

**EFEITO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE FOSFATO MONOAMÔNICO E
SULFATO DE ZINCO SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO
CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) EM CONDIÇÕES DE
DIFERENTES NÍVEIS DE SATURAÇÃO POR BASES**

ROGER JESUS MUÑOZ HERNANDEZ

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

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

P I R A C I Ç A B A

Estado de **São Paulo - Brasil**

Julho - 1998

A Deus

À minha mãe, **Belkis**, **a** minha gratidão, **pelo seu** carinho, **apoio**, confiança e compreensão, que possibilitaram a conquista deste objetivo, em prol **da** minha formação **acadêmica**.

Aos meus irmãos, **Leda**, **Francisco**, **Maricela**, **Ronald**, **Breda**, **Gioconda**, **Belkis**, **John Leopoldo**, pela solidariedade, incentivo e respeito que sempre me **dedicaram**.

Ao meu **pai**, **Rafael Francisco**,
(*inmemoriam*)

A todos eles, com muito amor,

DEDIÇÃO

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai todo-poderoso, toda honra, glória e louvor agora e para sempre, por sua presença durante todo o tempo, pela saúde e perseverança concedidas para mais esta realização.

À Universidade de São Paulo e ao Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Campus de Piracicaba, por ter permitido meu ingresso e a oportunidade de realização do Curso.

Ao CNPq pela concessão da Bolsa de Estudo.

Ao Professor Doutor Ronaldo Ivan Silveira, pela amizade e confiança, experiente orientação durante o curso e pelas suas constantes e valiosas contribuições na realização deste trabalho.

Aos Professores do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, pela amizade e contribuições nos ensinamentos transmitidos.

Ao Professor Doutor Geraldo Victorino de França, Ex-Coordenador do Curso, pela amizade com que me distinguiu e pela especial atenção.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação, pela amizade e pela atenção dispensada.

Aos meus colegas **de** Curso, pela amizade durante **o** nosso convívio.

À Ila Cardim Rêgo, **pela** estima, pelo **apoio**, pela troca *de* idéias e, sobretudo, **pela** sincera amizade demonstrada no decorrer do curso.

À Kátia Maria de Andrade Ferras e Eliana Maria Garcia Sabino, pelo auxílio na **revisão e correção** das referencias **bibliográficas consultadas** e principalmente, **pela** sincera amizade *e* **pela** especial atenção **dispensada**.

À Clotilde Maria Batochío Cunha, **pela** digitação da Tese *e* **dedicação na** correção do uso da **língua portuguesa** e **pela** especial atenção.

À D^a Yvonne Balbaud, D^a Alzira Tuzini *e* José Roberto Martins **pela** acolhida, **pelo** estímulo, **pela** amizade sincera *e* por ter tornado **mais** agradável a minha convivência.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pela **valiosa ajuda** durante **a3** diversas **fases da pesquisa**.

A todos aqueles, que de uma forma ou *de* outra, contribuíram **para a** realização **deste** trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xvii
RESUMO	xx
SUMMARY	xxiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O zinco no solo e na planta	3
2.1 .I. Aspectos gerais	3
2.1.1.1. Funções	3
2.1.1.2. Sintomas de deficiência	4
2.1.1.3. O zinco na adubação foliar na cafeicultura	4
2.2. Fósforo no solo e na planta	10
2.2.1. Aspectos gerais	10
2.2.1.1. Funções	11
2.2.1.2. Sintomas de deficiência	12
2.2.1.3. O fósforo na adubação folias na cafeicultura	12

3. MATERIAL E METODOS.....	15
3.1. Localização do experimento.....	15
3.2. Caracterização e preparo do solo.....	15
3.3. Caracterização química do substrato.....	16
3.4. Tratamentos.....	17
3.5. Delineamento experimental e análise estatística.....	17
3.6. Calagem, incubação e fornecimento de nutrientes.....	18
3.7. Condução do experimento.....	21
3.8. Colheita das plantas.....	22
3.9. Análise química das plantas.....	22
3.10. Parâmetros avaliados.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Parâmetro de crescimento.....	24
4.1.1. Produção de material seco da parte aérea.....	24
4.1.1.1. Saturação por bases de 50%.....	24
4.1.1.2. Saturação por bases de 70%.....	27
4.2. Absorção de nutrientes.....	32
4.2.1. Zinco.....	32
4.2.1.E. Saturação por bases de 50%.....	32
4.2.1.I.1. Concentração.....	32
4.2. I.2.1. Acúmulo.....	35

4.2.1.2. Saturação por bases de 70%	44
4.2.1.2.1. Concentração.....	44
4.2.1.2.2. Acúmulo	49
4.2.2. Fósforo.....	59
4.2.2. 1. Saturação por bases de 50%	59
4.2.2.1.1. Concentração.....	59
4.2.2.2.1. Acúmulo	67
4.2.2.2. Saturação por bases de 70%	74
4.2.2.2. 1. Concentração.....	74
4.2.2.2.2. Acúmulo	82
4.2.3. Cálcio,	91
4.2.3.1. Saturação pos bases de 50%	91
4.2.3.1.1. Concentração.....	91
4.2.3.2.1. Acúmulo	94
4.2.3.2. Saturação por bases de 50%	99
4.2.3.2. 1. Concentração.....	99
4.2.3.2.2. Acúmulo	101
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
6. CONCLUSÃO	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

LISTA DE TABELAS

Página

1	Características químicas da amostra de terra coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, utilizada no estudo.....	17
2	Resultados das análises granulométrica <i>e</i> química da amostra de calcário utilizado no experimento.....	19
3	Quantidades <i>e</i> fontes de nutrientes utilizados no estudo	20
4	Resumo das análises de variância do material seco acumulado na parte aérea das plantas de café, em função da saturação por bases	24
5	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação pot bases de 50%.....	25
6	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico <i>e</i> sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%	26
7	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%	27
8	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70% ,.....	28
9	Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico <i>e</i> sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%	29

10	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	32
11	Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	33
12	Resumo das análises de variância para os parâmetros zinco acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%	35
13	Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	36
EA	Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%	37
15	Quantidade acumulada de Zn nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%	38
16	Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%	41
17	Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	41

18	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule , ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	44
19	Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	45
20	Concentração de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	47
21	Resumo das análises de variância para os parâmetros zinco acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	49
22	Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	50
23	Quantidade acumulada de Zn nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	51
24	Quantidade acumulada de Zn nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	52
25	Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	54

26	Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	54
27	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação pot bases de 50%.....	59
28	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação pot bases de 50%.....	60
29	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	61
30	Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	63
31	Concentração de P nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	65
32	Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	67
33	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	68
34	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	69

35	Quantidade acumulada de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	70
36	Quantidade acumulada de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	71
37	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	74
38	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.....	75
39	Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	77
40	Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	78
41	Concentração de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	80
42	Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.....	82
43	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.....	83

44	Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%	84
45	Quantidade acumulada de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	85
46	Quantidade acumulada de P nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	87
47	Quantidade acumulada de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	91
48	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	92
49	Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.....	93
50	Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.....	93
51	Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.....	94

52	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%	95
53	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%	96
54	Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%	97
55	Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%	99
56	Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%	100
57	Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%	101
58	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%	302
59	Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%	103

60	Quantidade acumulada de Ca nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico <i>e</i> sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	104
61	Quantidade acumulada de Ca nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico <i>e</i> sulfato <i>de</i> zinco para a saturação por bases de 70%.....	106
62	Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das <i>doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação</i> pos bases de 70%.....	108
63	Quantidade acumulada de Ca no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.....	110

LISTA DE FIGURAS

	Página
1	Curvas de resposta da produção de material <i>seco</i> acumulado na parte aérea das plantas de café em função da interação P * Zn..... 31
2	Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn..... 40
3	Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....42
4	Curvas de resposta do zinco acumulada no caule das plantas de café em função da interação P * Zn..... 43
5	Curvas de resposta do teor de zinco no caule das plantas de café em função da intenção P * Zn..... 48
6	Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn..... 53
7	Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn..... 56
8	Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da intenção P * Zn.....57
9	Curvas de resposta do zinco acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn..... 58

10	Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn	64
11	Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn	66
12	Curva de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn ,.....	72
13	Curva de resposta do fósforo acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn	73
14	Curvas de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn ,.....	79
15	Curvas de resposta do teor de fósforo nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn	81
16	Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn	86
17	Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn ,.....	88
18	Curvas de resposta do fósforo acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn	90
19	Curva de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn ,.....	98

20	Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	105
21	Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.....	107
22	Curvas de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.....	109
23	Curvas de resposta do cálcio acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.....	111

**EFEITO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE FOSFATO MONOAMÔNICO E
SULFATO DE ZINCO SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO
CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.) EM CONDIÇÕES DE
DOIS NÍVEIS DE SATURAÇÃO POR BASES**

Autor: ROGER JESUS MUÑOZ HERNANDEZ

Orientador: Prof. Dr. RONALDO WAN SILVEIRA

RESUMO

O experimento foi realizado **em casa de vegetação do** Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, visando **avaliar o efeito da aplicação foliar de sulfato de zinco e fosfato monoamônico**, sobre a nutrição mineral do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) **para dois níveis de saturação por bases.**

O solo classificado como Latossolo vermelho amarelo, textura arenosa, foi coletado na camada de 0 - 20 cm e o **ensaio conduzido em vasos de 10 dm³**, sob delineamento **experimental fatorial 3 x 3 inteiramente casualizado**, com 3 repetições, sendo **3 doses** de sulfato de zinco (0, 0,5 e 1,0%) e **3 doses** de fosfato monoamônico (0, 0,5 e 1,0%) **para dois níveis de saturação por bases (50 e 70%).**

O solo estudado foi incubado com o material corretivo referente aos tratamentos, por **28 dias**. As pulverizações das plantas foram realizadas de **30 em 30 dias**.

A colheita foi efetuada **aos 8 meses após** o transplante. Foram coletados separadamente, **caule**, ramos e **folhas** e o **material verde** foi **seco** em estufa a **65°C**. Foram avaliados o material seco da parte aérea, a **concentração** e a **absorção de nutrientes pelas plantas**.

Os resultados **obtidos** demonstraram que a **saturação por bases de 50%**, a **adubação fosfatada** influenciou positivamente a **produção de material seca**. Para a **saturação por bases de 70%**, a **aplicação foliar de sulfato de zinco e fosfato monoamônico** aumentou significativamente o crescimento. **Houve redução na produção de material seco da parte aérea com** aumentos da dose **de sulfato de zinco**, sendo as maiores produções **obtidas** pela aplicação da dose **0,5% de sulfato de zinco com a dose 0,5%** de fosfato monoamônico **para a saturação por bases de 50%** e com **as doses 0,41%** de sulfato de zinco com a dose **0,5% de fosfato monoamônico** e **0,47%** de **sulfato de zinco com a dose 1,0% de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%**.

Para a **saturação por bases de 50%**, as doses **de sulfato de zinco aplicadas** aumentaram a **concentração e o acúmulo de zinco e cálcio**, enquanto os teores **e as quantidades absorvidas de fósforo** diminuíram com a **aplicação de sulfato de zinco**.

A aplicação foliar de fosfato monoamônico aumentou a concentração de fósforo e diminuiu a de cálcio, enquanto as quantidades de nutrientes absorvidos para fósforo aumentaram com o fosfato monoamônico aplicado e diminuíram para zinco e cálcio.

As folhas apresentaram as maiores concentrações e acúmulos de fósforo, zinco e cálcio, enquanto o caule mostrou as menores concentrações e conteúdos dos nutrientes.

Para a saturação por bases de 70%, a aplicação foliar de sulfato de zinco aumentou a concentração de zinco, fósforo e cálcio. O sulfato de zinco aplicado aumentou o acúmulo de zinco e diminuiu o de fósforo e cálcio.

Houve incremento na concentração e quantidade absorvida para fósforo e redução no acúmulo de cálcio com a aplicação foliar de fosfato monoamônico.

As folhas mostraram maiores teores e quantidades acumuladas de fósforo, zinco e cálcio. O caule apresentou menor teor e conteúdo dos nutrientes.

A interação fosfato monoamônico * sulfato de zinco afetou o crescimento e a nutrição mineral do cafeeiro. O teor e acúmulo de zinco, fósforo e cálcio foram influenciados pela absorção e translocação dos nutrientes.

EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF MONOAMMONIUM PHOSPHATE
AND ZINC SULPHATE ON MINERAL NUTRITION OF COFFEE
(*Coffea arabica* L.) AT TWO SOIL BASE SATURATIONS

Author: ROGER JESUS MUÑOZ HERNANDEZ

Adviser: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

SUMMARY

The experiment was carried out in green house of Soil Science Department at Agriculture Superior School "Luiz of Queiroz", USP, in order to evaluate the effect of foliar applications of monoammonium phosphate and zinc sulphate on mineral nutrition of coffee (*Coffea arabica* L.) at 50 or 70% of soil base saturation.

The soil red-yellow latossol, sandy, was collected in the 0-20 cm layer and the experiment was conducted in a 60 dm³ size pot trial, with a completely randomized 3 x 3 factorial design, with three replications, given three foliar sprays of monoammonium phosphate at 0, 0.5 and 1.0% and zinc sulphate at 0, 0.5 and 1.0% for two lime adjusted soil base saturations (50 and 70%).

The soil **was** incubated with **lime** treatments for 28 **days**. The foliar **sprays were applied** at 30 day intervals.

The plants **were** harvested **at** 8 months after transplanting. The material **was** divided into stem, branches **and** leaves **and** dried at 65°C.

Coffee **herbage dry weights**, nutrient concentrations and uptake **were** evaluated.

The results **showed that phosphorus** fertilization influenced positively dry matter production at 50% of soil saturation. Foliar **applications** of zinc sulphate **and** monoammonium phosphate improved the coffee growth **at 70%** of soil base saturation. There **was a** decrease in **dry** matter production of **tops** with the increase of zinc sulphate **rates**. The highest productions **were** obtained with foliar **sprays** of **0.5%** monoammonium **phosphate and** 0.5% zinc sulphate at 50% of soil base saturation and foliar **sprays** of **0.5% and** 1.0% monoammonium **phosphate and** 0.41 % **and** 0,47% zinc sulphate respectively, at 70% of soil base saturation.

At 50% of soil **base** saturation the concentration and plant Zn **and** Ca **uptake increased as** zinc sulphate rates increased. The concentration **and** plant **P uptake** decreased with foliar application **of** zinc **sulphate**.

The monoammonium phosphate applied increased the **concentration** of **P** but **decreased** the concentration of Ca. Monoammonium phosphate application increased plant P uptake but decreased plant Zn **and** Ca **uptake**.

The highest concentrations **and** uptake of P, Zn **and** Ca **were** found in the **leaves and** the lowest concentrations and **uptake were** found in the stem.

At 70% of soil saturation the foliar application of zinc **sulphate** increased the concentrations of Zn, P **and** Ca. **The** zinc sulphate **applied** increased **plant Zn uptake**, but decreased **plant P and Ca uptake**.

There **was a** increasing in the Concentration and Plant **P uptake** with foliar application of monoammonium phosphate. Decreases in plant **Ca uptake** with increases in monoammonium phosphate were observed.

The highest concentrations and **uptake** of P, Zn and Ca **were found** in the leaves and the lowest concentrations **and uptake were found** in the stem.

Monoammonium phosphate * zinc sulphate interaction affected growth and mineral nutrition of coffee. The concentrations and **uptake** of P, Zn and Ca were **influenced** by absorption and translocation of nutrients.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do café, a mais difundida na faixa tropical, contribui através das exportações dos produtos agrícolas, com aproximadamente 15% da receita total. Além de sua importância econômica, a área cultivada, distribuída principalmente pelos Estados de MG, SP, ES, PR e BA, mostra a relevância desta cultura na produção nacional.

Com a expansão da cafeicultura, atingindo áreas com solos de baixa fertilidade natural, notoriamente ácidos e pobres em nutrientes, são de suma importância, práticas de manejo dos solos para contornar essas limitações como incorporação de calcários, adubação equilibrada para obtenção de rendimentos agrícolas economicamente satisfatórios. Portanto, a pesquisa é fundamental para obter condições que permitam alcançar aumentos de produtividade.

Dentre os fatores que afetam a produtividade, a eficiência na absorção de nutrientes assume papel importante no sistema de produção agrícola. Para que uma planta se desenvolva normalmente, os elementos minerais devem encontrar-se em disponibilidade no solo e em concentrações adequadas nas plantas. O excesso ou

deficiência de apenas um deles pode provocar um desequilíbrio fisiológico que resultará em prejuízos de desenvolvimento.

Vários trabalhos têm sido conduzidos na nutrição do cafezal, porém, é necessário um conhecimento profundo dos nutrientes nos programas de **adubação**, além **do** comportamento de cafeeiro durante **os seus** vários estágios de desenvolvimento. Também é necessário quantificar **cada** nutriente na matéria **seca** das **plantas**, de forma a possibilitar a melhoria da nutrição.

A adubação é uma prática agrícola que tem o objetivo de aumentar a concentração dos elementos essenciais **na** solução **do** solo sempre que **a** velocidade de transferência **da** fase sólida for insuficiente **ou** a concentração **dos** elementos for baixa, tornando o solo deficiente nos elementos. Entretanto, o uso **da** adubação foliar tem demonstrado sua importância e se tornado cada **vez** mais comum devido à eficiência e à rápida absorção dos nutrientes através **das** folhas, em relação à adubação **tradicional** **via** solo e sistema **radicular**.

Com base nessas premissas, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito **da** saturação **por bases** e da aplicação foliar **de** fosfato monoamônico e **sulfato** de zinco na nutrição mineral **de** plantas de café (*Coffea arabica* L.), **para** dois níveis de saturação por bases.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O zinco no solo e na planta

2.1.1. Aspectos gerais

O zinco tem se constituído num nutriente cuja carência é comumente encontrada nos **cafezais** *de* todas as regiões em **que é cultivado**, sendo um dos nutrientes mais limitantes à **produção** de café (Malavolta, 1986). A disponibilidade *de* zinco é **baixa em** solos argilosos, intemperizados e com altos teores **de** óxidos de ferro, alumínio e manganês e é prejudicada **pela** elevação do pH decorrente da calagem *e* **pela** adição desequilibrada **de** adubos fosfatados (Camargo, 1988; Souza & Ferreira, 1991) **o que dificulta o seu fornecimento via solo.**

2.1.1.1. Funções

A função mais importante **do** zinco nos **processos metabólicos** das **plantas** é como **componente** de **várias** enzimas. A participação do zinco está associada **ao** metabolismo de **carboidratos** e **proteínas**, **de** **fosfatos** e **também** na formação de **auxinas**, **RNA** e **ribossomas** (Malavolta, 1980; Dechen et al., 1991).

2.1.1.2. Sintomas de deficiência

Os sintomas típicos da carência **de** zinco no cafeeiro **são**, em geral, **mais** acentuados na face do pé-de-café e nos ponteiros superiores. **A** deficiência consiste no encurtamento **de** internódios, morte de **gemas** terminais **e** superbrotamento, folhas **novas**, estreitas, lanceoladas e coriáceas, formação **de** um tufo ou roseta **de** folhas novas na ponta **do** ramo **e depois da poda**, folhas **dobradas** ao longo **da** nervura principal **e** com margens amareladas, **além de** frutos menores (Malavolta, 1980; Malavolta, 1993).

