	ns	ns	ns	*	ns

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

(a) Para a análise estatística os dados foram transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

Tabela 27. Equação de regressão para os efeitos de níveis de calagem sobre as diversas variáveis em centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo.

Variável dependente	Equação de regressão
Matéria seca - Parte aérea - 20 corte g/vaso                      Planta inteira	$\hat{y} = 5,68+0,071x$ $\bar{y} = 8,71+0,078x$
Nitrogênio total - 10 corte mg/vaso                      - 20 corte	$\hat{y} = 145,4-0,55x+0,022x^2$ $\bar{y} = 132,4+3,25x$
Nódulos - Peso seco mg/vaso	$\hat{y} = 1051,4+4,02x$
Nitrogênio (%) - 10 corte	$\hat{y} = 1,59-0,0079x+0,00025x^2$
Cálcio (%) - 10 corte	$\hat{y} = 1,35+0,0024x+0,000080x^2$
Magnésio (%) - 10 corte	$\hat{y} = 0,25+0,0010x+0,000052x^2$
Enxofre (%) - 10 corte - 20 corte	$\hat{y} = 0,28-0,0014x+0,000035x^2$ $\bar{y} = 0,36-0,0042x+0,000034x^2$
Boro (ppm) - 10 corte - 20 corte	$\hat{y} = 63,2-0,10x+0,0066x^2$ $\bar{y} = 62+0,30x$
Cobre (ppm) - 10 corte	$\hat{y} = 5,3-0,02x$
Ferro (ppm) - 10 corte	$\hat{y} = 130,5+0,72x$
Manganês (ppm) - 20 corte	$\hat{y} = 622,0-6,22x$
Zinco (ppm) - 10 corte - 20 corte	$\hat{y} = 54,5-0,12x-0,0037x^2$ $\bar{y} = 59,1-0,42x$

onde  $y$  representa a variável dependente e  $x$  o nível de calagem dentro dos limites estudados.

Tabela 28. Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função da calagem, do molibdênio, do cobalto e das interações e desdobramentos das interações significativas.

Fontes de Variação	Matéria Seca				Nódulos
	1ª Corte	2ª Corte	Raízes	Planta inteira	Peso Seco
Calagem (C)	**	**	*	**	**
Molibdênio (Mo)	**	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	**	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro sem Co	**	-	-	-	-
C dentro com Co	ns	-	-	-	-
Co dentro Cal <sub>0</sub>	**	-	-	-	-
Co dentro Cal <sub>1</sub>	ns	-	-	-	-
Co dentro Cal <sub>2</sub>	ns	-	-	-	-

(1)\* e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 29. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos (mg/vaso) da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste  $F^1$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Matéria seca				Nódulos <sup>(a)</sup>
	1º corte	2º corte	Raízes	Planta inteira	Peso seco
Sem calagem	8,08	4,34	1,89	6,24	57
Calagem 1	9,47	4,91	1,57	6,48	119
Calagem 2	9,08	6,54	1,77	8,31	186
Reg. linear	**	**	ns	**	**
Re. quadr.	**	ns	**	**	ns

(1) \* e \*\* = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

(a) Para a análise estatística os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 1}$ .

Tabela 30. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem sobre as diversas variáveis em galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Variável dependente	Equação de regressão
Matéria seca (g/vaso) - 1ª corte	$\hat{y} = 8,09 - 0,065x - 0,00072x^2$
2ª corte	$\hat{y} = 4,16 + 0,0316x$
Raízes	$\hat{y} = 1,89 - 0,016x + 0,00021x^2$
Planta inteira	$\hat{y} = 6,24 - 0,016x + 0,00065x^2$
Nódulos (mg/vaso)	$\hat{y} = 56,0 + 1,84x$
Nitrogênio total (mg/vaso) - 1ª corte	$\hat{y} = 190,6 - 0,51x + 0,014x^2$
2ª corte	$\hat{y} = 52,6 + 0,96x$
Nitrogênio (%) - 2ª corte	$\hat{y} = 1,22 + 0,020x - 0,00017x^2$
Potássio (%) - 1ª corte	$\hat{y} = 1,75 - 0,0044x + 0,000090x^2$
Magnésio (%) - 2ª corte	$\hat{y} = 0,17 + 0,0014x$
Enxofre (%) - 2ª corte	$\hat{y} = 0,48 + 0,00043x - 0,000034x^2$
Cobre (ppm) - 1ª corte	$\hat{y} = 7,82 - 0,029x$
Manganês (ppm) - 1ª corte	$\hat{y} = 585,0 - 11,9 + 0,064x^2$
2ª corte	$\hat{y} = 564,5 - 6,58x$
Zinco (ppm) - 2ª corte	$\hat{y} = 38,3 - 0,29x + 0,0021x^2$

onde  $y$  representa a variável estudada e  $x$  o nível de calagem dentro dos limites utilizados.

Tabela 31. Produção de matéria seca (g/vaso) em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de cobalto da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Tratamentos	Matéria seca-1º corte	
	Sem Co	Com Co
Sem calagem	7,49 b	8,69 a
Calagem 1	9,45 a	9,49 a
Calagem 2	9,46 a	8,71 a

Médias seguidas pela mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Tabela 32. Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para as produções de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e peso seco dos nódulos da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função da calagem, do molibdênio, do cobalto e das interações entre esses fatores.

Fontes de Variação	Matéria Seca				Nódulos
	1º corte	2º corte	Raízes	Planta inteira	Peso Seco
Calagem (C)	**	**	ns	**	*
Molibdênio (Mo)	ns	**	ns	**	*
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns

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

Tabela 33. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea, das raízes, e da planta inteira, em ambos os cortes, e nodulação (mg/vaso) da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para os componentes linear e quadrática. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Matéria Seca				Nódulos <sup>(a)</sup>
	1º Corte	2º Corte	Raízes	Planta inteira	Peso Seco
Sem calagem	7,20	5,02	2,00	7,05	202,4
Calagem 1	7,98	7,51	2,20	9,45	248,3
Calagem 2	7,15	9,03	2,26	11,29	294,1
Reg. linear	ns	**	ns	**	**
Reg. quadrática	**	ns	ns	ns	ns

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

(a) Para a análise estatística os dados foram transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

Tabela 34. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre as diversas variáveis em galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Variável dependente		Equações de Regressão
Matéria seca (g/vaso)	1º corte	$\hat{y} = 7,20 + 0,45x - 0,00065x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 5,18 + 0,057x$
	Planta inteira	$\hat{y} = 7,14 + 0,061x$
Nódulos (mg/vaso)		$\hat{y} = 202,4 + 1,31x$
Nitrogênio total (mg/vaso)	1º corte	$\hat{y} = 131,0 - 0,87x + 0,021x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 104,4 + 3,28x - 0,021x^2$
Nitrogênio (%)	1º corte	$\hat{y} = 1,83 - 0,023x + 0,00045x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 2,04 + 0,021x - 0,00020x^2$
Fósforo (%)	1º corte	$\hat{y} = 0,20 - 0,0003x + 0,000054x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 0,17 - 0,00039x - 0,0000010x^2$
Potássio (%)	1º corte	$\hat{y} = 1,87 - 0,014x + 0,00019x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 2,24 - 0,0095x + 0,000058x^2$
Cálcio (%)	1º corte	$\hat{y} = 1,68 + 0,010x$
	2º corte	$\hat{y} = 1,56 + 0,0026x$
Magnésio (%)	1º corte	$\hat{y} = 0,20 + 0,00099x + 0,000064x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 0,17 - 0,00065x + 0,000027x^2$
Enxofre	1º corte	$\hat{y} = 0,36 - 0,0040x - 0,000041x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 0,42 - 0,0028x$
Boro (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 94,6 - 0,16x + 0,0071x^2$
Cobre (ppm)	2º corte	$\hat{y} = 6,23 - 0,033x$
Manganês (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 612,8 - 7,89x$
		$\hat{y} = 486,0 - 4,50x$
Zinco (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 49,6 - 0,28x - 0,0022x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 52,0 - 0,75x + 0,0040x^2$

onde  $y$  representa a variável estudada e  $x$  o nível de calagem dentro dos limites utilizados.

Tabela 35. Teores de N, P e K (%) na matéria seca da parte aérea do capim colônião para os tratamentos níveis de fósforo e aplicação ou não de calagem.

Calagem	Fósforo	N i t r o g ê n i o				F ó s f o r o				P o t á s s i o			
		1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Sem	20	2,92	2,40	1,89	2,19	0,17	0,11	0,10	0,11	3,47	2,88	2,68	2,95
	100	2,03	1,86	1,64	1,31	0,24	0,15	0,12	0,16	2,12	2,09	2,20	2,36
	200	2,34	1,58	1,56	1,27	0,42	0,24	0,16	0,18	2,29	1,79	2,05	2,24
	$\bar{x}$	2,43	1,94	1,70	1,59	0,28	0,17	0,13	0,15	2,62	2,25	2,31	2,51
Com	20	2,67	2,07	1,74	1,90	0,18	0,11	0,11	0,11	4,20	2,71	2,34	2,62
	100	2,03	1,33	1,58	1,17	0,26	0,17	0,17	0,17	2,15	1,64	2,17	2,05
	200	2,00	1,38	1,60	1,10	0,37	0,27	0,24	0,22	2,13	1,56	2,03	1,89
	$\bar{x}$	2,23	1,59	1,64	1,39	0,27	0,18	0,17	0,17	2,82	1,97	2,18	2,19

Tabela 36. Teores de Ca, Mg e S (%) na matéria seca da parte aérea do capim colônia para os tratamentos níveis de fósforo e aplicação ou não de calagem.

Calagem	Fósforo	Cálcio				Magnésio				Enxofre				
		1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	
Sem	20	0,35	0,31	0,39	0,36	0,25	0,19	0,14	0,15	0,15	0,15	0,11	0,12	0,14
	100	0,51	0,48	0,48	0,48	0,28	0,17	0,12	0,16	0,16	0,16	0,10	0,09	0,15
	200	0,58	0,54	0,58	0,53	0,38	0,23	0,16	0,16	0,16	0,17	0,10	0,10	0,15
	$\bar{X}$	0,48	0,44	0,48	0,46	0,30	0,20	0,14	0,16	0,16	0,16	0,10	0,10	0,15
Com	20	0,77	0,57	0,55	0,44	1,16	0,84	0,56	0,42	0,16	0,16	0,10	0,10	0,14
	100	0,64	0,57	0,59	0,49	1,09	0,61	0,48	0,38	0,14	0,14	0,08	0,10	0,13
	200	0,61	0,59	0,65	0,55	1,09	0,53	0,50	0,40	0,12	0,12	0,09	0,11	0,14
	$\bar{X}$	0,67	0,58	0,60	0,49	1,11	0,66	0,51	0,40	0,14	0,09	0,10	0,13	

Tabela 37. Significâncias para o teste F<sup>1</sup> para os conteúdos de N, P e K na parte aérea do capim colônion. Dados de quatro cortes.

Fontes de Variação	Nitrogênio				Fósforo				Potássio			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Fósforo (P)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Micronutriente (M)	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns	**
Calagem (C)	*	**	ns	ns	ns	*	**	**	**	ns	**	**
P x M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
P x C	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	**	*	ns	**	ns
M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro P 20	-	**	-	-	-	-	ns	ns	ns	ns	-	**
C dentro P 100	-	**	-	-	-	-	**	ns	ns	ns	-	ns
C dentro P 200	-	**	-	-	-	-	**	**	**	**	-	ns
P dentro sem Cal.	-	**	-	-	-	-	**	**	**	**	-	**
P dentro com Cal.	-	**	-	-	-	-	**	**	**	**	-	**
P sem M	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	-	**
P com M	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	-	**
M dentro P 20	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	-	ns
M dentro P 100	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns	-	**
M dentro P 200	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns	-	**

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 38. Equações de regressão para os efeitos de níveis de fósforo (x) sobre diversas variáveis, na presença (Cal<sub>1</sub>) e na ausência de calagem (Cal<sub>0</sub>).

Variável dependente	Corte	Calagem	Equações de regressão
Peso seco da parte aérea (g/vaso)	19 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 2,82 + 0,089x - 0,00031x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 1,84 + 0,112x - 0,00034x^2$
	29 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 6,64 + 0,054x - 0,0001x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 6,61 + 0,119x - 0,00039x^2$
	49 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 2,53 + 0,122x - 0,00039x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 3,45 + 0,138x - 0,00041x^2$
Nitrogênio total (mg/vaso)	19 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 113,3 + 0,84x - 0,0022x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 74,0 + 1,66x - 0,0049x^2$
Nitrogênio (%)	29 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 2,57 - 0,0092x + 2,14 \times 10^{-5}x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 2,37 - 0,0158x + 5,46 \times 10^{-5}x^2$
Fósforo (%)	19 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,16 + 0,0003x + 4,9 \times 10^{-6}x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,16 + 0,0087x + 9,2 \times 10^{-7}x^2$
	39 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,096 + 0,0003x$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,093 + 0,00074x$
	49 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,094 + 0,00093x - 0,0000026x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,088 + 0,00092x - 0,0000014x^2$
Potássio (%)	19 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 4,02 - 0,029x + 0,0001x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 5,00 - 0,042x + 0,00014x^2$
	39 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 2,85 - 0,0089x + 0,000024x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 2,37 - 0,0017x$
Cálcio (%)	19 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,30 + 0,0029x - 7,6 \times 10^{-6}x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,83 - 0,0026x - 7,3 \times 10^{-6}x^2$
	29 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,25 + 0,0032x - 8,8 \times 10^{-6}x^2$
		Cal <sub>1</sub>	ns
	39 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,37 + 0,001x$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,53 + 0,00054x$
Magnésio	19 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,26 - 0,00014x - 3,8 \times 10^{-6}x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 1,19 - 0,0015x + 4,9 \times 10^{-6}x^2$
	29 corte	Cal <sub>0</sub>	ns
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,91 - 0,004x + 1,4 \times 10^{-5}x^2$
	49 corte	Cal <sub>0</sub>	ns
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,45 - 0,0013x + 5,3 \times 10^{-6}x^2$
Enxofre (%)	39 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,13 - 0,00065x + 2,4 \times 10^{-6}x^2$
		Cal <sub>1</sub>	ns
Boro (ppm)	29 corte	Cal <sub>0</sub>	ns
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 28,5 - 0,068x$
Zinco (ppm)	39 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 30,7 - 0,048x$
		Cal <sub>1</sub>	ns
Manganês (ppm)	19 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 155,5 + 0,27x$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 175,1 - 0,79x + 0,0032x^2$
	29 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 130,2 + 0,50x - 0,0023x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 126,7 - 0,74x + 0,0028x^2$
Molibdênio	39 corte	Cal <sub>0</sub>	ns
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,85 + 0,019x - 0,00012x^2$
	49 corte	Cal <sub>0</sub>	ns
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 2,24 - 0,0048x + 0,00044x^2$
Cobalto (ppm)	29 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,55 + 0,022x - 0,00034x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 1,43 - 0,045x + 0,00057x^2$
	49 corte	Cal <sub>0</sub>	$\bar{y} = 0,12 + 0,0014x - 0,000026x^2$
		Cal <sub>1</sub>	$\bar{y} = 0,06 + 0,0038x - 0,000053x^2$

onde y é a variável dependente analisada e x é a dose de fósforo estudada.