2.1.1.3. O zinco na adubação foliar na cafeicultura

Para atender as demandas vegetativa e produtiva do cafeeiro, tem **ido** sugerida a nutrição foliar **como** o modo mais eficiente **de** suprimento **de** zinco,

Pereira et al. (1965), estudando a translocação de diferentes compostos, observaram menor mobilidade do ^{65}Zn no cafeeiro que em outras plantas.

Ao avaliar **uma** técnica **para** estudos de absorção por folhas **inteiras** de **cafeeiro**, Blanco et **al** (1971) observaram **que** a **velocidade** de absorção de uma **solução de sulfato de zinco**, foi ascendente para **as** 24 horas iniciais, tendendo **a** estabilizar-se **nas** 24 horas subseqüentes.

Blanco et al. (1972a) verificaram que a absorção de Zn por tecido foliar de cafeeiro, inicialmente, foi rápida e linear em função do tempo, até os 40 minutos. Após esse período, a absorção diminuiu de intensidade, representando, em cada 10 minutos, um quarto da quantidade retirada no período inicial pelo mesmo espaço de tempo.

Estudando o efeito da taxa de absorção de zinco por folhas inteiras de cafeeiro provocada por diversos sais, Blanco et al. (1972b) mostraram que o teor médio de Zn absorvido quando o elemento foi fornecido pelo nitrato de zinco, foi significativamente menor que aquele dado pelo sulfato de zinco. As absorções com acetato de zinco e cloreto de zinco apresentaram uma posição intermediária dentro dos compostos usados como fontes de Zn, sendo o sulfato de zinco o composto que permitiu maior absorção.

Paula (1975) encontrou uma relação linear entre o nível de zinco aplicado e o teor foliar em *Coffea arabica* L., variedade Mundo Novo. A pulverização com sulfato de zinco diminuiu o teor de fósforo e cálcio nas folhas.

Silva (1979) ao avaliar a influência de doses de sulfato de zinco aplicadas por via foliar no cafeeiro, observou que as doses de 1,0 e 2,0 g de sulfato de zinco por 150 ml de solução, mostraram as maiores produções, com teores de zinco nas folhas respectivamente de 19,4 mg kg⁻¹ e 15,9 mg kg⁻¹. A aplicação de 6,0 g de sulfato de zinco incrementou a produção em 82%. As doses aplicadas a partir de 8,0 g de sulfato de zinco até 18,0 g causaram um decréscimo na produção e o teor de zinco nas

folhas atingiu 41 mg kg⁻¹. As folhas mais novas apresentaram-se coriáceas e quebradiças, com um amarelecimento generalizado.

Garcia et al. (1980), estudando a absorção de zinco via foliar pelo cafeeiro, na presença de outros sais, observaram que o foliar completo NPK-Mg e o MAP mostraram efeito ligeiramente antagônico à absorção de zinco, porém, os níveis obtidos ainda foram suficientes para suprir o cafeeiro. A uréia, o sulfato e o cloreto de potássio apresentaram efeitos positivos na absorção, com destaque para o cloreto de potássio, evidenciando o efeito benéfico dos íons cloreto.

Garcia & Salgado (1981) ao estudarem a eficiência de diversas fontes de zinco, observaram que a absorção do zinco pelo cafeeiro foi mais eficaz pelo cloreto de zinco que pelo sulfato de zinco. Também o nitrato promoveu uma melhor absorção do zinco. As doses de 0,162 g de Zn na forma de cloreto ou nitrato resultaram em níveis foliares semelhantes àqueles obtidos com a dose de 0,325 g de Zn na forma de sulfato.

Martins et al. (1981) fornecendo zinco foliar ao cafeeiro, notaram uma correlação positiva entre os níveis de zinco e a produção e o tamanho dos grãos de café.

Oliveira et al. (1981) comparando o fornecimento não radicular de fontes de zinco em cafeeiro constataram que a produção máxima calculada de café beneficiado foi obtida com aplicação de E, 17% de NZN, fertilizante líquido nitrogênio-zinco. A aplicação de doses crescentes de NZN provocou aumento nas concentrações de zinco, na grande safra os teores cresceram de 47 mg kg⁻¹ até 158 mg kg⁻¹. A concentração de zinco relacionada com a maior produção do cafeeiro foi 20 mg kg⁻¹.

Fenner & Adamson (1982) constataram **que a pulverização** com ZnO_2 aumentou a concentração foliar de zinco **de 31 mg kg⁻¹ até 53 mg kg⁻¹**. As plantas de café não **pulverizadas** mostraram teores de 11-17 mg kg⁻¹.

Garcia et al. (1983) concluíram **que os adubos** foliares formulados, se **usados** com equivalência nos **temes** de zinco, equivalentes à **aplicação** feita na forma de sulfato de zinco, **poderão** ter comportamento semelhante, **porém o custo pode** ser fator limitante.

Guimarães et al. (1983) avaliando o efeito **do** fornecimento foliar do sulfato de zinco na **produção** e composição mineral das folhas de cafeeiro, encontraram **que os** tratamentos sulfato de zinco a 1% **em urna** aplicação e sulfato de zinco a 0,5% em três aplicações **promoveram as** máximas produções, tratamentos **que** garantiram nas folhas 21-25 mg kg⁻¹ de Zn, faixa acima **da qual a** produção caiu.

Kupper et al. (1983) aplicando **doses** crescentes de óxido e **sulfato de** zinco **em** cafeeiro **em** produção, **notaram** maior teor foliar no tratamento **pulverizado** com 0,6%, quando **comparada** com a aplicação no solo.

Pereira et al. (1984) **ao** avaliar produções de café **obtidas com** diferentes doses e diferentes **modos de** aplicação de duas **fontes** de zinco, observaram aumentos de **produção da** ordem de 35 a 71%, com a aplicação foliar **em** relação à testemunha. Com a aplicação **em** cobertura única, o sulfato de zinco apresentou melhores **resultados** com **as** maiores **doses**, sendo **que** o óxido de zinco mostrou melhores **resultados** com menores **doses**.

Santinato *et al.* (1986) ao compararem o sulfato e o quelato de zinco na aplicação foliar no cafeeiro, encontraram equivalência do **sal** e do quelato testado **ne** fornecimento **de** zinco, até os **60 dias** após a aplicação. **As quantidades aplicadas**, **0,26 g** de zinco e **0,07 g** de zinco, respectivamente, foram suficientes **para** manter o nível **de** zinco foliar acima **do** limiar ($> 10 \text{ mg kg}^{-1}$) até os **60 dias** após a aplicação, ficando condicionado o **uso** do quelato em substituição **ao sal**, a fatores comerciais.

Abrahão *et al.* (1989) objetivando **verificar** a influência do cloreto **de** potássio na absorção **de** zinco constataram uma tendência do cloreto **de** potássio em aumentar **a** absorção de sulfato de zinco. **A** utilização de sulfato de zinco elevou **de** maneira linear **a** concentração de **zinco nas** folhas.

Com o objetivo **de** avaliar o efeito do zinco na produção **e estado** nutricional do cafeeiro, **Chaves** (1989) verificou resposta quanto **ao** uso de **zinco**, especialmente quando **aplicado via** foliar **e** em presença **de** calcário. **A** utilização de sulfato de zinco **a** 0,5% em duas pulverizações anuais foi suficiente **para** suprir **a** demanda **do** nutriente, conferindo aumentos na produtividade **de** mais **de** 100% em relação ao tratamento com ausência **de** zinco **e** presença de calcário. Os teores de zinco na folha se apresentaram dentro **de** padrões considerados como **altos e as** aplicações no solo **não** contribuíram **para** elevar os teores do elemento na folha **a** valores considerados como adequados.

Ao avaliar a eficiência na correção, suprimento **e** manutenção do teor de **zinco** foliar adequado ao **cafeeiro**, Santinato & Camargo (1989) concluíram que a **associação do** cloreto **de** potássio 1% com o sulfato **de** zinco 0,6%, bem como o

produto comercial Ager zinco testado, pela eficiência superior ao sulfato de zinco 0,6% isolado, **mostraram** que pode-se **reduzir a dose de zinco** por planta **e por ves**, para **4 a 8** vezes menos.

Abrahão et al. (1990) estudando os efeitos de aplicações foliares com sulfato **de** zinco, na ausência **e** presença de cloreto de potássio **concluíram que** doses crescentes **de** sulfato de zinco, **via** foliar, bem **como** o número de aplicações, provocaram **um** aumento linear **no** teor foliar **de** zinco. Na **dosagem** utilizada, o cloreto de potássio aumentou **a** absorção de zinco, **em** média, 167%, **afetando de** forma negativa a produção.

Utilizando cloreto **de** potássio e oxiclreto de cobre, Cordeiro' et **al.** (1990) **estudaram** os efeitos na absorção foliar de zinco pelo cafeeiro. Na ausência de oxiclreto **de** cobre, os teores máximos de zinco ocorreram **após 27 e 36 horas** do início **da** absorção para **as** doses de KCl de 0,4 **e** 0,73%, respectivamente. **Quando se** utilizou oxidoreto **de** cobre 0,8%, estes tempos estenderam-se além **das 48** horas do estudo. **Sem** levar **em** consideração **a** concentração foliar **de** zinco mais **adequada** ao crescimento **do** cafeeiro, os tempos para atingir **um** teor foliar equivalente, **a** 100 mg kg⁻¹ de zinco foram sempre menores na ausência de oxiclreto de cobre.

Rena et **al.** (1990) verificaram **o** efeito **da** presença **de** uréia **e** cloreto de potássio, sobre a absorção foliar de zinco pelo cafeeiro. **A** uréia não aumentou a absorção **de** zinco pelas folhas **do** terceiro **par** foliar. **A** adição de cloreto **de** potássio à calda **de** absorção resultou em **um** aumento **de 4** vezes, aproximadamente, no teor foliar de zinco.

Ao estudar os efeitos do adubo foliar **formulado** no fornecimento de zinco em comparação à **aplicação** de sais na cultura do café, Costa et al. (1992) observaram **que doses** crescentes de adubo foliar formulado **corresponderam a níveis** crescentes **de** zinco na folha. **As** maiores produções médias de café beneficiado de três anos agrícolas foram obtidas **com adubo** foliar formulado a 0,50 e 0,75% e com **os** sais diferindo estatisticamente da testemunha.

Estudando o efeito do cloreto de **potássio** na absorção e mobilidade **do** zinco **quando** aplicado às folhas do cafeeiro, Fávares (1992) encontrou **que o cloreto de** potássio aumentou **a** absorção foliar **de** zinco **pelo** cafeeiro. O teor foliar **do** potássio não **se** alterou. **A** absorção foliar de zinco foi bastante rápida. Cerca de 60 a 70% do teor **máximo de** zinco foi alcançado **com** apenas três horas de absorção. O uso **de** cloreto de potássio provocou aceleração ainda maior no processo. **A** produção **máxima** associou-se **a** um teor foliar **de** 20 mg kg⁻¹.

2.2. Fósforo no solo e na planta

2.2.1. Aspectos gerais

As quantidades de fósforo contidas no pé-de-café são relativamente pequenas. Mesmo assim, costuma-se colocar doses muito **pesadas de** P₂O₅ nas covas e nos sulcos de plantio. **No** início do seu desenvolvimento o pé-de-café parece ser **pouco** eficiente **para** absorver fósforo seja por ter pequena capacidade de absorção, seja por

apresentar sistema **radicular** reduzido ou **pelas duas coisas** (Malavolta, 1980). A disponibilidade é influenciada pelo fenômeno de fixação **ao** ferro, ao alumínio e ao cálcio que insolubiliza o fósforo **e faz** com que o elemento caminhe pouco no solo por difusão **até** encontrar **a raiz** (Malavolta, 1980).

2.2.1.1. Funções

O fósforo exerce **papel** importante na floração, na frutificação e na maturação **dos** frutos (Guimarães & Ponte, 1978). O fósforo **possui** função estrutural na vida **da** planta como fosfolipídeos de membranas, ésteres **de** carboidratos, nucleotídeos. Outra **participação** importante do fósforo está relacionada ao armazenamento e fornecimento de energia, **que** é utilizada **em** processos como fotossíntese, biossíntese do **amido**, síntese dos triglicérides (Malavolta, 1980).

A marcante resposta **das plantas** à nutrição fosfatada, **verificada** principalmente no estágio inicial, pode estar associada ao **papel do** fósforo na síntese **de** proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à **divisão** celular, atuar no processo de absorção iônica, **além de** ter grande influência sob o desenvolvimento **do** sistema **radicular** (Malavolta, 1980).

2.2.1.2. Sintomas de deficiência

Os sintomas de carência se manifestam nas folhas **mais** velhas como uma coloração **verde e** sem brilho, seguida **de** grandes manchas **cloróticas e** depois **necróticas**. Ocorre **também queda** prematura **das** folhas **que** pode ser total, diminuição na floração e no pegamento, além de menor desenvolvimento **das raízes** (Malavolta, 1980; Malavolta, 1993).

2.2.1.3. O fósforo na adubação foliar na cafeicultura

A absorção de fósforo per **via** foliar tem-se mostrado superior à radicular, com influências significativas na **produção** (Camargo & Silva, 1975).

A mobilidade elevada **do** ^{32}P foi verificada **por** Gopal & Balasubramanian (1975) **em** estudos sobre a absorção e translocação em **plantas** de *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre com **8 e 15** meses **de idade**. **As plantas de** *Coffea arabica* L. **com 8** meses **de idade** mostraram uma atividade elevada com a aplicação de ^{32}P **via** substrato, no entanto, **em** plantas de *Coffea canephora* Pierre com **8** meses de idade **e** em ambas espécies com **15** meses de **idade**, **a** **atividade** nas plantas foi máxima com a aplicação de ^{32}P **via** foliar. Os autores sugerem **que a** capacidade de absorção **das** folhas incrementa **com a** maturidade **das plantas**, **ressaltando a importância** do suprimento **do** fósforo **no** substrato na fase de viveiro **das** mudas, enquanto nas

condições de campo, a aplicação foliar promove maior eficiência na **absorção e** utilização do fósforo pelas plantas.

Moraes & Cervellini (1975) observaram reações favoráveis decorrentes da aplicação foliar do fosfato monoamônico no crescimento de cafeeiros novos.

Avaliando a eficiência de absorção e translocação de ^{32}P por via foliar na forma de solução de superfosfato em *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, Gopal et al. (1977) constataram, 48 horas após a aplicação da solução, uma alta atividade nas diferentes partes da planta, principalmente nas folhas maduras, no entanto, se registrou uma maior absorção e translocação de fósforo no caso de *Coffea canephora* Pierre.

Moraes et al. (1979) verificaram influência significativa da aplicação de fosfato monoamônico por via foliar em cafezal, quando comparada ao controle sem adubo.

Bragança et al. (1981) ao avaliarem os efeitos de diversas modalidades de aplicação de fósforo não observaram influência significativa sobre a produção do cafeeiro, do fósforo aplicado por via foliar com superfosfato triplo a 1%, tanto para os cafeeiros que receberam fósforo no plantio como para os que não receberam.

Garcia et al. (1983) observaram ser possível substituir o fósforo da adulação do solo por via foliar.

Barros et al. (1984) concluíram que a adubação fosfatada via solo, em cobertura na projeção dos ramos ou sob a saia do cafeeiro e enterrada na projeção dos

ramos, bem como **via** folias, com **4** e com **8** aplicações por ano não aumentou significativamente a produção.

Objetivando estudar o efeito da aplicação de P_2O_5 **via** solo na formação do cafeeiro, bem como o seu fornecimento **via** foliar, Lacerda et al. (1986) constataram que a adubação fosfatada **utilizada** foi eficiente e se correlacionou diretamente com a produção. Os autores concluíram que o fornecimento de P **via** foliar, através de **4** pulverizações com MAP à 5% apresentou-se equivalente às menores *doses* de fósforo por cova utilizadas, indicando que a **via** foliar não é adequada no suprimento de fósforo na formação do cafeeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido sob condições de casa-de-vegetação no Departamento de Ciência de Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Campus de Piracicaba, cujas coordenadas geográficas médias são: 22°42'30" de latitude, 47°38'00" w de longitude e 576 m de altitude.

3.2. Caracterização e preparo de solo

Para a realização deste trabalho foi utilizado um latossolo vermelho amarelo, textura arenosa, proveniente do município de Piracicaba (SP). As mostras simples de terra foram coletadas às profundidades de 0 a 20 cm de uma gleba homogênea e reunidas em uma amostra composta. Após homogeneização, a amostra seca ao ar (TFSA) foi passada em peneira com malha de 2 mm de abertura, homogeneizada e subamostrada para as análises de fertilidade do solo de rotina.

3.3. Caracterização química do substrato

A amostra de solo da terra coletada foi submetida às seguintes análises químicas, segundo metodologia preconizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Raij & Quaggio, 1983), Estado de São Paulo.

- pH em solução centimolar de CaCl_2 , determinado por potenciometria na relação solo-solução de 1:2,5;
- matéria orgânica segundo o método descrito por Quaggio & Raij (1979);
- fósforo disponível extraído com tesina trocadora de ânions e dosado por fotolorimetria;
- potássio trocável, extraído com resina trocadora de cátions e dosado por fotometria de chama;
- cálcio e magnésio trocáveis, extraídos com resina trocadora de cátions e dosados por espectrofotometria de absorção atômica;
- acidez titulável ($\text{H}^+ \text{ Al}$) determinada pela solução tampão SMP de Shoemaker et al. (1961) pH 7,5;

As características químicas originais deste solo são apresentadas na Tabela 1, conforme análise efetuada no Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

Tabela 1 - Características químicas da amostra de terra coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, utilizada no estudo¹.

pH	M. O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻¹	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%
3,9	18	3	0,5	2	2	34	5	39	12,82

¹Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP.

3.4. Tratamentos

Os tratamentos constituíram-se da aplicação foliar combinada de doses crescentes de fosfato monoamônico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) e sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) para dois níveis de saturação por bases (50 e 70%).

3.5. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial **3x3**, sendo constituído por três doses de sulfato de zinco (0; 0,5 e 1%) e três doses de fosfato monoamônico (0; 0,5 e 1%), envolvendo nove tratamentos que com as três repetições para cada tratamento e os dois níveis de saturação por bases, totalizaram 54 vasos. A unidade experimental consistiu de um vaso com capacidade para 10 dm³.

A análise estatística dos resultados foi feita utilizando-se o programa SAS, com análises de variância com significância pelo teste F aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, segundo Gomez (1990) e a seguinte análise de variância:

Causa da variação	GL
P (doses de fosfato monoamônico)	2
Zn (doses de sulfato de zinco)	2
Interação P * Zn	4

O efeito dos fatores simples foi comparado através do teste de médias de Tukey.

Quando constatava-se efeito significativo pelo teste F para uma determinada causa de variação, efetuou-se o desdobramento para regressão linear e quadrática, utilizando o teste F e o coeficiente de determinação para escolher a regressão que melhor se ajustasse aos resultados.

3.6. Calagem, incubação e fornecimento de nutriente!

Inicialmente foi determinada a capacidade de retenção de água da amostra de solo escolhido para o experimento, visando manter sempre o teor de umidade em torno de 0,3 bar.

Pasa neutralizar a **acidez**, utilizou-se o método baseado no critério *de* saturação por bases (Raij, 1991). A Tabela 2 mostra os resultados das análises granulométrica e química do calcário utilizado no experimento.

Tabela 2 - Resultados das análises granulométrica e química da amostra de calcário utilizado no experimento.

	%
malha/polegada	
10	99,26
20	91,54
30	65,15
CaO	37,52
MgO	15,72
PN	106,14
RE	83,72
PRNT	88,87

A partir dos dados das Tabelas 1 e 2, calculou-se a calagem para se atingir os níveis de saturação pretendida. A aplicação de calcário para cada repetição dos diferentes tratamentos foi feita espalhando-se 10 dm³ do solo em uma bandeja de plástico, distribuindo-se uniformemente o material corretivo correspondente a cada tratamento, sendo bem misturado depois de cada adição.

Após a aplicação do calcário e da homogeneização das amostras, o solo foi transferido para os respectivos vasos. A seguir, iniciou-se a incubação em casa de vegetação, por um período de 28 dias, mantendo o teor de umidade próximo à 0,3 bar.

Findo este período, o solo de cada vaso foi misturado, submetido à secagem ao ar até atingir umidade constante. As amostras de solo foram transferidas para bandejas de plástico, procedendo-se à adubação com micronutrientes e uma adubação fosfatada inicial, conforme especificado na Tabela 3. As amostras de solo foram bem misturadas e homogeneizadas, retornando em seguida aos vasos. Um dia antes do transplante das mudas, o solo foi umedecido de modo a se obter aproximadamente 0,3 bas.

Tabela 3 - Quantidades e fontes de nutrientes utilizados no estudo.

Nutriente	Concentração (mg dm ⁻³)	Fonte	Dose Adicionada (mg/vaso)
Ferro	10	FeSO ₄ . 7H ₂ O	500,00
Manganês	10	MnSO ₄ . H ₂ O	307,692
Cobre	5	CuSO ₄ . 5H ₂ O	208,333
Molibdênio	1	NaMoO ₄ . 2h ₂ O	25,253
Boro	5	H ₃ BO ₃	285,714
Fósforo	100	Superfosfato triplo	5088,09

3.7. Condução do experimento

As mudas transplantadas (1 planta/vaso), linhagem Icatu IAC 4045, tinham de 2 a 3 pares de folhas.

Após o transplante, no controle da irrigação durante a condução do experimento, as plantas recebiam diariamente uma quantidade de Água desionizada equivalente àquela evapotranspirada de cada vaso.

Aos 7 dias após o transplante, foi realizada adubação nitrogenada e potássica em cobertura, utilizando, respectivamente, nitrato de amônio (NH_4NO_3) e cloreto de potássio (KCl), à base de 100 mg dm^{-3} para cada aplicação.

A partir deste momento, o nitrogênio e o potássio foram aplicados e parcelados 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplante na forma de NH_4NO_3 e KCl em solução, à base de 100 mg dm^{-3} .

As pulverizações das plantas foram realizadas de 30 em 30 dias, no período de agosto a dezembro de 1996, tomando-se o cuidado de atingir todas as partes, adicionando-se espalhante adesivo a 0,02%, aplicando-se aproximadamente 20 ml por planta.

Durante a aplicação dos tratamentos, colocou-se um disco de isopor na parte superior do vaso para evitar o contato direto das soluções com o solo.

3.8. Colheita das plantas

O **experimento** foi encerrado aos 8 meses **após o** transplante, cortando-
se as plantas rente à terra. Foram coletados separadamente caule, **ramos** e folhas.

As folhas em estudo foram **lavadas** para remoção de **excessos de**
solução pulverizadora, poeiras e outras sujeiras em água corrente, com o auxílio **de** uma
esponja macia, e, posteriormente, em água destilada.

O material verde foi **acondicionado em sacos de papel**, submetendo-o,
posteriormente, à secagem em estufa com ventilação forçada, com temperatura em torno
de 65°C, **até** que atingisse peso constante. Os **parâmetros mensurados**, por ocasião **da**
coleta, foram **os** seguintes: peso do material seco (M.S.) de caule, ramos **e folhas**. **A**
parte **aérea** seca de **cada** tratamento foi passada por moinho tipo Willey para **se** fazer
a análise mineral.

3.9. Análise química das plantas

Os teores totais **dos nutrientes** presentes no caule, ramos e folhas foram
determinados conforme técnica descrita **por Sarruge & Haag (1974)** e Malavolta et al.
(1989) no Laboratório **de Análise de Plantas do** Departamento de Ciência **do** Solo da
ESALQ/USP.

3.10. Parâmetros avaliados

Material **seco** do caule, ramos *e* folhas.

Com base nos **dados** de produção *de* material seco **do** caule, ramos *e* folhas **e dos** seus teores **de** nutrientes, foi determinada **a** quantidade **dos** nutrientes, **acumulada** no **caule**, ramos *e* folhas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetro de crescimento

4.1.1. Produção de material seco da parte aérea

4.1.1.1. Saturação por bases de 50%

Os resultados das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo total de material seco na parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 4. Houve efeito significativo do fator Zn (doses de sulfato de zinco) e da interação P * Zn.

Tabela 4 - Resumo das análises de variância do material seco acumulado na parte aérea das plantas de café, em função da saturação por bases.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F Saturação por Bases (%)	
		50	70
P	2	3,64*	4,66*
Zn	2	1,2	10,32**
P * Zn	4	5,88**	16,13**
CV (%)		13,36	14,33

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

Os dados da Tabela 5 mostram resposta à aplicação de fosfato monoamônico. As maiores médias de produção de material seco foram obtidas nos tratamentos onde se aplicou a fonte.

Tabela 5 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Produção de material seco g/vaso
0	37,179 a
0,5	39,469ab
1,0	41,605b
DMS 5%	2,460

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Dados semelhantes foram encontrados em experimentos de adubação com fósforo no substrato por Carvalho et al. (1976), Oliveira et al. (1977), Pavan et al. (1982), Souza (1987), Tonelli (1987), Clemente (1988) e Cardoso (1990).

Quanto à quantidade acumulada de material seco na parte aérea sob influência de interação P * Zn, a Tabela 6 revela que a aplicação da dose 0,5 % de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico promoveu maiores valores de acúmulo de material seco. Aumentando a dose de sulfato de zinco na solução de pulverização, nota-se decréscimos na produção de material seco das plantas. Tal efeito

depressivo nos rendimentos parece estar ligado a distúrbios nutricionais na planta. A absorção pelas plantas depende da atividade dos íons nos sítios de absorção (Marschner, 1986). Na absorção, ocorre uma interação não competitiva entre o P e o Zn, a inibição implica uma resposta diferencial de um nutriente pela presença de níveis variados de um segundo nutriente (Bataglia, 1988), dando como resultado quedas no crescimento e na produção (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1987)

Não houve ajuste dos dados aos modelos de regressão quadrático e linear testados.

Tabela 6 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0.5	1.0
%		g/vaso	
0	37,253 aA	41,767 aA	40,130 aA
0,5	35,302aA	41,630bA	37,600 abA
1,0	34,064 aA	39,770 aA	36.831 aA
DMS ¹ 5% : 6,010			
DMS ² 5% : 4.500			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

4.1.1.2. Saturação por bases de 70%

Os dados obtidos das análises de variância da produção total de material seca da parte aérea das plantas de café são apresentadas na Tabela 4. Houve efeito significativo para todas as causas de variação.

As médias do acúmulo total de material seco na parte aérea sob influência das doses de fosfato monoamônico (Tabela 7) mostram uma resposta crescente na quantidade acumulada de material seco à adubação fosfatada.

Tabela 7 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico %	Produção de material seco g/vaso
0	38,187 a
0,5	41,056 ab
1,0	43,433b
DMS 5%	3,4 12

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Respostas marcantes à adubação fosfatada no substrato na fase inicial de desenvolvimento das plantas de cafeeiro, foram constatadas por Carvalho et al. (1976), Oliveira et al. (1977), Pavan et al. (1982), Souza (1987), Tonelli (1987), Clemente (1988) e Cardoso (1990).

A Tabela 8 apresenta o efeito das doses de sulfato de zinco sobre o material seco acumulado. Ocorreu um aumento na produção de material seco, resultante da aplicação da fonte utilizada.

Tabela 8 - Acúmulo total de material seco na parte aérea em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Produção de material seco g/vaso
0	36,889 a
0,5	38,177 ab
1,0	39,717 b
DMS 5%	2,190

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Silva (1979) observou que a produção foi crescente entre 1,0 e 4,3 g, a partir desta dose a produção decaiu. Fenner & Adamson (1982) constataram aumentos de produção do cafeeiro, em função da aplicação foliar de óxido de zinco.

Resultados semelhantes em ensaios de adubação com zinco no substrato foram obtidos por Santo et al. (1983), Grillo & Silva (1985), Viana et al. (1984), Silva & Santinato (1986).

Analisando o efeito da interação P * Zn no acúmulo total de material seco, a Tabela 9 revela que a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco com a dose

0% de fosfato monoamônico aumentou significativamente a produção de material seco. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, houve maior acumulação de material seco com a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco.

Tabela 9 - Acúmulo total de material seco na paste aérea em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		g/vaso	
0	33,038 aA	35,951 aA	42,534 bB
0,5	39,638abB	44,832 bB	33,936 aA
1,0	38,975 aB	49,516 bB	36,323 aA
DMS ¹ 5% : 6,220			
DMS ² 5% : 5,790			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico resultou em aumentos significativas no material seco acumulado para a dose 0,5% de sulfato de zinco. Entretanto, para a dose 1,0%, a aplicação de fosfato monoamônico causou uma redução na produção,

O acúmulo de material seco na parte aérea foi expresso por equações quadráticas como se verifica na Figura t. Houve uma resposta crescente na quantidade

acumulada de material seco, conforme aumenta a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5% e 1,0% de fosfato monoamônico, o acúmulo de material seco total alcançou valores máximos de 45,052 g/vaso e 49,553 g/vaso pela aplicação das doses 0,41% e 0,47% de sulfato de zinco, respectivamente.

Pelos dados apresentados na Tabela 9 e Figura 1, nota-se que o aumento da dose de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, resultou em um efeito depressivo no material seco acumulado. Essa resposta nos rendimentos parece estar associada a desequilíbrios nutricionais na planta, principalmente aqueles induzidos por distúrbios metabólicos nas células da planta. A absorção depende da atividade dos íons nos sítios de absorção (Marschner, 1986), existe uma interação não competitiva entre o P e o Zn, com interferência nas funções metabólicas na planta, a inibição implica que a presença de níveis variados de um nutriente, provoca uma resposta diferencial de outro nutriente (Bataglia, 1988), dando como resultado quedas no crescimento e na produção (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1983).

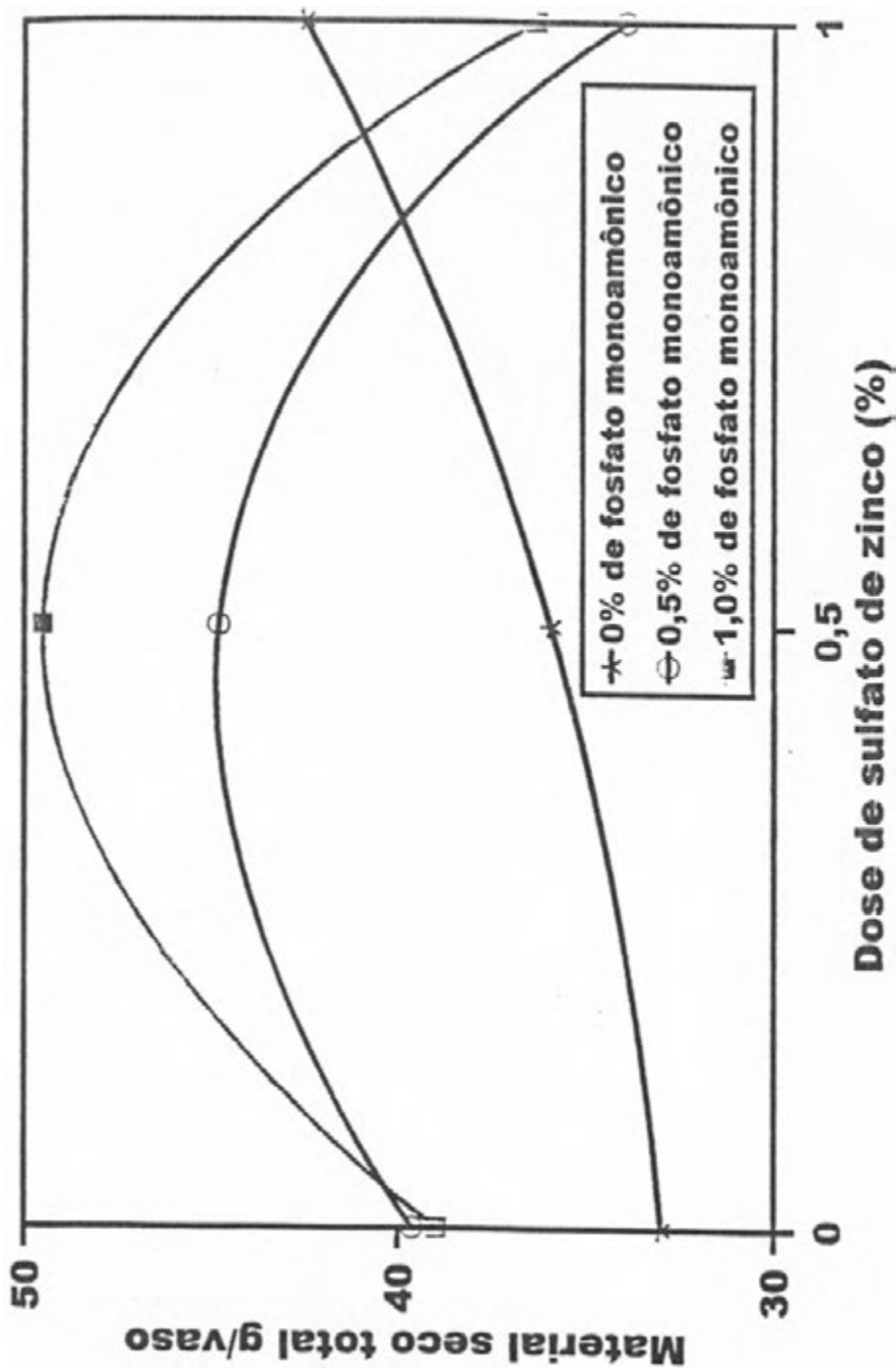


Figura 1. Curvas de resposta da produção de material seco acumulado na parte aérea das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 33,03889 + 2,153333 * Zn + 7,342222 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y (P 0,5) = 39,63889 + 26,47556 * Zn - 31,17778 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y (P 1,0) = 38,97556 + 44,81667 * Zn - 47,46889 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

4.2. Absorção de nutrientes

4.2. 1. Zinco

4.2.1.1. Saturação por bases de 50%

4.2.1.1.1. Concentração

Na Tabela 10 são apresentados os resultados das análises de variância dos dados do teor de zinco na parte aérea das plantas de café. Houve efeito significativo do fator Zn (doses de sulfato de zinco) na concentração do nutriente.

Tabela 10 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	1,12	0,32	0,54	0,91
Zn	2	529,16**	1.376,05**	2.555,98**	1.819,21**
P * Zn	4	0,61	0,91	1,23	0,26
CV (%)		16,90	8,92	8,57	10,30

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias do teor de zinco dos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 11.

Tabela 11 - Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg kg ⁻¹			
0	0,831 a	3,400a	7,411 a	9,637 a
0,5	5,014 b	10,403 b	29,885 b	101,685 h
1,0	7,496 c	16,055c	62,774 c	163,777 c
DMS 5%	1,951	5,024	1,877	6,197

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A concentração de zinco nas folhas velhas sob influência das doses de sulfato de zinco mostra que a aplicação resultou em aumentos significativos no teor de nutriente.

Quanto aos valores das teores observados nas folhas novas, o acréscimo das doses de sulfato de zinco provocou um aumento significativo na concentração do nutriente.

De modo semelhante com as folhas, a aplicação de sulfato de zinco promoveu aumentos significativos nos teores de zinco nos ramos e caule.

Os resultados do presente trabalho são concordantes com as observações de Blanco et al. (1971), Paula (1975), Fennec & Adamson (1982), Guimarães et al. (1983), Kupper et al. (1983), Abrahão et al. (1990) e Fávaro (1992).

Resultados semelhantes em experimentos de adubação com zinco no substrato foram obtidos por Santo et al. (1983), Grillo & Silva (1985), Viana et al. (1984), Silva & Santinato (1986) e Moyses (1988).

O efeito das doses de sulfato de zinco aplicadas sobre os aumentos progressivos do teor de zinco nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café, evidencia que o zinco absorvido pelas folhas foi translocado para os ramos e caule.

O zinco é classificado como um elemento parcialmente móvel na planta (Malavolta, 1980). Os dados apresentados na Tabela 11 indicam uma baixa mobilidade do zinco quando aplicado na folha. As folhas novas possuem uma atividade metabólica mais elevada e uma cutícula mais permeável, que contribuiria para uma maior capacidade de absorção. Entretanto, os teores de zinco nas folhas velhas foram maiores do que os valores encontrados nas folhas novas. A baixa mobilidade do zinco aplicado às folhas pode ser atribuído ao pequeno transporte no floema ou à pequena afinidade a quelatos orgânicos (Malavolta, 1980; Marschner, 1986).

Pereira et al. (1962) ao avaliarem a translocação de diferentes compostos, observaram menor mobilidade do ^{65}Zn no cafeeiro que em outras plantas. Rena et al. (1990) notaram que os teores de zinco em folhas correspondentes ao terceiro par, pulverizado, foram sempre maiores que no segundo ou quarto pares não pulverizados. Resultado semelhante foi encontrado por Fávares (1992), que constatou que os teores de zinco em folhas no primeiro par, do ápice de ramos plagiotrópicos primários, foram

mais elevados dos que **os** verificados em folhas referentes ao terceiro **par**. O autor observou, ainda, que não foi detectada translocação do zinco das folhas que receberam a pulverização **para** as folhas novas, que surgiram **após a aplicação dos** tratamentos.

4.2.1.2. Acúmulo

Os resultados das análises de variância dos valores de zinco **acumulado na** parte aérea **das plantas de** café encontram-se na Tabela 12. Houve efeito significativo dos dois fatores estudados *e* da interação sobre **a** quantidade acumulada do nutriente.

Tabela 12 - Resumo das análises de variância **para os parâmetros zinco acumulado no** caule, ramos, folhas novas *e* folhas velhas das plantas **de café para a** saturação por bases **de 50%**.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	4,53*	0,28	10,85**	1,85
Zn	2	413,97**	244,55**	355,35**	373,29**
P * Zn	4	3,46*	5,28**	6,26**	0,96
CV (%)		19,93	20,23	22,33	23,85

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da quantidade absorvida de zinco pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação pos bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Folhas Novas
	$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	37,783 a	412,188 h
0,5	37,413 a	328,644 a
1,0	43,166b	433,508 b
DMS 5%	5,157	57.350

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

O efeito das doses de fosfato monoamônico aplicadas sobre as quantidades acumuladas de zinco nas folhas novas mostra que a aplicação da dose 0,5% causou uma redução significativa no acúmulo do nutriente.

Quanto ao caule, o conteúdo de zinco aumentou significativamente pela aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico.