Tabela 39. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de fósforo (x) sobre diversas variáveis, na presença (M<sub>1</sub>) ou na ausência (M<sub>0</sub>) de aplicação de micronutrientes.

Variável dependente	Corte	Micronutrientes	Equações de regressão
Potássio (%)	1º corte	M <sub>0</sub>	$\hat{y} = 4,02 - 0,029x + 0,0001x^2$
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 5,00 - 0,042x + 0,00014x^2$
	4º corte	M <sub>0</sub>	$\hat{y} = 2,76 - 0,0029x$
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 3,09 - 0,015x + 0,000044x^2$
Enxofre (%)	1º corte	M <sub>0</sub>	$\hat{y} = 0,15 + 0,00013x$
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 0,16 - 0,00019x$
Boro (ppm)	1º corte	M <sub>0</sub>	ns
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 36,2 - 0,069x$
	2º corte	M <sub>0</sub>	ns
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 28,47 - 0,068x$
	3º corte	M <sub>0</sub>	$\hat{y} = 8,07 + 0,17x - 0,00059x^2$
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 31,99 - 0,050x$
	4º corte	M <sub>0</sub>	ns
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 25,7 - 0,026x$
Cobre (ppm)	2º corte	M <sub>0</sub>	$\hat{y} = 6,30 - 0,021x$
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 8,60 - 0,053x + 0,00019x^2$
	4º corte	M <sub>0</sub>	$\hat{y} = 8,72 - 0,0099x$
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 11,31 - 0,057x + 0,00020x^2$
Zinco (ppm)	1º corte	M <sub>0</sub>	$\hat{y} = 38,7 - 0,18x + 0,00071x^2$
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 54,2 - 0,23x + 0,00075x^2$
	2º corte	M <sub>0</sub>	ns
		M <sub>1</sub>	$\hat{y} = 44,8 - 0,054x$

onde y é a variável dependente analisada e x a dose de fósforo estudada.



Tabela 40. Significância do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de Ca, P e S na parte aérea do capim colonião. Dados de quatro cortes em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas.

Fontes de Variação	Cálcio				Magnésio				Enxofre			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
	Fósforo (P)	ns	**	**	**	ns	**	**	*	ns	ns	*
Micronutrientes (M)	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	**	*	ns
Calagem (C)	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	ns
P x M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x C	**	**	**	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	*
M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
P x M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro P	**	**	**	-	**	**	**	-	**	-	-	*
C dentro P	**	**	**	-	**	**	**	-	**	-	-	ns
C dentro P	ns	ns	**	-	**	**	**	-	**	-	-	ns
P dentro sem C	**	**	**	-	**	ns	ns	*	ns	-	-	**
P dentro com C	**	**	**	-	ns	**	**	-	**	-	-	ns
P dentro sem M	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-
P dentro com M	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-
M dentro P	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns	-	-
M dentro P	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	ns	-	-
M dentro P	-	-	-	-	-	-	-	-	**	**	-	-
M dentro sem C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M dentro com C	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	**	-	-
C dentro sem M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C dentro com M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1)\* e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade; ns = não significativa; - = Interação não significativa.

Tabela 41. Teores de Mg (%), B, Zn e Mn, em ppm, para os tratamentos de calagem e micronutrientes<sup>(1)</sup>.

Calagem	Micronutrientes	Magnésio	Boro	Zinco		Manganês
		3 <sup>o</sup> corte	4 <sup>o</sup> corte	1 <sup>o</sup> corte	4 <sup>o</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte
Sem	Sem	0,14 a	19 b	33 b	20 b	162 a
	Com	0,13 a	25 a	47 a	28 a	127 b
	$\bar{X}$	0,14	22	40	24	144
Com	Sem	0,46 b	19 b	31 b	18 b	100 a
	Com	0,57 a	21 a	39 a	29 a	90 a
	$\bar{X}$	0,34	20	35	24	95

(1) Médias seguidas pelas mesmas letras dentro de cada grupo sem ou com micronutrientes não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 42. Teores de B, Cu, Fe e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colônião para os tratamentos níveis de fósforo e aplicação ou não de calagem.

Calagem	Fósforo ppm	B o r o				M a n g a n ê s			
		1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Sem	20	27,6	17,5	21,0	23,0	157,0	139,0	104,0	136,0
	100	19,0	16,4	22,0	22,0	190,0	157,0	147,0	120,0
	200	17,5	15,5	19,0	20,0	207,0	137,0	97,0	98,0
	$\bar{x}$	21,4	16,5	20,7	21,7	184,7	144,3	116,0	118,0
Com	20	24,5	27,8	20,0	22,0	160,0	113,0	70,0	101,0
	100	19,3	20,5	26,0	20,0	128,0	81,0	115,0	86,0
	200	20,4	15,4	21,0	18,0	145,0	91,0	111,0	76,0
	$\bar{x}$	21,4	21,2	22,3	20,0	144,3	95,0	99,0	87,0

Calagem	Fósforo ppm	F e r r o				Z i n c o			
		1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Sem	20	147,0	159,0	80,0	134,0	44,4	41,0	31,0	30,0
	100	138,0	200,0	82,0	93,0	36,2	33,0	23,0	21,0
	200	140,0	157,0	78,0	88,0	38,5	33,0	22,0	20,0
	$\bar{x}$	141,0	172,0	80,0	105,0	39,7	35,0	25,3	23,7
Com	20	152,0	147,0	82,0	102,0	41,0	31,0	25,0	29,0
	100	146,0	177,0	90,0	82,0	30,8	30,0	24,0	22,0
	200	140,0	166,0	92,0	84,0	32,0	27,0	25,0	20,0
	$\bar{x}$	146,0	163,0	88,0	89,0	34,6	29,0	26,7	23,7

Tabela 43. Teores de B, Cu e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colônião para os tratamentos níveis de Fósforo ou não de micronutrientes.

Micronutrientes	Fósforo ppm	Boro			Cobre			Zinco					
		1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Sem	20	16	22	11	21	11	6,5	9	8,4	35	28	25	24
	100	11	14	19	18	8	3,0	7	8,0	28	25	20	17
	200	14	14	19	19	9	2,5	6	6,6	32	26	23	16
	$\bar{X}$	14	17	16	19	9	4,0	7	7,6	32	26	23	19
Com	20	36	23	30	25	13	7,6	9	10,2	50	44	32	35
	100	27	22	29	24	10	5,3	8	7,6	39	39	28	26
	200	24	17	21	20	11	5,8	7	8,0	39	35	30	25
	$\bar{X}$	29	21	27	23	11	6,2	8	8,6	43	39	30	29

Tabela 44. Significância do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de B, Cu e Zn na parte aérea do capim colônio. Dados de quatro cortes, em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas.

Fontes de Variação	B o r o				C o b r e				Z i n c o			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Fósforo (P)	**	**	*	*	**	**	**	**	**	**	**	**
Micronutrientes (M)	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Calagem (C)	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns
P x M	**	ns	**	**	**	**	**	**	*	*	ns	ns
P x C	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
M x C	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
P x M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro P <sub>20</sub>	-	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	-
C dentro P <sub>100</sub>	-	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	-
C dentro P <sub>200</sub>	-	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	-
P dentro sem C	-	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-
P dentro com C	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	-
P dentro sem M	ns	ns	**	ns	**	**	**	**	**	ns	-	-
P dentro com M	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-
M dentro P <sub>20</sub>	**	ns	**	**	*	*	*	*	**	**	-	-
M dentro P <sub>100</sub>	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	-	-
M dentro P <sub>200</sub>	**	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	-	-
M dentro sem C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
M dentro com C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
C dentro sem M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	-	ns
C dentro com M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	-	ns

(1)\* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade; ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 45. Significância do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de Fe e Mn na parte aérea do capim colônião, dados de quatro cortes, em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas.