Estas observações sugerem que a depressão da absorção de zinco pode ser atribuída a um efeito de inibição sobre a mobilização de zinco na planta induzida pela adubação fosfatada.

As **médias da quantidade** acumulada de zinco nos **diferentes** componentes da parte **aérea** das **plantas** de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 14.

Tabela 14 - Quantidade **acumulada** de Zn na parte **aérea** das **plantas** de café em função das doses de sulfato de zinco **para a saturação por bases de 50%**.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas $\mu\text{g}/\text{vaso}$	Folhas Velhas
0	8,213 a	20,744 a	98,001 a	132,620 a
0,5	40,374 b	62,755 b	348,355 b	1,550,630 h
1,0	69,775 c	91,268 c	727,985 c	2.752,880 c
DMS 5%	15,357	7,732	77, E50	23 1,370

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A quantidade de zinco nas folhas velhas foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco, O acréscimo das doses promoveu um aumento significativo no acúmulo do nutriente.

Houve influencia das doses de sulfato de zinco no conteúdo do nutriente nas folhas novas. A aplicação resultou em aumentos significativos nas quantidades acumuladas de zinco.

De modo semelhante com as folhas, o uso de doses crescentes de sulfato de zinco provocou maior acúmulo do nutriente nos ramos e caule.

A quantidade de zinco acumulada pelos diferentes componentes da parte aérea da planta, mostra uma tendência similar a da concentração do nutriente, aumentando com a dose de sulfato de zinco aplicada.

As folhas apresentaram maiores quantidades de zinco, em comparação com os ramos e caule, estas maiores quantidades do nutriente devem-se aos maiores teores de zinco e/ou material seco foliar produzido.

Quanto às quantidades acumuladas de zinco sob influência da interação P * Zn, o conteúdo de zinco nas folhas novas (Tabela 15) mostra que a aplicação de sulfato de zinco, independente da dose de fosfato monoamônico, aumentou significativamente a acumulação de nutriente.

Tabela 15 - Quantidade acumulada de Zn nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	110,28 aA	396,20 bB	730,07 cB
0,5	80,47 aA	311,65 bA	593,80 cA
1.0	103,24 aA	337,20 bAB	860,07 cC
DMS ¹ 5% : 124,54			
DMS ² 5% : 62,25			

Médias seguidas da mesma letra minúscula' ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso da dose 0,5% de fosfato monoamônico para a doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco diminuiu significativamente as quantidades acumuladas de zinco.

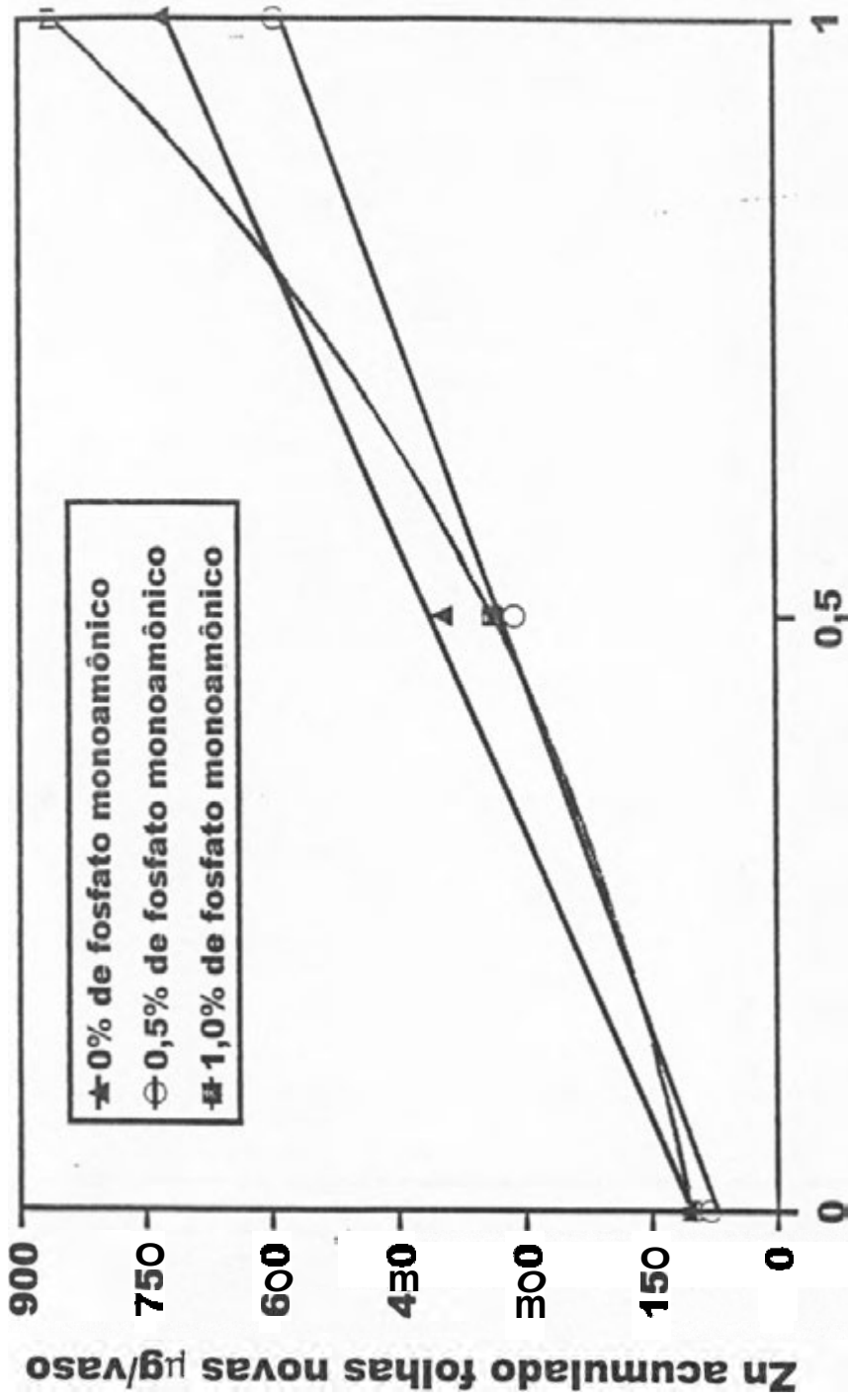
As curvas de regressão das quantidades absorvidas de zinco apresentaram um comportamento linear e quadrático (Figura 2). Houve uma resposta linear crescente à medida que aumenta a dose de sulfato de zinco com as doses 0 e 0,5% de fosfato monoamônico, enquanto que com a dose 1,0%, a resposta foi quadrática crescente.

Com relação ao acúmulo de zinco nos ramos (Tabela 16) e caule (Tabela 17), a aplicação de sulfato de zinco, independente das doses de fosfato monoamônico, provocou aumento nos conteúdos do nutriente.

O uso da dose 1,0% de fosfato monoamônico para a dose 1,0% de sulfato de zinco promoveu maior acumulação de zinco nos ramos e caule.

A quantidade de zinco absorvida pelos ramos e pelo caule, conforme as Figuras 3 e 4, mostrou um comportamento linear crescente.

Estes resultados mostram que a quantidade de zinco acumulado nos componentes da parte aérea, aumentou para as doses de fosfato monoamônico avaliadas, com o aumento da dose de sulfato de zinco aplicada. Entretanto, a aplicação da dose 0,5% de fosfato monoamônico para a dose 0,5% de sulfato de zinco, reduziu o acúmulo nas folhas novas e aumentou a acumulação nos ramos, sugerindo, portanto, a inibição da mobilização do zinco na planta.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 2. Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P\ 0) = 102,293 + 619,7917 * Zn \quad R^2 = 0,859 *$$

$$Y(P\ 0,5) = 71,98039 + 513,3283 * Zn \quad R^2 = 0,865 *$$

$$Y(P\ 1,0) = 103,2429 + 179,0318 * Zn + 577,8004 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Tabela 16 - Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

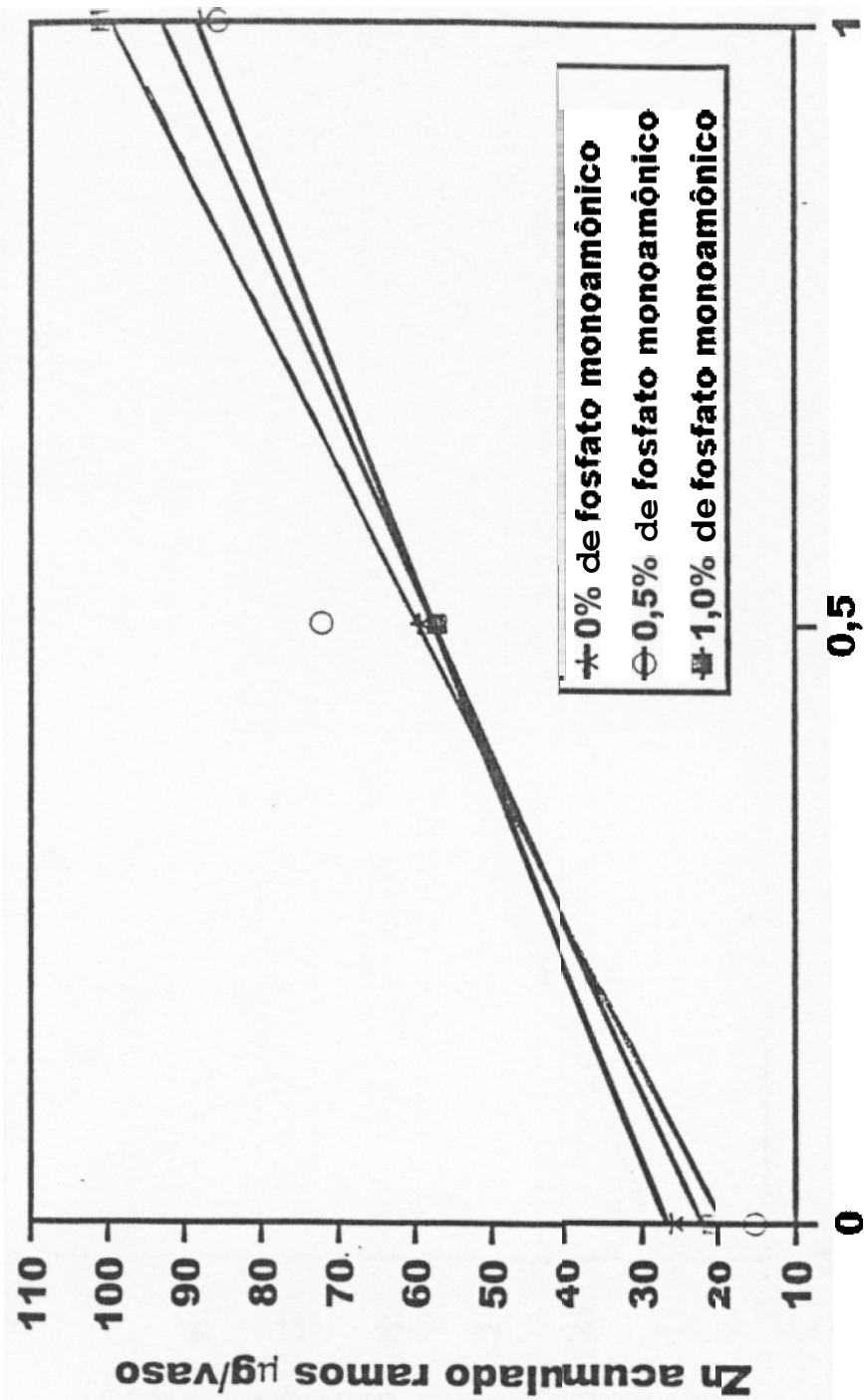
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (S ₁)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g/vaso}$	
0	26,084 aA	59,117 bA	87,459cA
0,5	15,085 aA	72,142 bB	85,504cA
1,0	21,062 aA	57,006 bA	100,841 cB
DMS ¹ 5% : 11,044			
DMS ² 5% : 12,672			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 17 - Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g/vaso}$	
0	10,021 aA	39,524bA	63,805 cA
0,5	6,563 aA	39,795bA	65,881 cA
1,0	8,055 aA	41,805 bA	79,639 cB
DMS ¹ 5% : 14,508			
DMS ² 5% : 6,150			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 3. Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P,0) = 26,86633 + 61,37533 * Zn \quad R^2 = 0,836^{**}$$

$$Y(P,0,5) = 22,36811 + 70,41911 * Zn \quad R^2 = 0,603^{**}$$

$$Y(P,1,0) = 39,74767 - 79,77889 * Zn \quad R^2 = 0,760^{**}$$

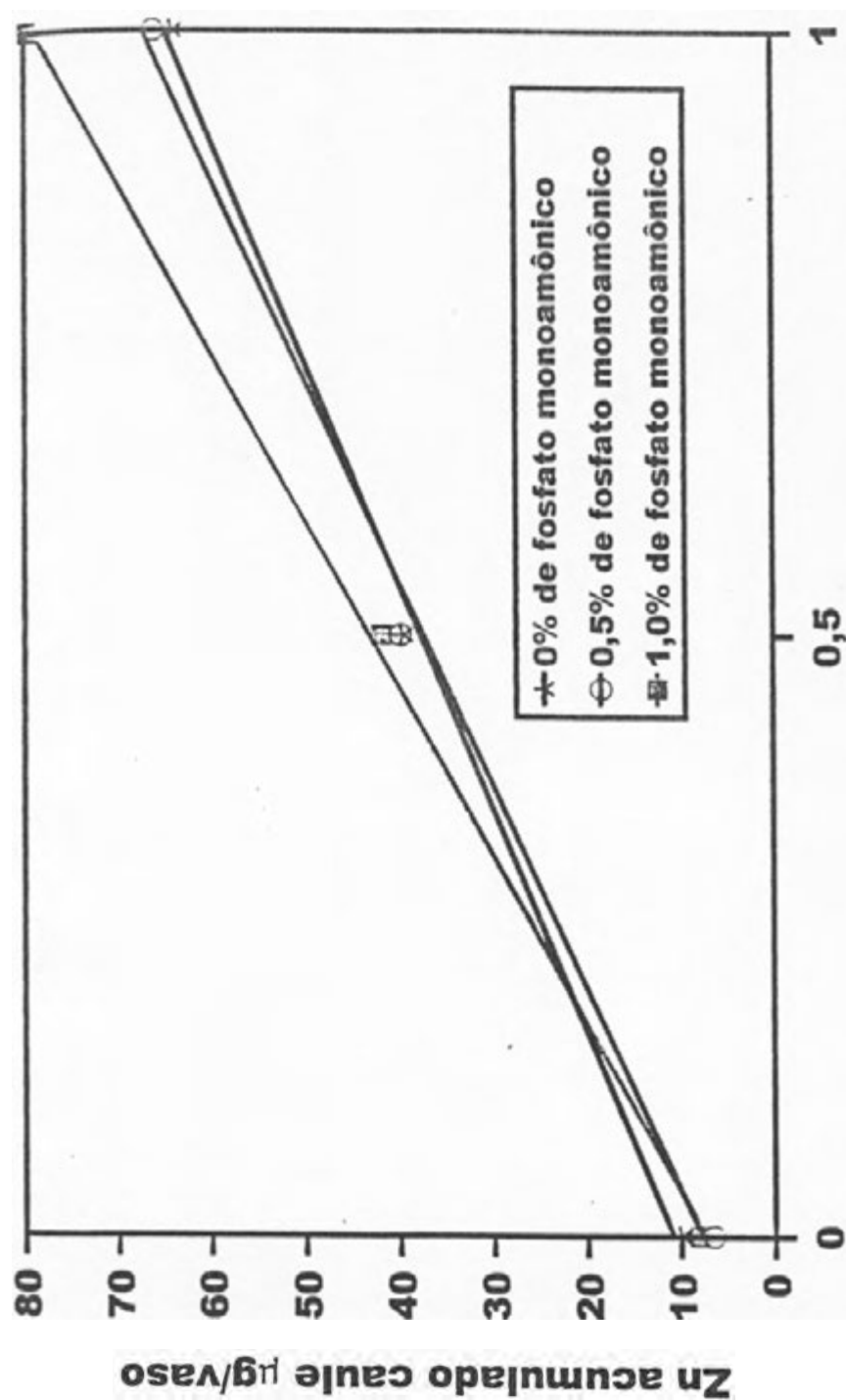


Figura 4. Curvas de resposta do zinco acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 10,89191 + 53,78367 * Zn \quad R^2 = 0,760^{**}$$

$$Y (P 0,5) = 7,754352 + 59,31789 * Zn \quad R^2 = 0,717^{**}$$

$$Y (P 1,0) = 7,374463 + 71,58433 * Zn \quad R^2 = 0,870^{**}$$

4.2.1.2. Saturação por bases de 70%

4.2.1.2.1. Concentração

As análises de variância dos teores de zinco na parte aérea das plantas indicam efeito significativo do fator Zn e da interação (Tabela 18).

Tabela 18 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de zinco no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	1,16	2,30	2,32	0,24
Zn	2	886,09**	3515,70**	621,50**	4830,65**
P * Zn	4	4,75**	0,74	1,03	1,71
CV (%)		12,44	6,04	15,64	7,13

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da concentração de zinco nas diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 - Concentração de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg kg ⁻¹			
0	1,055 a	3,714 a	5,625 a	9,533 a
0,5	5,744 b	12,681 h	23,603 b	92,096 h
1,0	7,866 c	20,818 c	40,514 c	202,277 c
DMS 5%	1.990	4,917	2,385	4.742

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco na teor de nutriente nas folhas velhas. A aplicação da fonte aumentou significativamente a concentração de zinco.

O efeito das doses de sulfato de zinco aplicadas sobre o teor de zinco nas folhas novas mostra que o acréscimo das doses da fonte proporcionou um aumento significativo na concentração do nutriente.

De forma semelhante ao observado nas folhas, o aumento das doses de sulfato de zinco testadas promoveu maior teor do nutriente nos ramos e caule.

Estes resultados concordam com as pesquisas de Blanco et al. (1972), que constataram maior concentração foliar de zinco no cafeeiro quando o nutriente foi fornecido pelo sulfato de zinco. Paula (1975) encontrou uma relação linear entre o nível de zinco aplicado e o teor foliar em *Coffea arabica* L. variedade Mundo Novo,

Guimarães et al. (1983) reportaram aumentos **do** teor foliar de zinco com o acréscimo **das doses de sulfato de zinco** utilizadas.

Grillo & Silva (1985) e Moyses (1985), em experimentos **de** adubação com zinco **ne** substrata chegaram a resultados semelhantes.

O comportamento **dos** diferentes componentes **da** parte aérea **das** plantas com **as** doses **de** sulfato de zinco aplicadas revela **a** translocação do zinco das folhas **aos** ramos **e** caule.

Os dados **da** Tabela I9 mostram que **as** folhas **velhas** apresentaram maior concentração **de** zinco **do que** **as** folhas novas.

O zinco é considerado um elemento pouco móvel **na planta** (Malavolta, 1980). **A** baixa mobilidade do zinco **aplicado** às folhas pode ser atribuída ao pequeno transporte **no** floema **ou** à pequena **capacidade** de ligação **a** quelatos amônicos (Malavolta, 1980; Marschner, 1986).

Foi observado **por** Pereira et al. (1962), menor mobilidade **do** ^{65}Zn **no** cafeeiro **que** em outras plantas. Rena et al. (1990) constataram maiores teores **de** zinco em folhas no terceiro **par**, pulverizado, que **no** segundo **ou** quarto pares não pulverizados. Resultado semelhante foi **verificado por** Fávoro (1992), **as** folhas no primeiro **par**, do ápice **de** ramos plagiotrópicos primários, apresentaram teores mais **elevados** de zinco que as folhas no terceiro **par**, **Não** houve translocação do zinco **das** folhas **pulverizadas para** **as** folhas novas, **que** surgiram após a **aplicação dos** tratamentos.

Quanto à concentração de zinco no caule sob influência da interação P * Zn, a Tabela 20 mostra que a aplicação de sulfato de zinco independente das doses de fosfato monoamônico causou um aumento significativo no teor do nutriente.

Tabela 20 - Concentração de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
R		mg kg⁻¹	
0	1,011 aA	5,633 bA	8,022 cB
0,5	1,077 aA	5,577 bA	8,388 cB
1,0	1,077 aA	6,022 bA	7,188 cA
DMS ¹ 5% : 0,522,			
DMS ² 5% : 0,816			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso da dose 1,0% de fosfato monoamônico para a dose 1,0% de sulfato de zinco diminuiu significativamente a concentração do nutriente.

Conforme a Figura 5, houve respostas linear e quadrática do teor de zinco no caule. Ocorreu um efeito linear crescente pela aplicação de sulfato de zinco na presença da dose 0,5% de fosfato monoamônico. No caso das doses 0 e 1,0% de fosfato monoamônico, o efeito foi quadrático crescente.

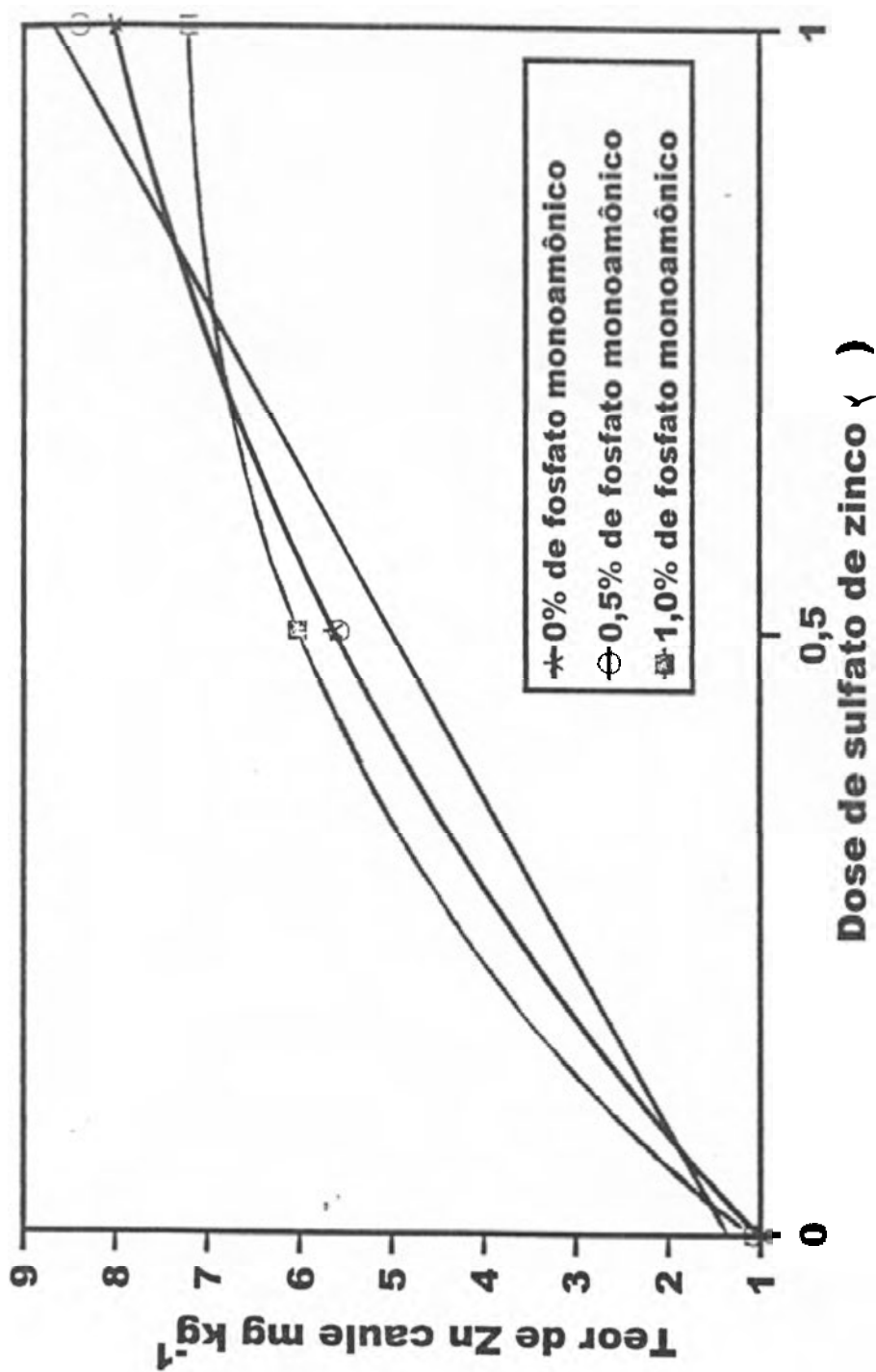


Figura 5. Curvas de resposta do teor de zinco no caule das plantas de café em função a interação P * Zn.

$$Y(P,0) = 1,011111 + 11,47778 * Zn - 44,66667 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999$$

$$Y(P,0,5) = 1,359259 + 7,311111 * Zn \quad R^2 = 0,723$$

$$Y(P,1,0) = 1,077778 + 13,66667 * Zn - 7,555556 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999$$

Conforme a Tabela 20, na presença da dose 1,0% de sulfato de zinco, as quantidades acumuladas de zinco diminuiram com a elevação das doses de fosfato monoamônico aplicadas. Estes resultados sugerem que a depressão na absorção do zinco pode ser um efeito inibidor da mobilização do zinco na parte aérea da planta, induzido pela adubação fosfatada.

4.2.1.2.2. Acúmulo

Os dados obtidos nas análises de variância da quantidade de zinco absorvida pela parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 21. Houve efeito significativo do fator Zn e da interação nas quantidades acumuladas do nutriente.

Tabela 21 - Resumo das análises de variância para os parâmetros zinco acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	0,56	0,77	1,19	0,85
Zn	2	210,04**	140,03**	221,64**	719,75**
P * Zn	4	10,73**	8,02**	7,72**	5,47**
CV (%)		23,80	25,41	21,90	18,79

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias dos conteúdos de zinco nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Quantidade acumulada de Zn na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Falhas Velhas
	$\mu\text{g}/\text{vaso}$			
0	9,961 a	23,994a	87,615 a	124,081 a
0,5	51,712 h	77,263 b	331,143b	1223,762 b
1,0	60,750 c	99,192 c	436,334 c	2784,041 c
DMS 5%	6,371	11,138	40,950	169,800

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco na acumulação do nutriente nas folhas velhas. As quantidades de zinco aumentaram com o acréscimo das doses aplicadas.

Com relação às folhas novas, acréscimos da dose de sulfato de zinco provocaram um aumento significativo nas quantidades acumuladas do nutriente.

De forma semelhante ao observado nas folhas, o uso de doses crescentes de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos nos conteúdos acumulados do nutriente nos ramos e caule.

O aumento com a dose de sulfato de zinco dos valores do acúmulo de zinco pelo cafeeiro, em todos os seus componentes da parte aérea, apresenta uma tendência similar a da concentração do nutriente. O acúmulo de zinco nas folhas foi maior do que o encontrado nos ramos e caule. Estes maiores acúmulos podem ser explicados através da concentração do nutriente no material seco. As folhas apresentaram maiores concentrações de zinco em comparação aos ramos e caule,

Ao analisar as quantidades acumuladas de zinco no material seco sob influência da interação P * Zn, a Tabela 23 revela um aumento significativo na acumulação de zinco nas folhas velhas pela aplicação de sulfato de zinco, independentemente da dose de fosfato monoamônico,

Tabela 23 - Quantidade acumulada de Zn nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	172,06aA	1052,01bA	3055,90cB
0,5	105,66aA	1223,36bAB	2679,44cA
1,0	94,51aA	1395,91bB	2616,77cA
DMS ¹ 5% : 236,30			
DMS ² 5% : 210,90			

Médias seguidas da mesma letra minúscula' ou maiúscula' nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O acréscimo das doses de fosfato monoamônico **para** a dose 0,5% de sulfato de zinco provocou aumentos no conteúdo **do** nutriente, enquanto para a dose 1,0% **de** sulfato de zinco ocorreu uma **sedução** significativa **nas quantidades** de zinco. **A quantidade de** zinco absorvida pelas folhas velhas mostrou um comportamento linear e quadrático (Figura 63. **A aplicação de sulfato de** zinco provocou um efeito linear crescente na acumulação **para as doses 0,5 e 1,0%** de fosfato monoamônico. No caso **da dose 0%** de fosfato monoamônico, a resposta foi quadrática crescente,

De forma semelhante ao **observado** nas folhas **velhas**, o **uso de doses** crescentes de sulfato de zinco, independente da dose de fosfato monoamônico, resultou em aumentos significativos nas quantidades acumuladas do nutriente **nas folhas novas** (Tabela 24), ramos (Tabela 25) e caule (Tabela 26).

Tabela 24 - Quantidade acumulada **de Zn** nas folhas novas em função das **doses de** fosfato monoamônico e sulfato **de zinco para** a saturação por bases **de 70%**.

Doses de fosfato monoamônico %	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	104,59aA	279,89bA	510,90cB
0,5	88,43aA	356,97bB	371,47bA
1,0	69,81aA	356,56bB	426,61cA
DMS ¹ 5% : 63,20			
DMS ² 5% : 59,56			

Médias seguidas da mesma letra minúscula' ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

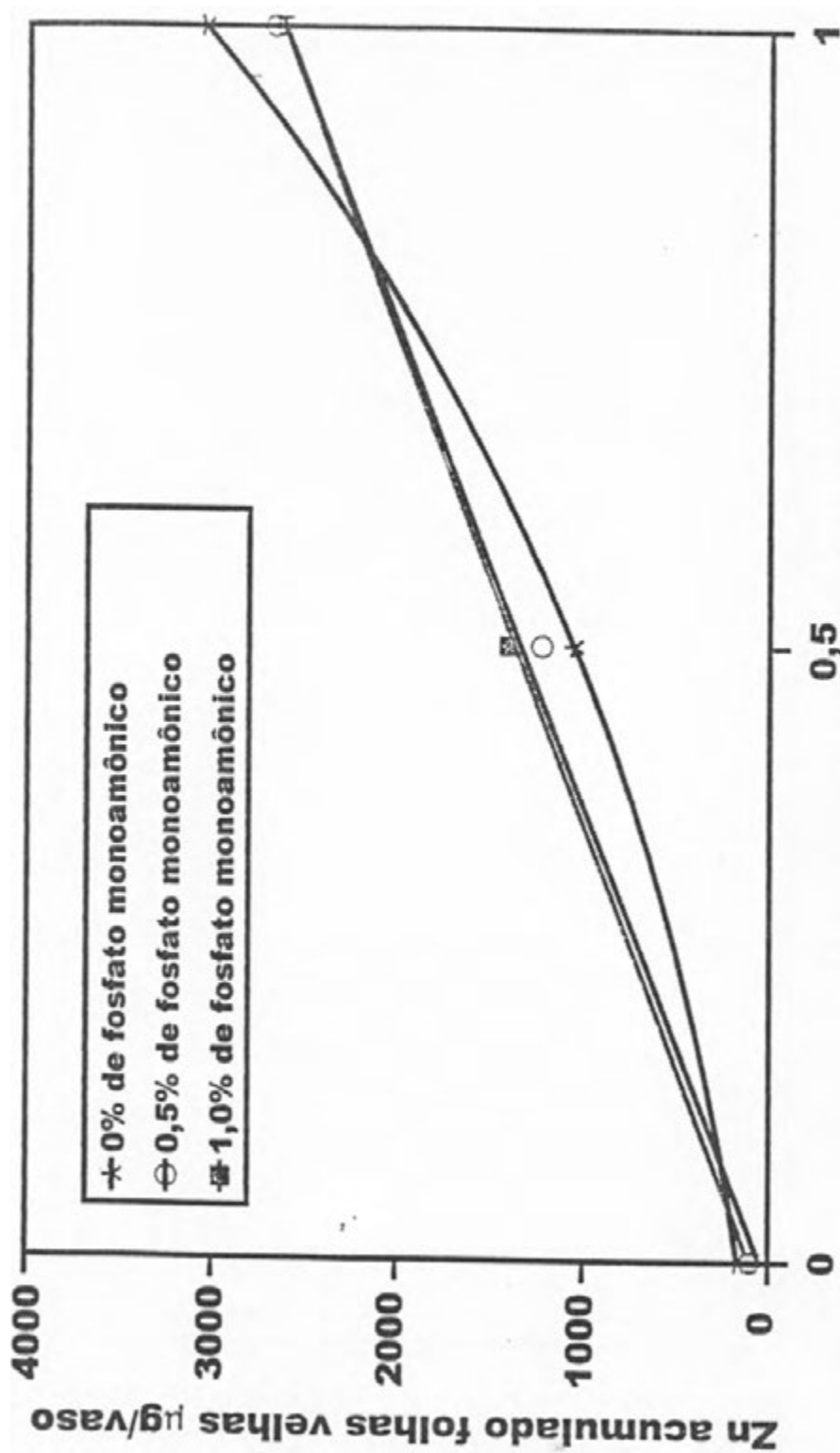


Figura 6. Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P,0) = 172,0689 + 635,9369 * Zn + 2247,898 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y(P,0,5) = -49,26546 + 2573,784 * Zn \quad R^2 = 0,882 **$$

$$Y(P,1,0) = 107,9361 + 2522,259 * Zn \quad R^2 = 0,770 **$$

Tabela 25 - Quantidade acumulada de Zn nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	30,238aA	60,283bA	118,372cB
0,5	21,287aA	81,745bB	88,697bA
1,0	20,456aA	89,760bB	90,508bA
DMS ¹ 5% : 12,210			
DMS ² 5% : 11,009			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 26 - Quantidade acumulada de Zn no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

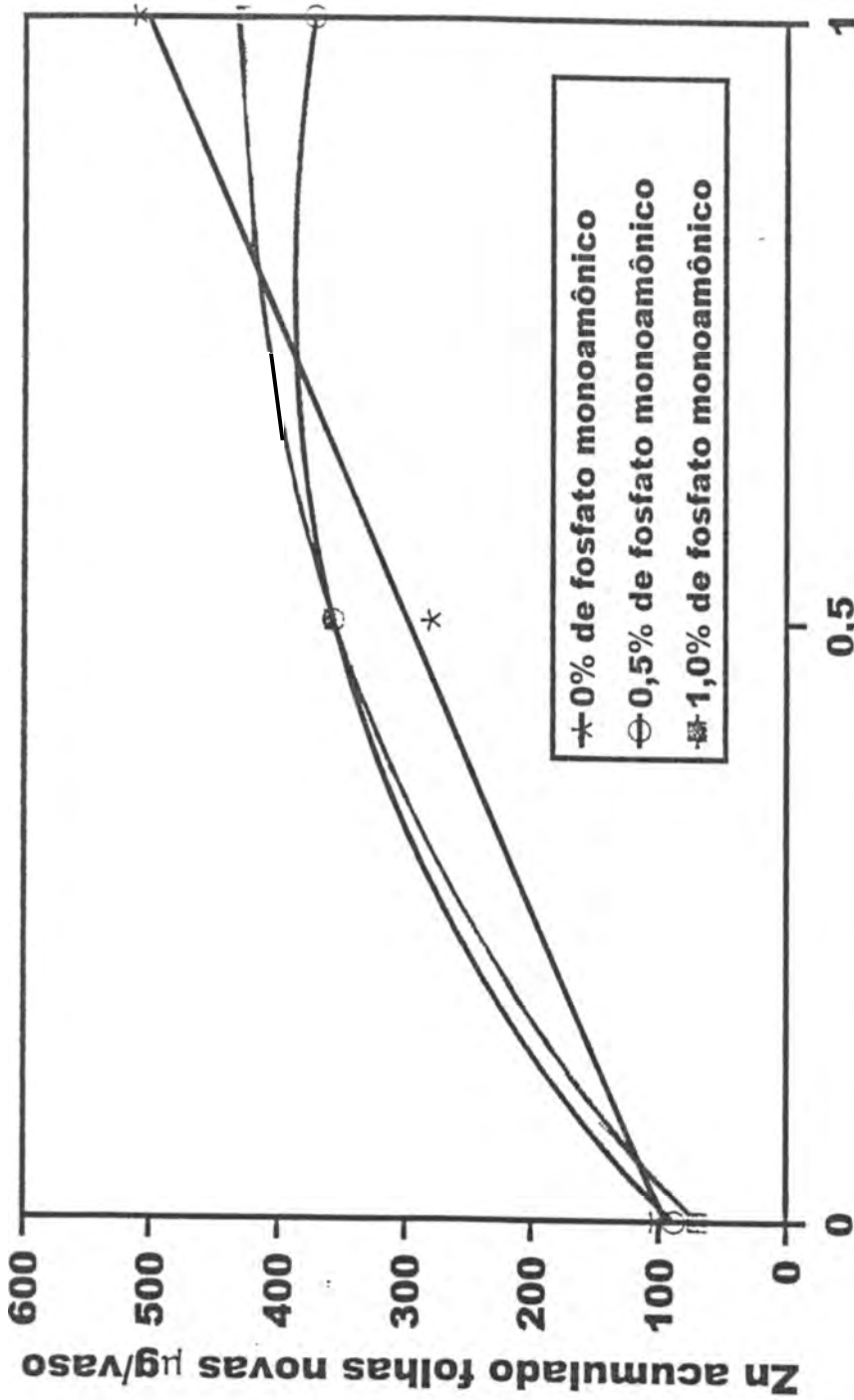
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		$\mu\text{g}/\text{vaso}$	
0	12,174aA	38,228bA	69,860cB
0,5	8,657aA	53,345bB	57,762bA
1,0	9,050aA	63,564bC	54,627bA
DMS ¹ 5% : 12,597			
DMS ² 5% : 7,680			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Para a dose 0,5% de sulfato de zinco, as quantidades acumuladas de zinco aumentaram com o acréscimo das doses de fosfato monoamônico, enquanto para a dose 1,0% de sulfato de zinco houve uma diminuição significativa nos conteúdos de zinco.