Fontes de Variação	F e r r o				M a n g a n ê s			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Fósforo (P)	ns	*	ns	*	**	ns	ns	ns
Micronutrientes (M)	**	ns	ns	ns	*	**	ns	ns
Calagem (C)	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	**
P x M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P x C	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns
M x C	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
P x M x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro P <sub>20</sub>	-	-	-	-	ns	**	-	-
C dentro P <sub>100</sub>	-	-	-	-	**	**	-	-
C dentro P <sub>200</sub>	-	-	-	-	**	**	-	-
P dentro sem C	-	-	-	-	**	**	-	-
P dentro com C	-	-	-	-	**	**	-	-
M dentro sem C	-	-	-	-	-	*	-	-
M dentro com C	-	-	-	-	-	ns	-	-
C dentro sem M	-	-	-	-	-	**	-	-
C dentro com M	-	-	-	-	-	**	-	-

(1)\* e \*\* = Significativas aos níveis de 5% e 1% de probabilidade; ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 46. Significância do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de molibdênio e de cobalto na parte aérea do capim colonião. Dados de quatro cortes em função dos fatores fósforo, micronutrientes, calagem, interações e desdobramentos das interações significativas.

Fontes de Variação	Molibdênio				Cobalto			
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
Fósforo (P)	**	ns	**	**	ns	*	ns	**
Micronutrientes (M)	**	**	**	**	ns	**	**	**
Calagem (C)	**	**	**	**	ns	**	**	**
P x M	**	**	**	**	ns	**	ns	**
P x C	ns	ns	**	**	ns	*	ns	*
M x C	**	**	**	**	ns	**	**	**
P x M x C	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
C dentro P <sub>20</sub>	-	-	**	**	-	**	-	**
C dentro P <sub>100</sub>	-	-	**	**	-	*	-	ns
C dentro P <sub>200</sub>	-	-	**	**	-	**	-	ns
P dentro sem C	-	-	ns	ns	-	**	-	**
P dentro com C	-	-	**	**	-	**	-	**
P dentro sem M	ns	ns	ns	ns	-	ns	-	ns
P dentro com M	**	ns	**	**	-	**	-	**
M dentro P <sub>20</sub>	**	**	**	**	-	**	-	**
M dentro P <sub>100</sub>	**	**	**	**	-	**	-	**
M dentro P <sub>200</sub>	**	**	**	**	-	**	-	**
M dentro sem C	**	**	**	**	-	**	-	**
M dentro com C	**	**	**	**	-	**	**	**
C dentro sem M	ns	ns	ns	*	-	**	ns	ns
C dentro com M	**	**	**	**	-	**	ns	**

(1)\* e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade; ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 47. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião em função dos níveis de fósforo na presença ou ausência de micronutrientes (1).

Fósforo (ppm)	Molibdênio							
	1º Corte		2º Corte		3º Corte		4º Corte	
	Sem Mo	Com Mo	Sem Mo	Com Mo	Sem Mo	Com Mo	Sem Mo	Com Mo
20	0,24 b	5,11a	0,09 b	1,63a	0,08 b	1,06a	0,15 b	2,37a
100	0,08 b	1,84a	0,05 b	1,36a	0,06 b	1,60a	0,12 b	1,31a
200	0,17 b	1,67a	0,23 b	1,08a	0,09 b	1,84a	0,15 b	1,20a

(1) Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Tabela 48. Equações de regressão para os efeitos de níveis de fósforo em função dos tratamentos com ou sem aplicação de micronutrientes ou calagem.

Variável dependente	Tratamentos	Equação de Regressão
Molibdênio (ppm) 1º corte	Fósforo Sem micro Com micro	$\hat{y} = 6,37 - 0,067x + 0,00022x^2$ ns
Molibdênio (ppm) 2º corte	Fósforo Sem micro Com micro	$\hat{y} = 1,63 - 0,0087x$ ns
Molibdênio (ppm) 3º corte	Fósforo Sem micro Com micro	$\hat{y} = 1,06 + 0,019x - 0,00012x^2$ ns
Molibdênio (ppm) 4º corte	Fósforo Sem micro Com micro	$\hat{y} = 2,37 - 0,044x + 0,00039x^2$ ns
Molibdênio (ppm) 3º corte	Fósforo Sem Calagem Com Calagem	$\hat{y} = 0,85 + 0,019x - 0,00012x^2$ ns
Molibdênio (ppm) 4º corte	Fósforo Sem Calagem Com Calagem	$\hat{y} = 1,24 - 0,048x + 0,00044x^2$ ns
Cobalto (ppm) 2º corte	Fósforo Sem Micro Com Micro	$\hat{y} = 1,73 - 0,010x$ ns
Cobalto (ppm) 4º corte	Fósforo Sem Micro Com Micro	$\hat{y} = 0,16 + 0,0042x - 0,0000065x^2$ ns
Cobalto (ppm) 2º corte	Fósforo Sem Calagem Com Calagem	$\hat{y} = 0,55 + 0,022x - 0,0034x^2$
Cobalto (ppm) 4º corte	Fósforo Sem Calagem Com Calagem	$\hat{y} = 1,43 - 0,045x + 0,00057x^2$
Cobalto (ppm) 4º corte	Fósforo Sem Calagem Com Calagem	$\hat{y} = 0,12 + 0,014x - 0,000026x^2$ $\hat{y} = 0,06 + 0,0037x - 0,00053x^2$

(1) onde y representa a var-ável estudada e x o nível de fósforo dentro dos limites utilizados.

Tabela 49. Teores de molibdênio e de cobalto (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colômbio, em função da aplicação de níveis de fósforo na presença ou na ausência de calagem.

Fósforo (ppm)	Calagem	Molibdênio		Cobalto	
		3º corte	4º corte	2º corte	4º corte
20	Sem	0,28 b	0,28 b	0,54 b	0,12 a
	Com	0,85 a	1,24 a	1,43 a	0,06 b
100	Sem	0,29 b	0,34 b	0,90 a	0,14 a
	Com	1,38 a	1,10 a	0,54 b	0,13 a
20	Sem	0,34 b	0,32 b	0,43 b	0,09 a
	Com	1,60 a	1,02 a	1,05 a	0,07 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 50. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea do capim colonião, em função da aplicação de níveis de fósforo e de micronutrientes.

Fósforo (ppm)	Micronutrientes	Molibdênio			
		1º corte	2º corte	3º corte	4º corte
20	Sem	0,24 b	0,09 b	0,08 b	0,15 b
	Com	5,11 a	1,63 a	1,06 a	2,37 a
100	Sem	0,08 b	0,05 b	0,06 b	0,12 b
	Com	1,84 a	1,36 a	1,60 a	1,31 a
200	Sem	0,17 b	0,23 b	0,09 b	0,15 b
	Com	1,67 a	1,08 a	1,84 a	1,20 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 51. Teores de molibdênio e de cobalto, ppm, na matéria seca da parte aérea do capim colonião em função da aplicação ou não de calagem (1) na ausência ou na presença de micronutrientes (2).

M o l i b d ê n i o										
		1ª corte		2ª corte		3ª corte		4ª corte		
		Sem Micro	Com Micro	Sem Micro	Com Micro	Sem Micro	Com Micro	Sem Micro	Com Micro	Com Micro
Sem calagem	0,07 bA	2,00 aB	0,04 aA	0,91 bB	0,04 bA	0,56 aB	0,07 bB	0,07 bB	0,56 aB	
Com calagem	0,25 bA	3,76 aA	0,21 aA	1,80 bA	0,11 bA	2,44 aA	0,21 bA	0,21 bA	2,70 aA	
C o b a l t o										
		1ª corte		2ª corte		3ª corte		4ª corte		
		Sem Micro	Com Micro	Sem Micro	Com Micro	Sem Micro	Com Micro	Sem Micro	Com Micro	Com Micro
Sem calagem	0,22	0,21	0,18 bA	1,07 aB	0,02 bA	0,15 aA	0,03 bA	0,03 bA	0,20 aA	
Com calagem	0,23	0,24	0,35 bA	1,67 aA	0,01 bA	0,07 aB	0,02 bA	0,02 bA	0,15 aB	

(1) Letras maiúsculas, comparação pelo teste de Tukey a 5% na, coluna dos efeitos da calagem na presença ou na ausência de aplicação de micronutrientes.

(2) Letras minúsculas, comparação pelo teste de Tukey a 5%, na linha para os efeitos de micronutrientes na presença ou na ausência de calagem.

Tabela 52. Significâncias para o teste F(1) para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Fontes de Variação	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	*	**	ns	ns	**	**	*	**	*	**	ns	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro sem Co	*	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-	ns
C dentro com Co	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-	**
Co dentro Cal <sub>0</sub>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-	**
Co dentro Cal <sub>1</sub>	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	ns	-	*
Co dentro Cal <sub>2</sub>	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	ns

(1) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1%, respectivamente; ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 53. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro-álico em função dos níveis de calagem. Significância do teste F<sup>1</sup> para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	3,34	2,47	0,31	0,29	2,88	2,79	1,41	1,71	0,45	0,40	0,38	0,48
Calagem 1	3,11	2,85	0,30	0,29	2,72	2,57	1,48	1,47	0,62	0,38	0,27	0,37
Calagem 2	2,87	2,98	0,31	0,29	2,58	2,48	1,42	1,39	0,77	0,44	0,31	0,28
Reg. linear	*	**	ns	ns	**	**	ns	**	**	ns	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	**	ns

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

Tabela 54. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem sobre as diversas variáveis em soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro.

Variável dependente		Equação de regressão
Matéria seca (g/vaso)	2º corte	$\hat{y} = 1,47 + 0,0621x$
	Planta Inteira	$\hat{y} = 2,85 + 0,067x$
Nitrogênio Total (mg/vaso)	2º corte	$\hat{y} = 35,5 + 1,96x$
Nodulação - Número		$\hat{y} = 3,15 + 0,105x$
Nitrogênio (%)	2º corte	$\hat{y} = 2,51 + 0,0074x$
Potássio (%)	1º corte	$\hat{y} = 2,87 - 0,0043x$
	2º corte	$\hat{y} = 2,77 - 0,0044x$
Cálcio (%)	1º corte	$\hat{y} = 1,41 + 0,0039x - 0,000053x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 1,68 - 0,0045x$
Magnésio (%)	1º corte	$\hat{y} = 0,46 + 0,0045x$
	2º corte	$\hat{y} = 0,39 - 0,0018x + 0,000035x^2$
Enxofre (%)	2º corte	$\hat{y} = 0,48 - 0,00029x$
Boro (ppm)	2º corte	$\hat{y} = 114,3 - 0,22x$
Cobre (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 10,1 - 0,019x$
Manganês (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 550 - 10,1x + 0,051x^2$
	2º corte	$\hat{y} = 547 - 10,2x + 0,057x^2$
Zinco (ppm)	1º corte	$\hat{y} = 50,4 - 0,28x$
	2º corte	$\hat{y} = 57,2 + 0,15x - 0,0047x^2$

Onde  $y$  representa a variável dependente e  $x$  o nível de calagem dentro dos limites estudados.

Tabela 55. Teores de N, S (%) e Fe (ppm) em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de cobalto em soja perene cultivada no solo LEa.

Tratamentos	Nitrogênio		Enxofre		Ferro	
	1º corte		1º corte		2º corte	
	Sem Co	Com Co	Sem Co	Com Co	Sem Co	Com Co
Sem Calagem	3,41a	2,89 b	0,29 b	0,38a	385 b	652a
Calagem 1	2,98a	3,15a	0,31a	0,29a	597a	455a
Calagem 2	2,94a	3,13a	0,31a	0,31a	477a	455a

Médias seguidas pelas mesmas letras comparadas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Tabela 56. Significâncias para o teste F<sup>1</sup> para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Fonte de Variação	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	ns	**	*	ns	ns	ns	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C dentro sem Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C dentro com Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C dentro C 1	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
Co dentro C 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co dentro C 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo e - interação não significativa.

Tabela 57. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F<sup>(1)</sup> para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	B o r o		C o b r e		F e r r o		M a n g a n ê s		Z i n c o	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	75	113	10,4	9,1	226	632	550	547	50	57
Calagem 1	72	109	9,0	8,0	225	497	256	259	41	56
Calagem 2	73	98	9,0	9,1	201	452	87	110	31	45
Reg. linear	ns	**	*	ns	ns	*	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	*

(1)\* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativa.

Tabela 58. Significância pelo teste F<sup>1</sup> para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Fonte de Variação	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela LVIII. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na matéria seca da soja perene, dados de dois cortes, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F(1) para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	2,72	2,67	0,26	0,28	2,57	3,56	1,41	1,92	0,36	0,41	0,53	0,54
Calagem 1	2,02	2,57	0,25	0,30	2,27	2,99	1,55	1,94	0,53	0,59	0,46	0,53
Calagem 2	1,94	3,03	0,24	0,27	1,83	2,60	1,64	1,57	0,79	0,56	0,34	0,38
Reg. linear	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	*	**	ns	**	ns	ns	ns	*	**	**	ns	**

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

Tabela 59. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea da soja perene, dados de dois cortes, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F<sup>1</sup> para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	93	122	4,2	6,8	144	581	677	868	86	114
Calagem 1	87	113	4,6	7,6	155	385	299	447	69	82
Calagem 2	91	101	2,4	5,8	119	314	80	120	30	34
Reg. linear	ns	**	**	ns	*	ns	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	**	**	ns	*	ns	**	ns	**	ns

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 60. Significância do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da soja perene cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Fontes de Variação	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
	ns	**	**	**	*	ns	**	**	**	**
Calagem (C)	ns	**	**	**	*	ns	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1)\* e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 61. Significâncias do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Fontes de Variação	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns
Molibdênio (Mo)	ns	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1)\* e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 62. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da centrosema, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico. Significâncias do teste F<sup>(1)</sup> para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	2,01	2,51	0,22	0,18	1,70	1,87	1,63	0,93	0,28	0,18	0,22	0,30
Calagem 1	2,17	2,56	0,22	0,19	1,62	1,84	1,75	1,07	0,38	0,24	0,23	0,29
Calagem 2	2,50	3,14	0,23	0,20	1,72	1,82	1,86	1,05	0,54	0,31	0,26	0,28
Reg. linear	**	**	ns	*	ns	ns	**	**	**	**	*	ns
Reg. quadr.	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns

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



Tabela 63. Significâncias do teste  $F^1$  para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Fonte de Variação	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco		
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	
Calagem (C)	**	**	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 64. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da centrosema, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significâncias do teste F para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	66	54	14,4	13,9	259	484	606	572	63	41
Calagem 1	76	55	13,5	14,5	299	415	377	450	52	44
Calagem 2	84	50	12,5	14,4	394	370	128	181	35	38
Reg. linear	**	*	**	ns	**	*	**	**	**	ns
Reg. quadr.	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	*

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 65. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com aplicação de Molibdênio ou Cobalto, centrosema cultivada no solo LEa.

Variável dependente	Tratamentos	Equação de regressão
Ferro (ppm) - 1ª corte	Calagem sem Mo com Mo	$\hat{y} = 249,6 + 1,93x$ ns
Zinco (ppm) - 1ª corte	Calagem sem Mo com Mo	$\hat{y} = 58,4 - 0,30x$ $\hat{y} = 68,0 - 0,47x$
Ferro (ppm) - 2ª corte	Calagem sem Co com Co	ns $\hat{y} = 547,4 - 3,82x$

$\hat{y}$  é a estimativa da variável dependente e x as quantidades de calcário utilizadas; ns análise de regressão não significativa.