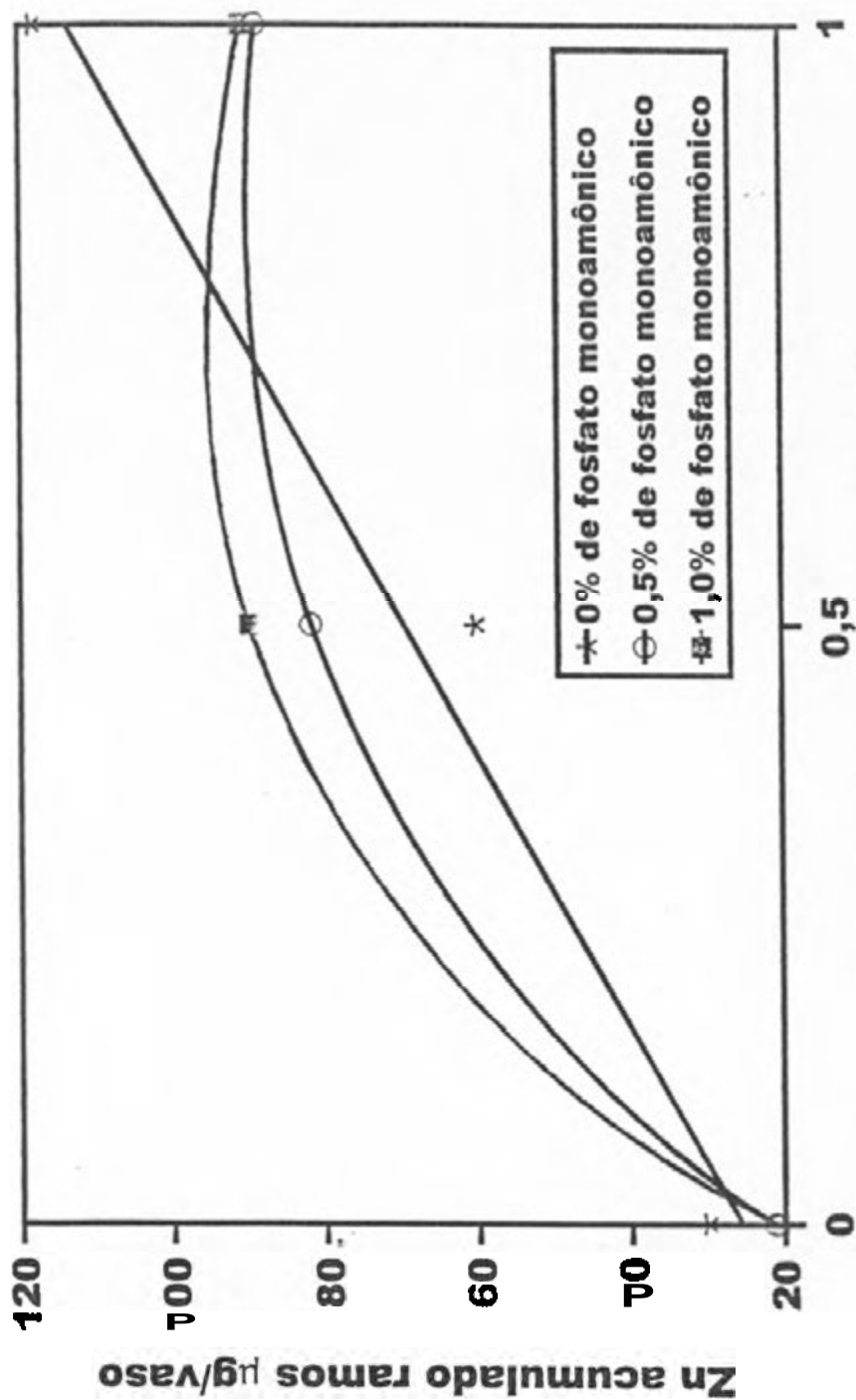
Os valores da quantidade absorvida pelas folhas novas, ramos e caule são apresentados nas Figuras 7 a 9. Para a dose 0% de fosfato monoamônico, a aplicação de sulfato de zinco mostrou uma resposta linear crescente, enquanto que as curvas de regressão do acúmulo de zinco para as doses 0,5 e 1,0% foram expressas por equações quadráticas crescentes.

Os resultados mostram que na presença da dose 0,5% de sulfato de zinco, as quantidades de zinco acumulado nos componentes da parte aérea das plantas de café aumentaram com a elevação das doses de fosfato monoamônico aplicadas, diminuindo porém, na presença da dose 1,0% de fosfato monoamônico, o que sugere uma absorção reduzida do zinco na parte aérea da planta, induzida pela adubação fosfatada.



Dose de sulfato de zinco (%)
 Figura 7. Curvas de resposta do zinco acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$\begin{aligned}
 Y(P\ 0) &= 95,3057 + 406,3151 * Zn & R^2 &= 0,785^{**} \\
 Y(P\ 0,5) &= 88,43911 + 791,0851 * Zn - 508,0458 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^{*} \\
 Y(P\ 1,0) &= 69,81433 + 790,21 * Zn - 433,4053 * Zn & R^2 &= 0,999^{*}
 \end{aligned}$$



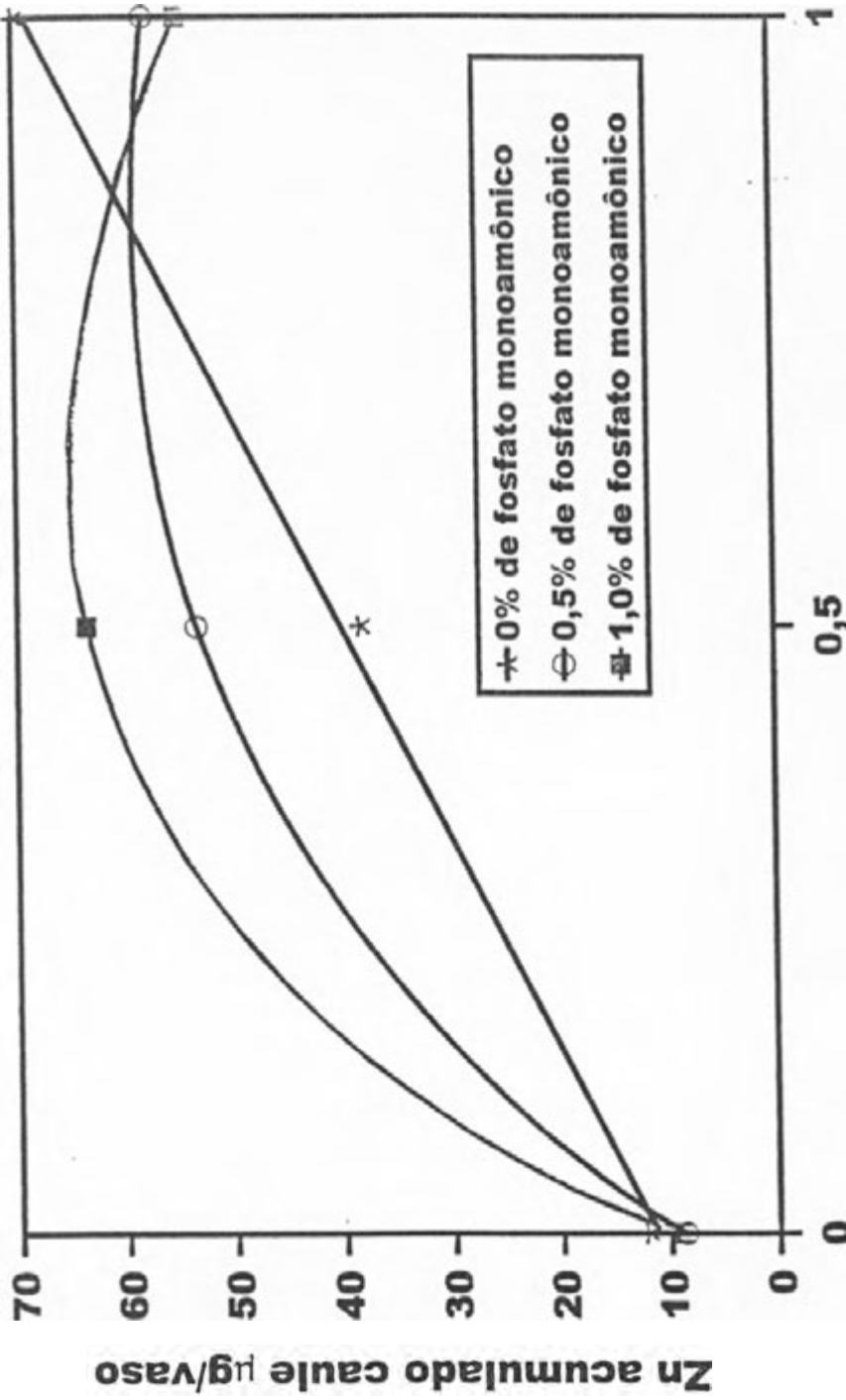
Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 8. Curvas de resposta do zinco acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P,0) = 25,56426 + 88,13422 * Zn \quad R^2 = 0,671^{**}$$

$$Y(P,0,5) = 21,28778 + 174,4208 * Zn - 107,0109 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999^*$$

$$Y(P,1,0) = 20,45644 + 207,1644 * Zn - 137,112 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999^*$$



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 9. Curvas de resposta do zinco acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$\begin{aligned}
 Y(P\ 0) &= 11,24502 + 57,68544 * Zn & R^2 &= 0,832^{**} \\
 Y(P\ 0,5) &= 8,657778 + 129,6442 * Zn - 80,53911 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^{*} \\
 Y(P\ 1,0) &= 9,050889 + 172,4767 * Zn - 126,9 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^{*}
 \end{aligned}$$

4.2.2. Fósforo

4.2.2.1. Saturação por bases de 50%

4.2.2.1.1. Concentração

Os resultados das análises de variância (Tabela 27) indicam efeito significativo no teor de fósforo na parte aérea das plantas de café para todas as causas de variação.

Tabela 27 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	100,45**	45,45**	89,02**	306,78**
Zn	2	1,42	4,93*	10,11**	1,56
P * Zn	4	1,75	1,50	2,80*	4,51**
CV (%)		13,44	15,21	11,11	12,83

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias das concentração de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico encontram-se na Tabela 28.

Tabela 28 - Concentração de P na parte aérea **das plantas** de café em função **das doses de fosfato monoamônico** para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	g kg^{-1}			
0	0,275 a	0,784 a	1,748 a	1,945a
0,5	0,371 b	1,042 h	2,164 b	3,223 b
1,0	0,467 c	1,172 c	2,628 c	4,822 c
DMS 5%	0,032	0,099	0,159	0,280

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência **das doses de fosfato monoamônico** no teor **de fósforo** nas folhas **velhas**. **A aplicação da fonte** aumentou significativamente a concentração **do nutriente**.

O teor **de fósforo** nas folhas **novas** foi **influenciado pelas doses de fosfato monoamônico**. O **acréscimo das doses aplicadas** provocou um aumento significativa na concentração do nutriente.

De forma semelhante **ao observado nas folhas**, o uso **de doses** crescentes de fosfato monoamônico aumentou significativamente os teores **de fósforo nos ramos e caule**.

Os resultados obtidos neste trabalho concordam **com as pesquisas** conduzidas por Gopal & Balasubramanian (1975), **Gopal et al.** (1977) e Devarajan et al. (1991).

Resultados de experimentos com adubação fosfatada no substrato obtidos por Bragança (1984), Souza (1987), Tonelli (1987) Clemente (1987) e Cardoso (1990) confirmam aumentos nos teores de fósforo no material seco da parte aérea do cafeeiro em função de doses crescentes de fósforo.

Os efeitos positivos das doses de fosfato monoamônico sobre as concentrações de fósforo nos ramos e caule mostram a translocação do nutriente das folhas para esses componentes da planta. As folhas apresentaram maiores teores de fósforo em comparação aos ramos e caule, estas maiores concentrações podem estar relacionadas com a eficiência fotossintética e/ou funções metabólicas desses componentes da parte aérea da planta, uma vez que os ramos e caule não se apresentam como regiões de grande atividade fotossintética e de absorção iônica.

As médias dos teores de fósforo, nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café, em função das doses de sulfato de zinco, aparecem na Tabela 29.

Tabela 29 - Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50% ,

Doses de sulfato de zinco %	Ramos g kg ⁻¹	Folhas Novas
0	0,928 a	2,161 a
0,5	1,056 b	2,337 b
1,0	1,013 ah	2,042 a
DMS 5%	0,091	0,137

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco na concentração de fósforo nas folhas novas. A aplicação da dose de 1,0% de sulfato de zinco causou uma redução significativa nos teores do nutriente.

A concentração de fósforo nos ramos mostrou um comportamento semelhante com as folhas novas, diminuindo pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

A interação P * Zn tem sido observada em pesquisas, que relatam que altos níveis de um desses elementos pode reduzir a absorção do outro.

Paula (1975), fazendo aplicações de soluções de sulfato de zinco, constatou menor teor de fósforo nas folhas do cafeeiro.

Esequiel (1980), verificou que a aplicação de zinco ao substrato afetou negativamente o teor de fósforo em mudas de cafeeiro.

Entretanto, Moyses (1988) observou que as concentrações de fósforo no terceiro e quarto pares de folhas foi diretamente proporcional à concentração de zinco na solução nutritiva.

Os dados da Tabela 29 indicam que a aplicação de sulfato de zinco influenciou a absorção de fósforo pelo cafeeiro, uma vez que houve diminuição na concentração de fósforo nas folhas novas e ramos pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco.

Quando se analisa a interação P * Zn, o teor de fósforo nas folhas velhas (Tabela 30) mostra que a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco para a dose 1,0% de fosfato monoamônico aumentou significativamente a concentração do nutriente.

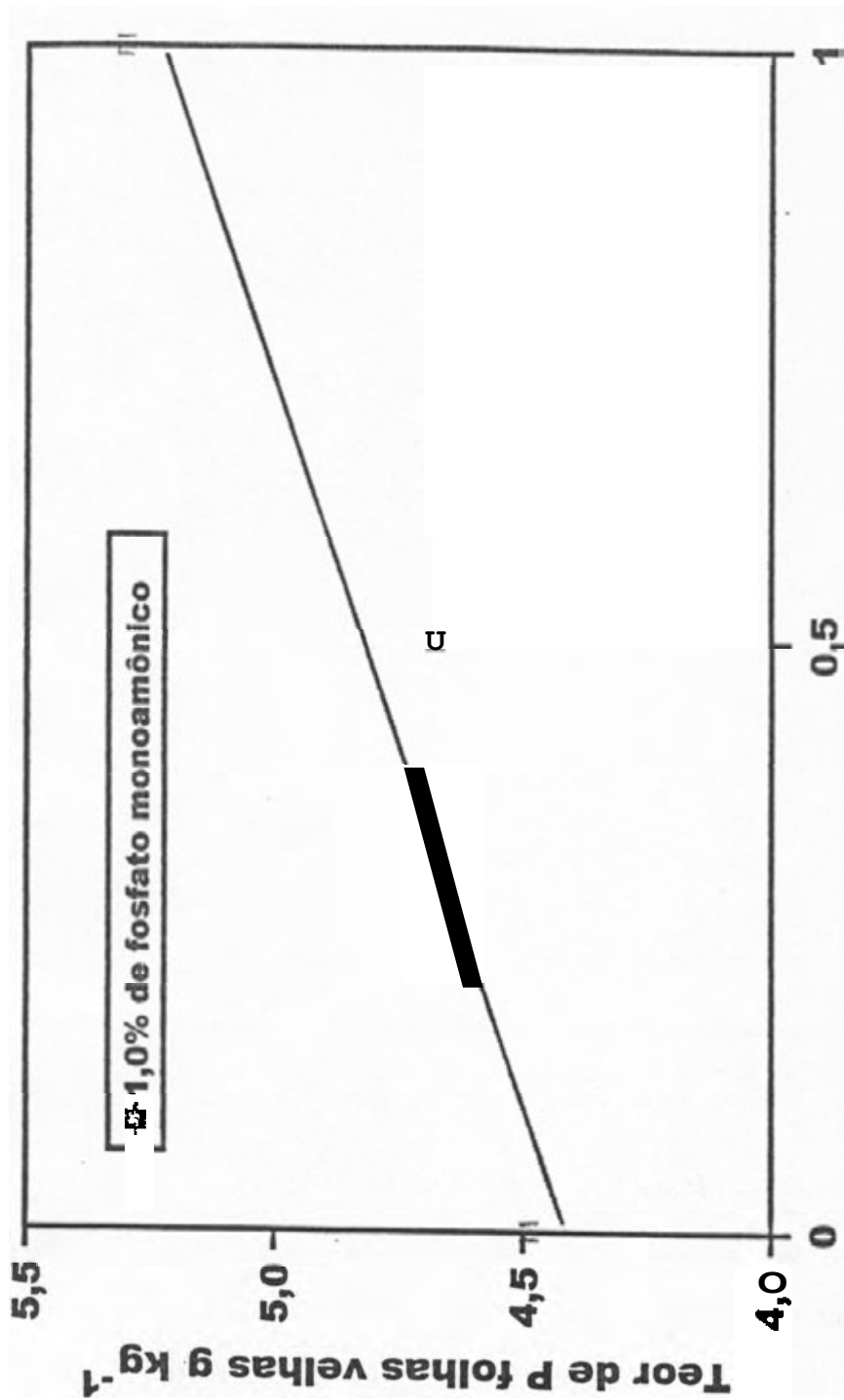
O acréscimo das doses de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco aumentou significativamente o teor de fósforo.

A concentração de fósforo nas folhas velhas foi expressa por uma resposta linear crescente (Figura 10) à medida que aumenta a aplicação de sulfato de zinco para a dose 1,0% de fosfato monoamônico.

Tabela 30 - Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		g kg ⁻¹	
0	2,012 aA	1,938 aA	1,886 aA
0,5	3,163 aB	3,413 aB	3,088 aB
1,0	4,488 aC	4,676 aC	5,302 bC
DMS ¹ 5% : 0,544			
DMS ² 5% : 0,705			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 10. Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P \ 1,0) = -4,415926 + 0,813333 * Zn \quad R^2 = 0,810 *$$

Com relação às folhas **novas** (Tabela 31), a aplicação da dose **1,0%** de sulfato de zinco para a dose **1,0%** de fosfato monoamônico causou **uma** redução significativa na concentração de fósforo.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco, provocou **um** aumento significativo nos teores de fósforo.

As folhas novas mostraram uma resposta **quadrática** na concentração de fósforo (Figura 11), atingindo **um** ponto máximo de **2,953 g kg⁻¹** com a dose **0,43%** de sulfato de zinco **para a dose 1,0%** de fosfato monoamônico.

Tabela 31 - Concentração de **P** nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco **pasa a saturação pos bases de 50%**.

Doses de fosfato monoamônico %	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
0	1,711 aA	1,832 aA	1,703 aA
0,5	2,171 aB	2,236 aB	2,084 aB
1,0	2,601 bC	2,944 cC	2,341 aC
DMS ¹ 5% : 0,226			
DMS ² 5% : 0,203			

Médias seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Estes resultados mostram que a interação fosfato monoamônico * sulfato de zinco afetou a mobilidade do fósforo, reduzindo sua concentração nas folhas novas. Os dados sugerem uma redução da translocação do fósforo na parte aérea da planta induzida pelo sulfato de zinco. Na presença de fosfato monoamônico, a aplicação da dose **1,0%** de sulfato de zinco resultou numa menor absorção e translocação do fósforo na parte aérea da planta.