Tabela 66. Significâncias do teste  $F^1$  para os conteúdos N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Fontes de Variação	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	**	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) \* e \*\* significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 67. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste  $F(1)$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	1,59	2,37	0,22	0,22	1,44	1,75	1,36	1,15	0,25	0,21	0,28	0,36
Calagem 1	1,62	2,86	0,23	0,21	1,38	1,83	1,54	1,11	0,35	0,26	0,28	0,25
Calagem 2	2,26	3,40	0,21	0,21	1,44	1,75	1,92	1,10	0,58	0,33	0,36	0,23
Reg. linear	**	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	*	**	*

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

Tabela 68. Teores de nitrogênio (%), em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de molibdênio (Mo) ou de cobalto (Co).

Tratamentos	Nitrogênio (%) - 2º corte			
	Sem Mo	Com Mo	Sem Co	Com Co
Sem calagem	2,17 b	2,56 a	2,56 a	2,17 b
Calagem 1	2,50 b	3,22 a	2,84 a	2,88 a
Calagem 2	3,37 a	3,42 a	3,37 a	3,42 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, comparadas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 69. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem em função da aplicação ou não de cobalto ou molibdênio

Variável dependente		Equação de regressão
Nitrogênio - 2º corte (%)	Calagem sem cobalto	$\hat{y} = 2,52+0,01x$
	com cobalto	$\hat{y} = 2,20+0,018x$
Nitrogênio - 2º corte (%)	Calagem sem molibdênio	$\hat{y} = 2,17+0,0019x+0,00022x^2$
	com molibdênio	$\hat{y} = 2,63+0,013x$
Manganês - 1º corte (ppm)	Calagem sem molibdênio	$\hat{y} = 520,1-5,85x$
	com molibdênio	$\hat{y} = 495,6-2,61x-0,043x^2$

onde  $\hat{y}$  representa a variável dependente e  $x$  o nível de calagem dentro dos limites estudados.

Tabela 70. Significâncias do teste  $F^1$  para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn, na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Fontes de Variação	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.



Tabela 71. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da centrosema cultivada no solo Latossolo Vermelho distrófico, em função dos níveis de calagem. Significância do teste  $F(1)$  para os componentes linear e quadrático. Média de 12 dados.

Tratamentos	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte
Sem calagem	63	62	5,2	9,2	127	216	507	604	55	58
Calagem 1	68	70	4,8	10,0	163	248	335	440	46	46
Calagem 2	88	79	3,8	9,3	177	249	106	168	28	29
Reg. linear	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	ns

(1)\* e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 72. Significâncias do teste F<sup>1</sup> para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Fontes de Variação	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	10 corte	20 corte	10 corte	20 corte	10 corte	20 corte	10 corte	20 corte	10 corte	20 corte	10 corte	20 corte
Calagem (C)	**	**	ns	ns	**	**	*	ns	**	**	ns	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) \* e \*\* significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 73. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na parte aérea da galactia, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significância do teste F(1) para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	2,30	1,22	0,21	0,21	1,75	1,96	1,83	2,04	0,24	0,17	0,20	0,48
Calagem 1	2,20	1,72	0,19	0,20	1,71	1,98	1,90	2,15	0,32	0,21	0,18	0,45
Calagem 2	2,47	1,79	0,37	0,19	1,89	1,79	2,04	2,08	0,50	0,27	0,19	0,34
Reg. linear	ns	**	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	ns	**
Reg. quadr.	**	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	**	**	ns	*

(\*) e \*\* = Significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 74. Teor de Ca (%) em função dos níveis de calagem, mediante a aplicação ou não de molibdênio para galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho Escuro álico.

Tratamentos	C á l c i o (%)	
	1º C o r t e	
	Sem Molibdênio	Com Molibdênio
Sem Calagem	1,89a	1,83a
Calagem 1	1,92a	1,89a
Calagem 2	1,92 b	2,04a

Médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 75. Significâncias do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico.

Fontes de Variação	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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

Tabela 76. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na parte aérea da galactia, em função dos níveis de calagem, cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico. Significâncias do teste F<sup>1</sup> para os componentes linear e quadrático. MÉ dias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	87	115	8,1	7,3	210	147	585	576	31	38
Calagem 1	88	117	6,3	7,3	214	142	246	311	26	31
Calagem 2	86	111	6,0	6,5	190	159	64	116	20	28
Reg. linear	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	*

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 77. Teores de zinco (ppm) na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Escuro-álico em função da aplicação da calagem e de cobalto.

Tratamentos	Zinco - ppm	
	Sem Cobalto	Com Cobalto
Sem calagem	30 a	32 a
Calagem 1	23 b	30 a
Calagem 2	18 b	22 a

Médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 78. Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Fontes de Variação	Nitrogênio			Fósforo			Potássio			Cálcio			Magnésio			Enxofre			
	1º corte		2º corte	1º corte		2º corte	1º corte		2º corte	1º corte		2º corte	1º corte		2º corte	1º corte		2º corte	
Calagem (C)	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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



Tabela 79. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S (%) na matéria seca da parte aérea da galactia, em função dos níveis de calagem, cultivada no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Significância do teste  $F_1$  para os componentes linear e quadrático. Média de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte	19 corte	29 corte
Sem calagem	1,83	2,04	0,20	0,18	1,87	2,24	1,70	1,58	0,20	0,17	0,36	0,43
Calagem 1	1,58	2,53	0,19	0,16	1,59	1,98	1,99	1,63	0,32	0,18	0,27	0,30
Calagem 2	2,44	2,58	0,20	0,14	1,77	1,87	2,41	1,76	0,59	0,25	0,29	0,24
Reg. linear	**	**	ns	**	*	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	**	**	ns	ns	**	*	ns	ns	**	**	**	ns

(1) \* e \*\* significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 80. Teores de Nitrogênio (%) em galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de Molibdênio. Dados do segundo corte.

Tratamentos	Nitrogênio (%)	
	Sem Mo	Com Mo
Sem calagem	1,77 b	2,30a
Calagem 1	2,24 b	2,82a
Calagem 2	2,52a	2,54a

Médias seguidas das mesmas letras em cada linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 81. Significâncias do teste F<sup>(1)</sup> para os conteúdos de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Fontes de Variação	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	**	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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

Tabela 82. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (ppm) na matéria seca da parte aérea da galactia, dados de dois cortes, cultivadas no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste  $F_1$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados.

Tratamentos	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem	95	117	3,5	6,2	218	140	611	486	49	52
Calagem 1	98	119	4,0	5,2	277	146	339	310	37	31
Calagem 2	118	120	3,5	3,9	253	138	59	99	20	19
Reg. linear	**	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**	**
Reg. quadr.	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 83. Teores de zinco (ppm) na parte aérea da galactia cultivada no solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, em função dos níveis de calagem e mediante a aplicação ou não de cobalto. Dados do primeiro corte.

Tratamentos	Zinco - ppm	
	Sem Cobalto	Com Cobalto
Sem calagem	53 a	47 b
Calagem 1	36 a	38 a
Calagem 2	18 a	21 a

Médias seguidas da mesma letra em cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 84. Significâncias para o teste F<sup>(1)</sup> para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da soja-perene cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo-distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro-álico (LEa).