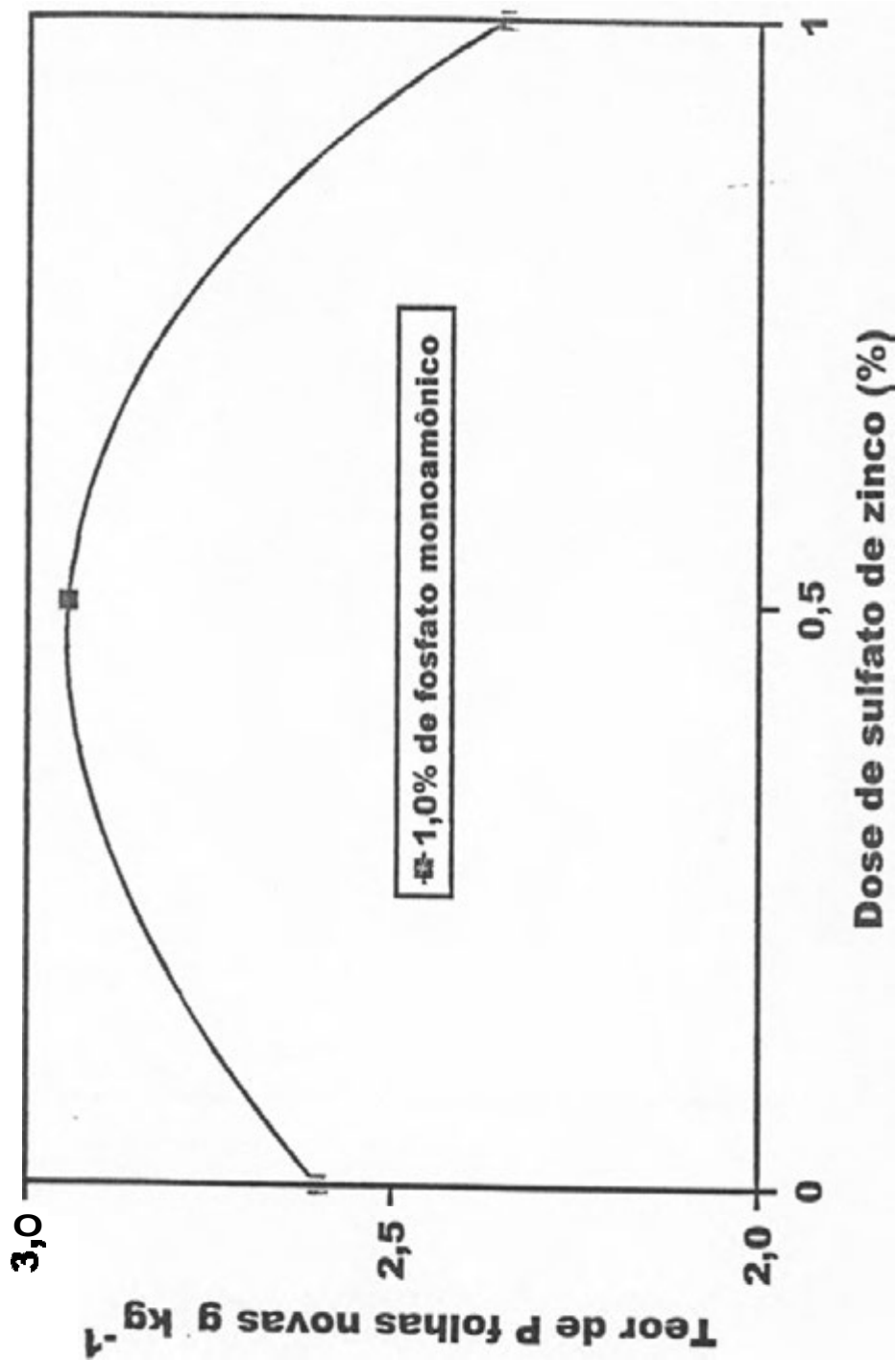


Figura 11. Curva de resposta do teor de fósforo nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P \ 1,0) = 2,601111 + 1,633333 * Zn - 1,893333 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

4.2.2.1.2. Acúmulo

Os dados obtidos pelas análises de variância da acumulação de fósforo na parte aérea das plantas encontram-se na Tabela 32. Os conteúdos acumulados do nutriente foram influenciados significativamente pelos dois fatores estudados e pela interação.

Tabela 32 - Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	51,38**	10,45**	46,31**	128,48**
Zn	2	6,32**	2,76	5,65**	12,66**
P * Zn	4	2,27	7,85**	1,00	4,78**
CV (%)		22,52	24,79	18,26	20,13

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As medias da quantidade absorvida de fósforo pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 33.

O efeito das doses de fosfato monoamônico sobre os conteúdos de fósforo nas folhas velhas mostra que a aplicação aumentou significativamente a acumulação do nutriente.

Houve influência das doses de fosfato monoamônico na acumulação de fósforo nas folhas novas. A aplicação da dose 1,0% promoveu um aumento significativo nos valores de fósforo absorvido.

Tabela 33 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato de monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg/vaso			
0	2,494 a	4,984 a	22,617 a	28,952 a
0,5	3,042 b	5,915 ab	23,049 a	50,174 h
1,0	4,506 c	6,849 b	33,828 b	73,664 c
DMS 5%	0,494	0,959	3,175	6,725

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Com relação aos ramos, as quantidades de fósforo aumentaram significativamente pela aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico, não diferindo estatisticamente com a dose 0,5%.

De forma semelhante ao observado nas folhas velhas, acréscimos da dose de fosfato monoamônico provocaram aumentos significativos nas quantidades absorvidas pelo caule.

O conteúdo de fósforo no cafeeiro em todos os seus componentes da parte aérea, acompanha a tendência da concentração do nutriente, aumentando com a dose de fosfato monoamônico aplicada.

As quantidades de fósforo absorvidas pelas folhas foram superiores aos valores encontrados nos ramos e caule. Este maior acúmulo do nutriente nas folhas está associado aos maiores teores de fósforo e maior acúmulo de material seco foliar.

As médias das quantidades acumuladas de fósforo pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 34.

Tabela 34 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Folhas Novas mg/vaso	Folhas Velhas
0	3,350ab	28,398 b	44,100 a
0,5	2,981 a	27,062 ab	50,566a
1,0	3,711 b	24,074 a	58.128 h
DMS 5%	0,593	3.576	6,923

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das doses de sulfato de zinco nos conteúdos de fósforo nas folhas velhas, A aplicação da dose 1,0% resultou em aumentos significativos na acumulação do nutriente.

As quantidades de fósforo acumuladas nas folhas novas foram influenciadas pelas doses **de** sulfato de zinco. Os conteúdos **do** nutriente diminuíram significativamente com a **dose** 1,0%, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

Quanto ao caule, **a aplicação** da dose 0,5% de fosfato monoamônico causou uma redução significativa na acumulação de fósforo.

Constata-se **um** comportamento semelhante em relação às concentrações de fósforo nas folhas novas. **A elevação das** doses **de sulfato** de zinco utilizadas aumentou **a absorção de** fósforo **pelas** folhas velhas, porem, diminuiu a quantidade **de** fósforo acumulado nas folhas novas **e** caule. Estes **dados** sugerem que **a depressão da** absorção do fósforo foi **induzida** pelo sulfato **de** zinco.

Avaliando o efeito da interação P * Zn, **as** quantidades de fósforo absorvidas **pelas** folhas velhas (Tabela 35) mostram **um** aumento significativo nos conteúdos **do** nutriente pela aplicação **de** sulfato de zinco com as doses 0,5 **e** 1,0% **de** fosfato monoamônico.

Tabela 35 - **Quantidade** acumulada **de** P nas folhas velhas em função **das** doses de fosfato monoamônico **e** sulfato **de** sineo para a saturação por **bases de 50%**.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
	mg/vaso		
U	29,46 aA	27,81 aA	29,57 aA
0,5	37,79 aA	55,18 bB	57,53 bB
1,0	65,03 aB	68,69 aC	87,27 bC
DMS ¹ 5% : 4,85			
DMS ² 5% : 11,93			

Médias seguidas da mesma letra **minúscula**¹ ou **maiúscula**² nas linhas ou **colunas**, respectivamente, **não** diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco, aumentou significativamente a acumulação de fósforo. Conforme a Figura 12, houve um comportamento linear crescente nos valores acumulados de fósforo à medida que aumenta a aplicação de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico.

A absorção de fósforo pelos ramos (Tabela 36) indica uma redução significativa no conteúdo do nutriente pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico.

Tabela 36 - Quantidade acumulada de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	5,51aAB	4,78aA	4,65aA
0,5	4,26aA	8,13bC	5,34aA
1,0	6,80aB	6,35aB	7,24aB
DMS ¹ 5% : 1,24			
DMS ² 5% : 1,55			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A aplicação de fosfato monoamônico para as doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco, provocou aumentos significativos no acúmulo.

Os valores de fósforo absorvido pelos ramos (Figura 13) mostraram uma resposta quadrática da aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico, alcançando um ponto máximo de 8,156 mg/vaso, com a dose 0,54%.

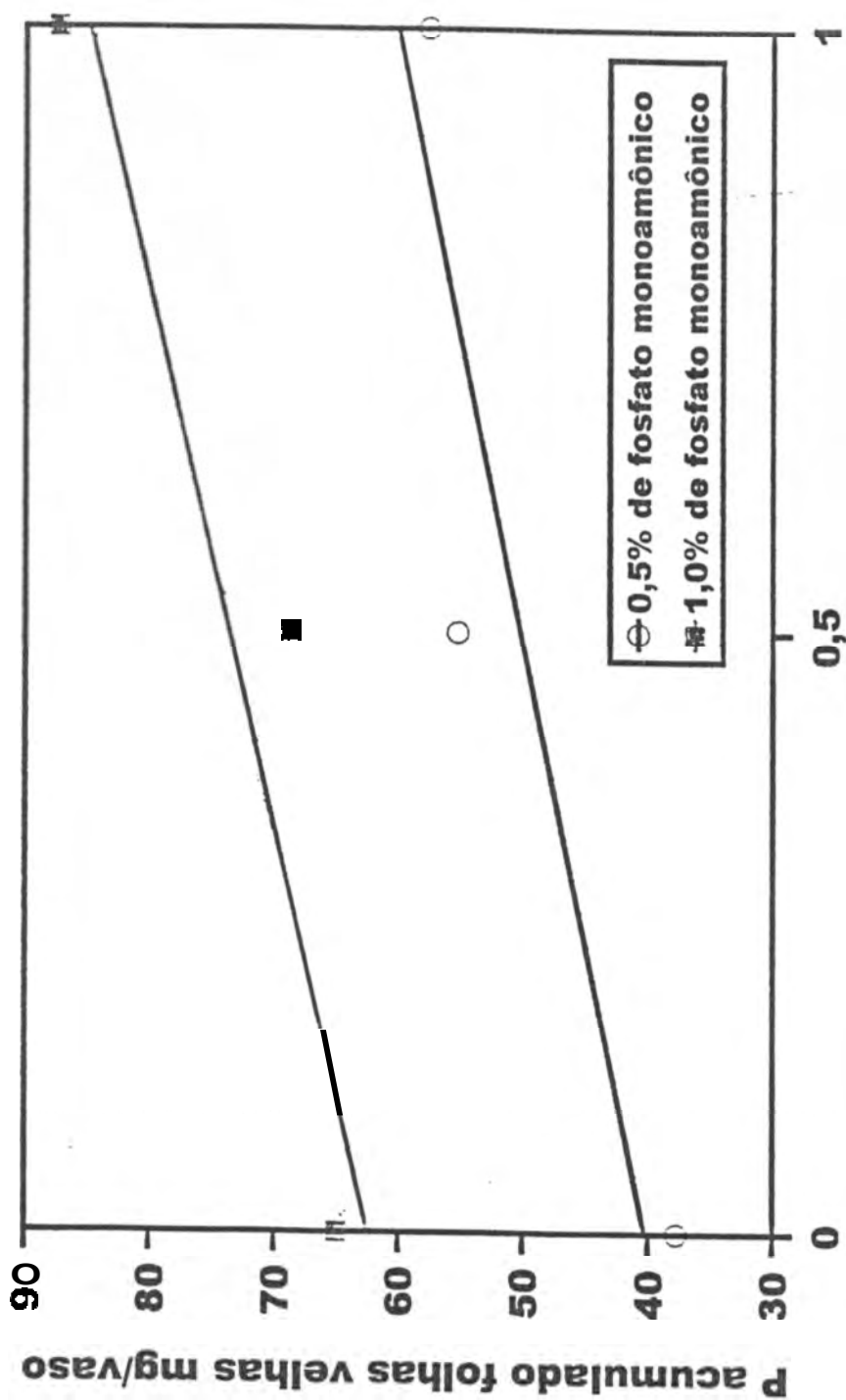


Figura 12. Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 40,30459 + 19,73928 * Zn \quad R^2 = 0,797 **$$

$$Y (P 1,0) = 62,54996 + 22,23841 * Zn \quad R^2 = 0,826 *$$

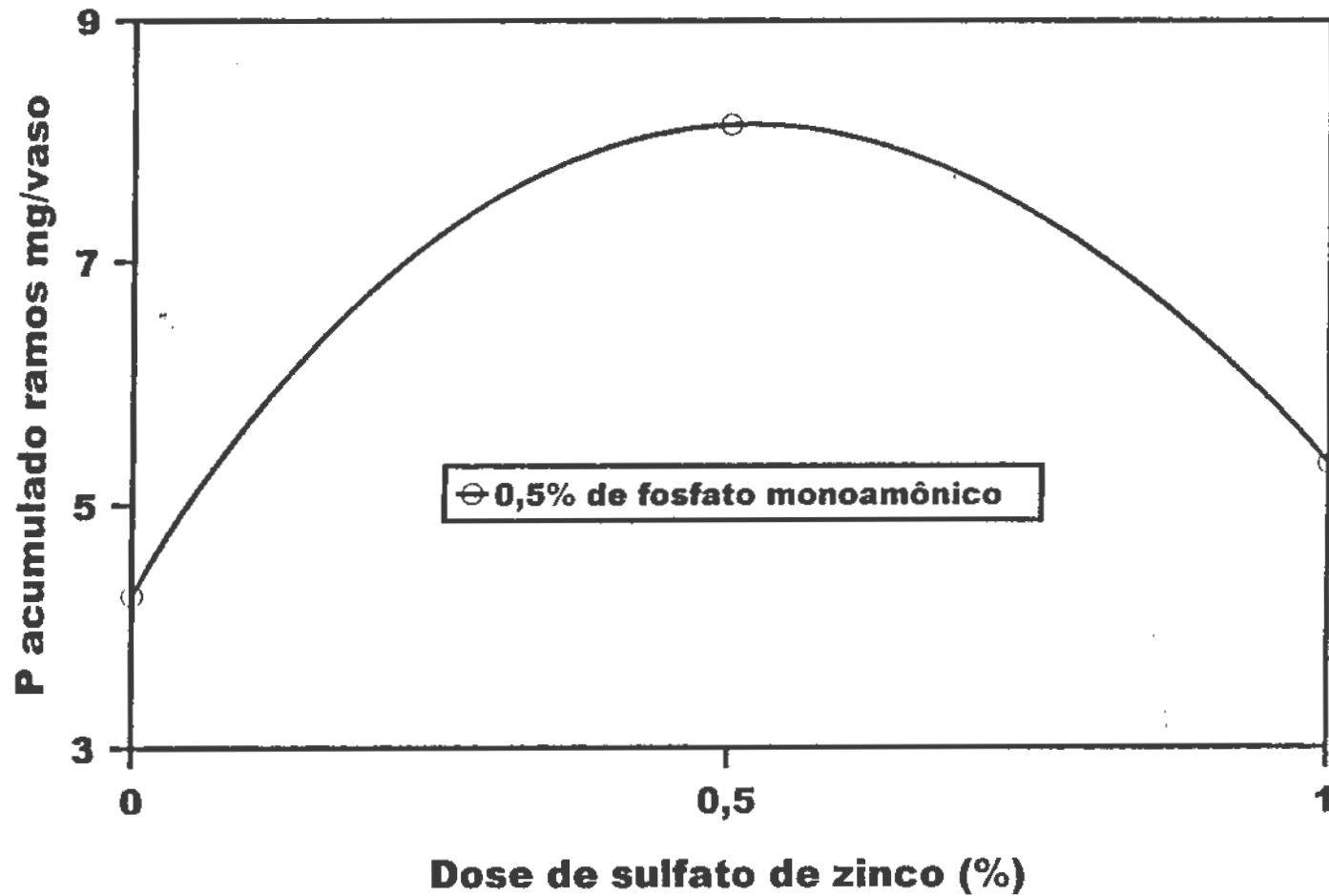


Figura 13. Curva de resposta do fósforo acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P0,5) = 4,268733 + 14,39069 * Zn - 13,31747 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Enquanto as falhas apresentaram aumentos na quantidade de fósforo acumulado com o acréscimo das doses de sulfato de zinco e fosfato monoamônico aplicadas, o acúmulo do nutriente diminuiu nos ramos. Estas observações permitem sugerir que o efeito depressivo sobre a translocação do fósforo das folhas para os ramos pode ser atribuído à inibição do sulfato de zinco na absorção do fósforo.

4.2.2.2. Saturação por bases de 70%

4.2.2.2.1. Concentração

As análises de variância (Tabela 37) revelaram efeito significativo de todas as causas de variação para teores de fósforo na parte aérea das plantas de café.

Tabela 37 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de fósforo no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G. L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
F	2	54,15**	103,41**	190,70**	376,04**
Zn	2	6,16**	3,20*	4,82*	34,21**
P * Zn	4	0,41	7,55**	2,41	5,34**
CV (%)		23,20	15,13	9,20	13,35

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da concentração de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico encontram-se na Tabela 38.

Tabela 38 - Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	E kg ⁻¹			
0	0,245 a	0,667a	1,822 a	1,613 a
0,5	0,347 h	0,902 b	2,413 h	2,829 b
1,0	0,483c	1,214 c	3,002 c	4,601 c
DMS 5%	0,054	0,092	0,145	0,264

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os teores de fósforo nas folhas velhas foram influenciados pelas doses de fosfato monoamônico. Houve um acréscimo significativo na concentração do nutriente, à medida que aumenta a dose aplicada.

Com relação ao teor de fósforo nas folhas novas, a aplicação de fosfato monoamônico resultou em aumentos significativos na concentração do nutriente.

De modo semelhante com as folhas, acréscimos da dose de fosfato monoamônico provocaram um aumento significativo nos teores do nutriente nos ramos e caule.

Estes **dados** são concordantes com **os** encontrados por Gopal & Balasubramanian (1975), Gopal et al. (1977) e Devarajan (1991)

Constatações de pesquisas efetuadas com fósforo no substrato por Bragança (1984), Souza (1987), Tonelli (1987), Clemente (1987) e Cardoso (1990), indicam **aumento** na concentração de fósforo no material seca **da parte** aérea do cafeeiro, **em** decorrência **das doses de** fósforo.

Os resultados obtidos mostram **que a aplicação de** fosfato monoamônico promoveu a **translocação de** fósforo das folhas, indicando que o nutriente migra desses componentes **da** planta para os ramos e caule. Comparando a concentração de fósforo nas folhas, ramos e caule, observa-se que **houve** maior absorção pelas folhas, o **que** pode ser explicado pela maior atividade fotossintética **e/ou** funções metabólicas **desses** componentes **da** parte aérea, uma vez **que os ramos e caule não são** os componentes fisiologicamente mais ativos **da planta**.