Fontes de Variação	Nitrogênio Total			
	LVd		LEa	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
Calagem (C)	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	*	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns
C dentro sem Mo	-	-	**	-
C dentro com Mo	-	-	**	-
Mo dentro sem C	-	-	ns	-
Mo dentro C <sub>1</sub>	-	-	*	-
Mo dentro C <sub>2</sub>	-	-	**	-

(1)\* e \*\* = Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 85. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da soja perene cultivada nos solos Latossolo Vermelho Amarelo-distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho - Escuro - álico (LEa). Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Nitrogênio Total Acumulado			
	LVd		LEa	
	1ª corte	2ª corte	1ª corte	2ª corte
Sem calagem (C)	133,6	34,9	171,0	41,0
Calagem 1	142,5	64,1	203,0	93,0
Calagem 2	181,5	199,3	235,0	178,0
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadrática	**	**	ns	ns

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

Tabela 86. Produção de matéria seca (g/vaso) e quantidades totais de nitrogênio (mg/vaso) da soja-perene cultivada no solo LEa, em função dos níveis de calagem<sup>(1)</sup> e mediante a aplicação ou não de molibdênio.

Tratamentos	Matéria seca - 1º corte		N total - 1º corte	
	Sem Mo	Com Mo	Sem Mo	Com Mo
Sem calagem	5,17 b	6,25 a	172 a	180 a
Calagem 1	6,42 a	6,46 a	190 b	210 a
Calagem 2	7,53 b	8,32 a	222 b	257 a

(1) Médias seguidas pelas mesmas letras comparadas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Tabela 87. Significâncias para o teste  $F^1$  para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da centrosema cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa).

Fontes de Variação	Nitrogênio Total			
	LVd		LEa	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	*	*	*
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns

(1)\* e \*\* significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo.

Tabela 88. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da centrosema cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste F<sup>(1)</sup> para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Nitrogênio Total Acumulado			
	LVd		LEa	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Sem calagem	145,4	144,8	221,0	195,0
Calagem 1	152,8	221,6	238,0	223,0
Calagem 2	213,4	372,4	286,0	366,0
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadrática	*	ns	ns	**

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

Tabela 89. Quantidades de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea do centrosema, em função da aplicação ou não de Cobalto e Mo libdênio.

Tratamentos	Nitrogênio Total (mg/vaso)	
	Sem Cobalto	Com Cobalto
Sem Molibdênio	249aA	238aB
Com Molibdênio	254bA	305aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, comparadas na linha, ou pelas mesmas letras maiúsculas, comparadas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 90. Significâncias para o teste F<sup>(1)</sup> para as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na parte aérea da galactia cultivada nos solos Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho Escuro álico (LEa).

Fontes de Variação	Nitrogênio Total			
	LVd		LEa	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Calagem (C)	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	*	*	ns
Cobalto (Co)	ns	ns	ns	ns
C x Mo	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns

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

Tabela 91. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (mg/vaso) na parte aérea da galactia cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa), em função dos níveis de calagem. Significâncias do teste  $F^{(1)}$  para os componentes linear e quadrático. Médias de 12 dados iniciais.

Tratamentos	Nitrogênio total acumulado			
	LVd		LEa	
	1ª Corte	2ª Corte	1ª Corte	2ª Corte
Sem calagem	131,0	104,4	191	54
Calagem 1	126,5	193,1	190	85
Calagem 2	173,4	229,9	223	120
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadrática	**	**	**	ns

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 92. Significâncias do teste F<sup>1</sup> para os conteúdos de molibdênio na parte aérea das leguminosas soja perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa).

Fontes de variação	Soja Perene			Centrosema			Galactia			
	LVd			LVd			LVd			
	1º corte	2º corte	1º corte 2º corte	1º corte	2º corte	1º corte 2º corte	1º corte	2º corte	1º corte 2º corte	
CaIag em(C)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Cobalto (Co)	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo	**	*	ns	*	*	*	*	*	*	*
C x Co	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo x Co	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C sem Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C com Mo	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**
Mo dentro sem C	**	**	**	ns	*	ns	*	*	*	*
Mo dentro C <sub>1</sub>	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo dentro C <sub>2</sub>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C dentro sem Co	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-
C dentro com Co	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-
Co dentro sem C	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-
Co dentro C <sub>1</sub>	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-
Co dentro C <sub>2</sub>	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-
Mo sem Co	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-
Mo com Co	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-
Co sem Mo	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-
Co com Mo	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-

(1) \* e \*\* = Significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo; - = interação não significativa.

Tabela 93. Teores de molibdênio (ppm) na matéria seca da parte aérea das leguminosas soja perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no solo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) para os tratamentos de níveis de calagem e aplicação ou não de molibdênio.

Calagem	Molibdênio	Soja perene						Centrosema						Galactia												
		LVd		LEa		LVd		LEa		LVd		LEa		LVd		LEa										
		1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte									
Sem calagem	Sem	0,02 b	0,03 b	0,15	0,03 b	0,01 a	0,015 b	0,10 a	0,11 b	0,01	0,02 b	0,05 b	0,07	Com	0,88 a	0,90 a	1,08	2,37 a	0,24 a	1,99 a	0,26 a	0,72 a	0,53	1,04 a	0,18 a	0,12
	Sem	0,015 b	0,015 b	0,24	0,44 b	0,68 a	0,015 b	0,07 a	0,15 a	0,72	0,02 b	0,07 a	0,87													
Calagem 1	Sem	0,90 a	0,95 a	0,53	3,33 a	0,48 a	5,10 a	0,29 a	0,33 a	0,90	1,05 a	0,10 a	0,80	Com	0,08 b	0,08 b	0,43	2,47 b	0,07 b	0,36 b	0,29 b	0,17 b	0,39	0,13 b	0,14 b	0,15
	Com	2,37 a	2,48 a	1,15	4,68 a	1,52 a	8,41 a	1,64 a	1,89 a	1,44	3,65 a	1,40 a	0,31													

Médias seguidas pelas mesmas letras dentro de cada nível de calagem não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Ausência de letras indica interação não significativa.

**Tabela 94. Significâncias pelo teste F<sup>(1)</sup> das interações calagem x molibdênio e calagem x cobalto e das regressões para os efeitos da calagem dentro da aplicação ou não de molibdênio e da calagem entre ou não da aplicação de cobalto sobre os conteúdos de molibdênio para as leguminosas forrageiras.**

Fontes de Variação	Soja Perene						Centrosema						Galactia					
	LVd		LEa		LVd		LEa		LVd		LEa		LVd		LEa			
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte		
Calagem sem Mo	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Reg. linear	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Reg. quadrática	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Calagem com Mo	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**		
Reg. linear	**	**	**	**	*	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**		
Reg. quadrática	**	**	**	**	ns	ns	ns	*	*	**	**	**	**	**	**	**		
Calagem sem Co	**	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Reg. linear	**	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Reg. quadrática	*	*	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Calagem com Co	**	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Reg. linear	**	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Reg. quadrática	**	**	**	**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

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

- = interação não significativa.



Tabela 95. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com aplicação de molibdênio.

Leguminosa	Variável dependente	Tratamentos	Equações de Regressão <sup>(1)</sup>
Soja Perene	Molibdênio (ppm) (LVd)	1ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 0,88 - 0,020x + 0,00059x^2$
	(LEa)	2ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 0,91 - 0,020x + 0,00061x^2$
Centrosema	Molibdênio (ppm) (LVd)	2ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 0,03 - 0,012x + 0,00066x^2$
Centrosema	Molibdênio (ppm) (LEa)	1ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 2,31 + 0,033x$
Galactia	Molibdênio (ppm) (LVd)	1ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 0,10 + 0,018x$
Galactia	Molibdênio (ppm) (LEa)	2ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 1,96 + 0,092x$
Galactia	Molibdênio (ppm) (LVd)	1ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 0,26 - 0,018x + 0,00054x^2$
Galactia	Molibdênio (ppm) (LEa)	2ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 0,72 - 0,039x + 0,00080x^2$
Galactia	Molibdênio (ppm) (LVd)	2ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 1,04 - 0,073x + 0,0010x^2$
Galactia	Molibdênio (ppm) (LEa)	1ª corte - Calagem Sem Mo	ns
		Com Mo	$\bar{y} = 0,18 - 0,013x + 0,00031x^2$

(1) onde y representa a variável estudada e o x o nível de calagem dentro dos limites utilizados.

Tabela 96. Teores de molibdênio (ppm) na parte aérea da soja perene e teores de cobalto (ppm) na parte aérea da galactia cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) em função da aplicação ou não de molibdênio e de cobalto.

Tratamentos		Molibdênio			Cobalto	
		Soja Perene			Soja Perene	Galactia
		LVd		LEa	LVd	LEa
		1º corte	2º corte	2º corte	2º corte	2º corte
Sem molibdênio	Sem Co	0,02a	0,01a	0,82a	0,25 b	0,20a
	Com Co	0,06a	0,07a	1,14a	0,34a	0,31 b
Com molibdênio	Sem Co	1,11 b	1,19 b	3,06 b	0,23 b	0,22 b
	Com Co	1,65a	1,70a	3,86a	0,26a	0,28a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 97. Teores de molibdênio (ppm) na parte aérea da soja-perene, em função da aplicação de calagem e de cobalto, cultivada nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVa) e Latossolo Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa).

Tratamentos		Soja-perene		
		LVd		LEa
		1º corte	2º corte	2º corte
Sem calagem	Sem Co	0,41 a	0,43 a	1,23 a
	Com Co	0,49 a	0,51 a	1,17 a
Calagem 1	Sem Co	0,40 a	0,44 a	1,55 b
	Com Co	0,51 a	0,52 a	2,23 a
Calagem 2	Sem Co	0,88 b	0,94 b	3,04 b
	Com Co	1,56 a	1,62 a	4,10 a

Médias seguidas pela mesma letra, no mesmo nível de calagem, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 98. Equações de regressão para os efeitos de níveis de calagem em função dos tratamentos sem ou com aplicações de cobalto.

Cultura	Variável dependente	Tratamentos	Equações de regressão <sup>(1)</sup>
Soja-perene	Molibdênio (ppm) - 1º corte - Calagem (LVd)	Sem Co	$\hat{y} = 0,41 - 0,0072x + 0,00020x^2$
		Com Co	$\hat{y} = 0,49 - 0,014x + 0,00042x^2$
	2º corte	Sem Co	$\hat{y} = 0,43 - 0,0063x + 0,00019x^2$
		Com Co	$\hat{y} = 0,51 - 0,015x + 0,00044x^2$
Molibdênio (ppm) - 2º corte (LEa)	Sem Co	$\hat{y} = 1,23 - 0,0079x + 0,00048x^2$	
	Com Co	$\hat{y} = 1,17 + 0,0185x + 0,00033x^2$	

<sup>(1)</sup> onde y representa a variável estudada e x o nível de calagem dentro dos limites estudados.

Tabela 99. Significâncias do teste F<sup>1</sup> para os conteúdos de cobalto na parte aérea das leguminosas soja-perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e no Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa).

Fonte de Variação	Soja perene				Centrosema				Galactia			
	LVd		LEa		LVd		LEa		LVd		LEa	
	1 <sup>o</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	1 <sup>o</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	1 <sup>o</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	1 <sup>o</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	1 <sup>o</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte	1 <sup>o</sup> corte	2 <sup>o</sup> corte
Calagem (C)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Molibdênio (Mo)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cobalto (Co)	ns	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C x Mo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Co	ns	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x Mo x Co	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C d sem Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C d com Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo d sem C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo d C 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo d C 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C d sem Co	-	**	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C d com Co	-	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Co d sem C	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Co d C 1	-	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Co d C 2	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo d sem Co	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo d com Co	-	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Co d sem Mo	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Co d com Mo	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(1) \* e \*\* significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.  
ns = não significativo e - interação não significativa.

Tabela 100. Teores de cobalto (ppm) na matéria seca da parte aérea das leguminosas soja perene, centrosema e galactia cultivadas nos solos Latos solo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) para os tratamentos de níveis de calagem e aplicação ou não de cobalto.

Calagem	Cobalto	Soja Perene				Centrosema				Galactia			
		LVd		LEa		LVd		LEa		LVd		LEa	
		1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Ausente	Sem	0,20	0,18 b	0,14 b	0,11 b	0,27	0,34 b	0,20	0,16	0,29 b	0,35 b	0,32 b	0,20 b
	Com	0,27	0,29a	0,34a	0,26a	0,41	0,65a	0,27	0,28	0,47a	0,61a	0,45a	0,35a
Cal <sub>1</sub>	Sem	0,42	0,31a	0,11 b	0,14 b	0,24	0,26a	0,26	0,12	0,24a	0,26 b	0,29a	0,20 b
	Com	0,38	0,31a	0,21a	0,21a	0,35	0,33a	0,29	0,25	0,30a	0,40a	0,31a	0,29a
Cal <sub>2</sub>	Sem	0,32	0,31a	0,03a	0,07a	0,25	0,27a	0,25	0,10	0,21a	0,24a	0,24a	0,23a
	Com	0,27	0,30 b	0,10a	0,12a	0,34	0,27a	0,26	0,21	0,23a	0,25a	0,24a	0,24a

Médias seguidas pelas mesmas letras, dentro de cada nível de calagem, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Ausência de letras indica que a interação calagem x cobalto não foi significativa.

Tabela 101. Significâncias pelo teste  $F^1$  das interações calagem x molibdênio e calagem x cobalto e das regressões para os efeitos da calagem dentro da aplicação ou não de molibdênio e da calagem dentro da aplicação ou não de cobalto sobre os conteúdos de cobalto para as leguminosas forrageiras.

Fontes de Variação	Soja Perene			Centrosema			Galactia		
	LVD			LVD			LVD		
	20 corte	10 corte	20 corte	20 corte	10 corte	20 corte	10 corte	20 corte	
Calagem/sem Mo	**	**	**	-	-	-	-	-	
Reg. linear	*	**	**	-	-	-	-	-	
Reg. quadr.	**	**	**	-	-	-	-	-	
Calagem/com Mo	ns	ns	**	-	-	-	-	-	
Reg. linear	*	**	**	-	-	-	-	-	
Reg. quadr.	ns	**	*	-	-	-	-	-	
Calagem/sem Co	**	*	**	ns	ns	**	**	ns	
Reg. linear	**	**	**	ns	*	**	**	ns	
Reg. quadr.	**	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	
Calagem/com Co	ns	**	**	**	**	**	**	**	
Reg. linear	ns	**	**	**	**	**	**	**	
Reg. quadr.	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	

(1) \* e \*\* significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo e - interação não significativa.

Tabela 102. Equações de regressão para os efeitos dos níveis de calagem em função de calagem dos tratamentos sem ou com aplicação de cobalto.

Leguminosa	Variável dependente	Tratamentos	Equações de regressão
Soja perene	Cobalto - ppm LVd - 2º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,18+0,00575-0,000084x^2$ ns
	Cobalto - ppm LEa - 1º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,15-0,0015x$ $\bar{y} = 0,34-0,0035x$
	Cobalto - ppm LEa - 2º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,11+0,0022x-0,000041x^2$ $\bar{y} = 0,27-0,0020x$
	Cobalto - ppm LVd - 2º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,61-0,0054x$ ns
Galactia	Cobalto - ppm LVd - 1º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,29-0,0013x$ $\bar{y} = 0,45-0,0033x$
	Cobalto - ppm LVd - 2º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,34-0,0016x$ $\bar{y} = 0,60-0,0052x$
	Cobalto - ppm LEa - 1º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,32-0,0012x$ $\bar{y} = 0,45-0,0054x+0,000034x^2$
	Cobalto - ppm LEa - 2º corte	Calagem sem Co com Co	$\bar{y} = 0,35-0,0016x$ ns

(1) onde y representa a variável estudada e o x o nível de calagem dentro dos limites empregados.