As medias **do teor de** fósforo nos diferentes componentes **da** parte aérea **das** plantas de **café** em função das **doses de** sulfato de zinco aparecem na Tabela 39.

O efeito das **doses de** sulfato de zinco aplicadas sobre as concentrações de fósforo nas folhas **velhas** mostra que o acréscimo **das doses** causou **um** aumento significativo nos teores **do** nutriente.

Houve **influência das doses de** sulfato de zinco na concentração **de** fósforo **nas** folhas novas. **A** aplicação **da** fonte aumentou significativamente **os** teores **do** nutriente.

Tabela 39 - Concentração de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	g kg ⁻¹			
0	0,405 b	0,367 a	2,304 a	2,537 a
0,5	0,336 a	0,934ab	2,473 h	3,067b
1,0	0,337 a	0,972 b	2,460 b	3,439 c
DMS 5%	0,025	0,079	0,115	0,142

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A concentração de fósforo nos ramos foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco. A aplicação da dose 1,0% aumentou significativamente o teor do nutriente, não diferindo estatisticamente com a dose 0,5%.

Com relação ao caule, a aplicação de sulfato de zinco provocou uma redução significativa na concentração do nutriente.

Estes dados mostram que a aplicação de sulfato de zinco afetou a absorção de fósforo pelo cafeeiro, O uso de sulfato de zinco aumentou a concentração do nutriente nas folhas e ramos, reduzindo porém, sua concentração no caule.

Moyses (1988) constatou que a concentração de fósforo no terceiro e quarto pares de folhas foi função quadrática crescente da aplicação de zinco no substrato.

Ao analisar a interação P * Zn, os valores da concentração de fósforo nas folhas velhas (Tabela 40) mostram que a aplicação de sulfato de zinco na presença das doses 0,5 e 1,0 % promoveu um aumento significativo nos teores do nutriente.

Tabela 40 - Concentração de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

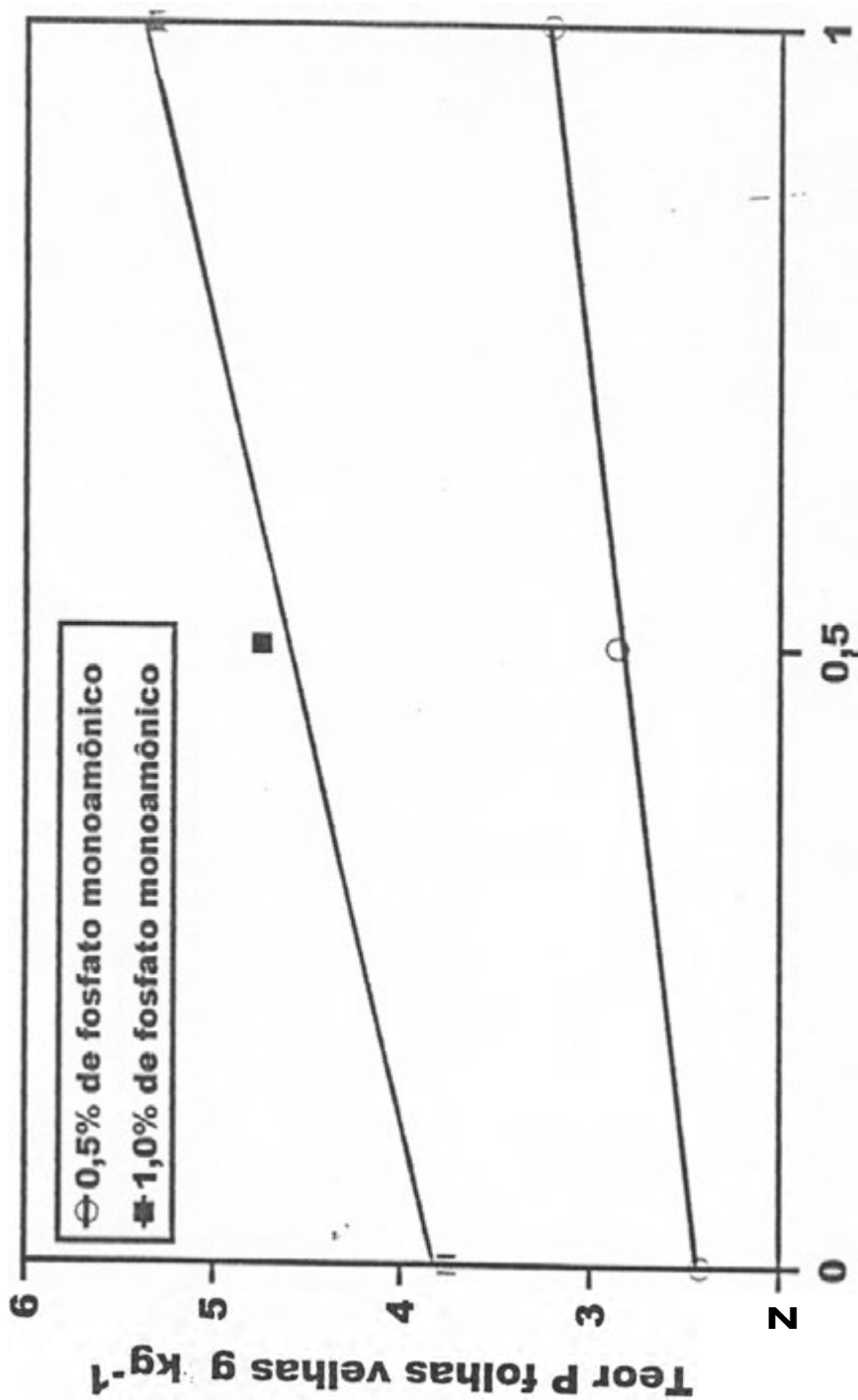
Doses de fosfato monoamônico %	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5 g kg ⁻¹	1,0
0	1,441 aA	1,592 aA	1,807 aA
0,5	2,421 aB	2,860 bB	3,206 bB
1,0	3,751 aC	4,748 bC	5,304 cC
DMS ¹ 5 % : 0,403			
DMS ² 5 % : 0,615			

Médias seguidas da mesma letra minúscula' ou maiúscula' nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

As concentrações de fósforo aumentaram significativamente com o acréscimo das doses de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco.

Para as folhas velhas, houve respostas lineares crescentes (Figura 14) nos teores de fósforo pela aplicação de sulfato de zinco com as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico.

Quanto aos ramos, a Tabela 41 mostra que a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco na presença da dose 0% de fosfato monoamônico diminuiu significa-



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 14. Curvas de resposta do teor de fósforo nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 2,436481 + 0,785556 * Zn \quad R^2 = 0,906 **$$

$$Y (P 1,0) = 3,824815 - 1,553333 * Zn \quad R^2 = 0,842 **$$

tivamente a concentração de fósforo. Entretanto, para a dose 1,0% de fosfato monoamônico, ocorreu um aumento significativo no teor do nutriente.

Tabela 41 - Concentração de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação dos bases de 70%.

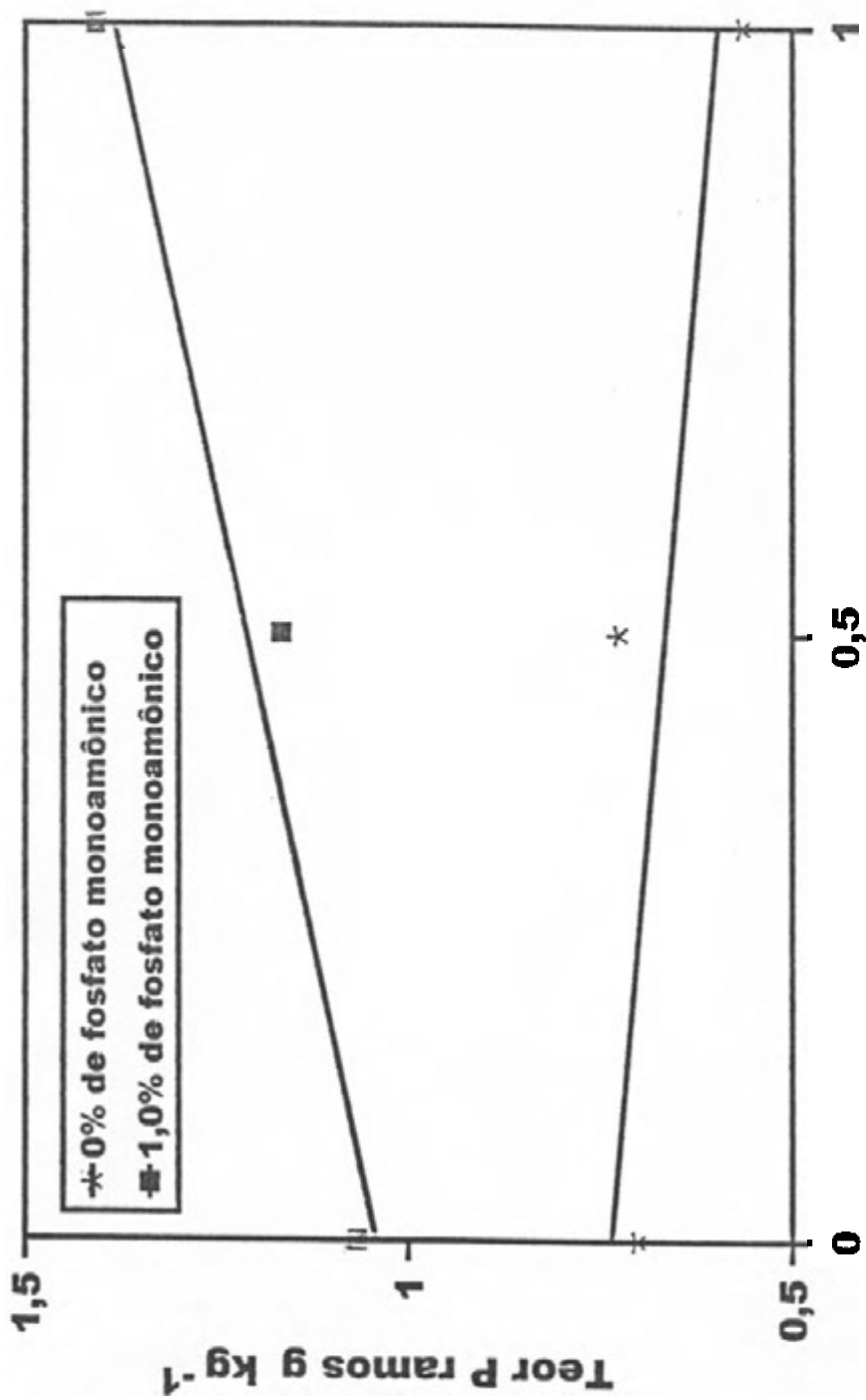
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		g kg ⁻¹	
0	0,705 bA	0,727 bA	0,567 aA
0,5	0,856 aB	0,908 aB	0,941 aB
1,0	1,067 aC	1,167 aC	1,408 bC
DMS ¹ 5% : 0,120			
DMS ² 5% : 0,143			

Medias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos na concentração de fósforo.

As equações de regressão (Figura 15) indicam que a aplicação de sulfato de zinco causou um efeito linear decrescente para a dose 0% de fosfato monoamônico e um efeito linear crescente para a dose 1,0% de fosfato monoamônico.

Através das Tabelas 40 e 41 e Figuras 14 e 15, nota-se que a aplicação de fosfato monoamônico e sulfato de zinco aumentou a absorção e translocação de fósforo



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 15. Curvas de resposta do teor de fósforo nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 0,735926 - 0,137778 * Zn \quad R^2 = 0,755 *$$

$$Y (P 1,0) = 1,044259 + 0,341111 * Zn \quad R^2 = 0,884 **$$

pelo cafeeiro. Entretanto, a aplicação de sulfato de zinco com a dose 0% de fosfato monoamônico provocou a depressão da absorção de fósforo pelos ramos.

4.2.2.2.2. Acúmulo

As análises de variância das quantidades acumuladas de fósforo no material seco da parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 42. Houve efeito significativo para todas as causas da variação sobre as quantidades absorvidas de fósforo.

Tabela 42 - Resumo das análises de variância para os parâmetros fósforo acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	34,46**	27,54**	25,68**	112,48**
Zn	2	13,21**	7,84**	14,71**	22,26**
P * Zn	4	2,14	6,08**	8,18**	9,18**
CV (%)		27,17	26,25	24,39	23,06

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As medias dos conteúdos de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 43.

Tabela 43 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação dos bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg/vaso			
0	2,346 a	4,383 a	25,445 a	24,088 a
0,5	2,881 a	4,905a	32,012 b	35,925a
1,0	4,223 h	7,114 b	41,000 c	61,355h
DMS 5%	0,616	0,941	5,251	16.119

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O acúmulo de fósforo nas folhas **velhas** foi influenciado **pelas doses** de fosfato monoamônico. **A aplicação da dose 1,0%** aumentou significativamente as quantidades **do nutriente**.

Para as folhas **novas**, o acréscimo das doses de fosfato monoamônico promoveu um aumento significativo: na **acumulação** de fósforo.

De modo semelhante com as folhas velhas, a aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico provocou maior acúmulo de fósforo nos ramos **e caule**.

Os dados do acúmulo médio de fósforo, nos componentes da **parte aérea do cafeeiro**, revela uma tendência similar **com a concentração do nutriente**, em função da aplicação **de fosfato monoamônico**.

As folhas mostraram maiores quantidades absorvidas de fósforo em comparação com os ramos e caule. Os maiores acúmulos do nutriente no tecido foliar são atribuídos aos maiores teores de fósforo e material seco produzido por estes componentes da parte aérea.

As médias do acúmulo de fósforo nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 44.

Tabela 44 - Quantidade acumulada de P na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
	mg/vaso			
0	3,761 b	5,631 b	35,281 h	30,870 a
0,5	3,125 a	6,146 b	37,099 b	43,565 b
1,0	2,564 a	4,625 a	26,077 a	46,933 b
DMS 5%	0,591	0,751	6,253	5,179

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O efeito das doses de sulfato de zinco sobre a absorção de fósforo pelas folhas velhas mostra um aumento significativo na acumulação do nutriente pela aplicação da fonte.

A quantidade de fósforo absorvida pelas folhas novas diminuiu significativamente pela aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco.

De modo semelhante ao observado nas folhas novas, a aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco causou uma redução significativa nos conteúdos acumulados de fósforo nos ramos.

A quantidade de fósforo no caule foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco. A aplicação provocou menor absorção do nutriente.

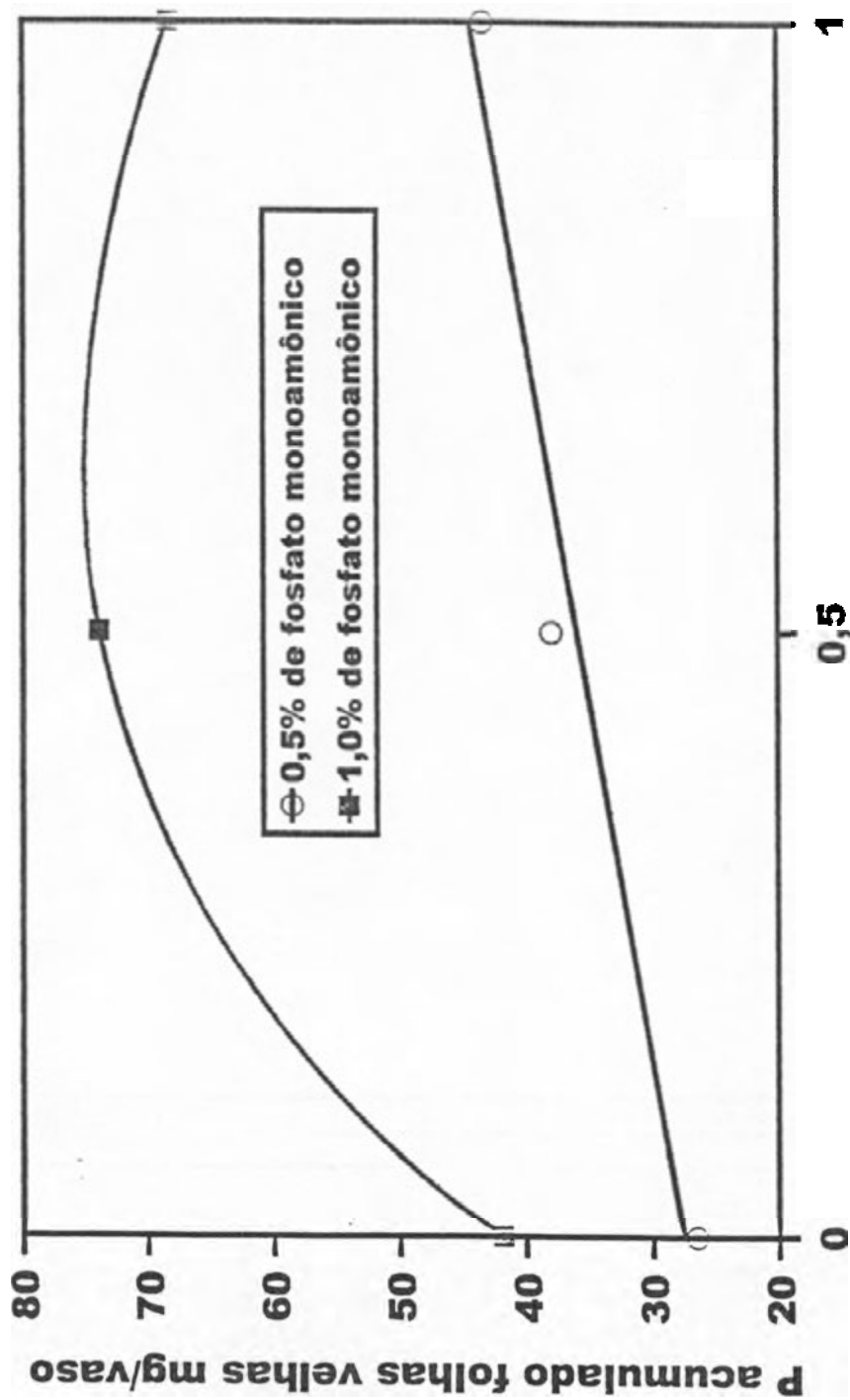
Estes resultados mostram que a aplicação de sulfato de zinco afetou negativamente a absorção de fósforo pelo cafeeiro. A elevação das doses de sulfato de zinco aumentou a quantidade de zinco acumulado nas folhas velhas, seduzindo porem, o acúmulo nas folhas novas, ramos e caules.

Quando se analisa o efeito da interação P * Zn, a quantidade de fósforo absorvida pelas folhas velhas (Tabela 45) indica que a aplicação de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, promoveu um aumento significativo na acumulação do nutriente.

Tabela 45 - Quantidade acumulada de P nas folhas velhas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (X)		
	0	0,5	1,0
R		mg/vaso	
0	24,19abA	18,85aA	29,20bA
0,5	26,54aA	37,92bB	43,31bB
1,0	41,87aB	73,91bC	68,27bC
DMS ¹ 5% : 8,88			
DMS ² 5% : 11,39			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 16. Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P\ 0,5) = 27,53928 + 16,77169 * Zn \quad R^2 = 0,840^{**}$$

$$Y(P\ 1,0) = 41,87281 + 101,7749 * Zn - 75,37122 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999^*$$

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico, independente das doses de sulfato de zinco, aumentou a absorção de fósforo.

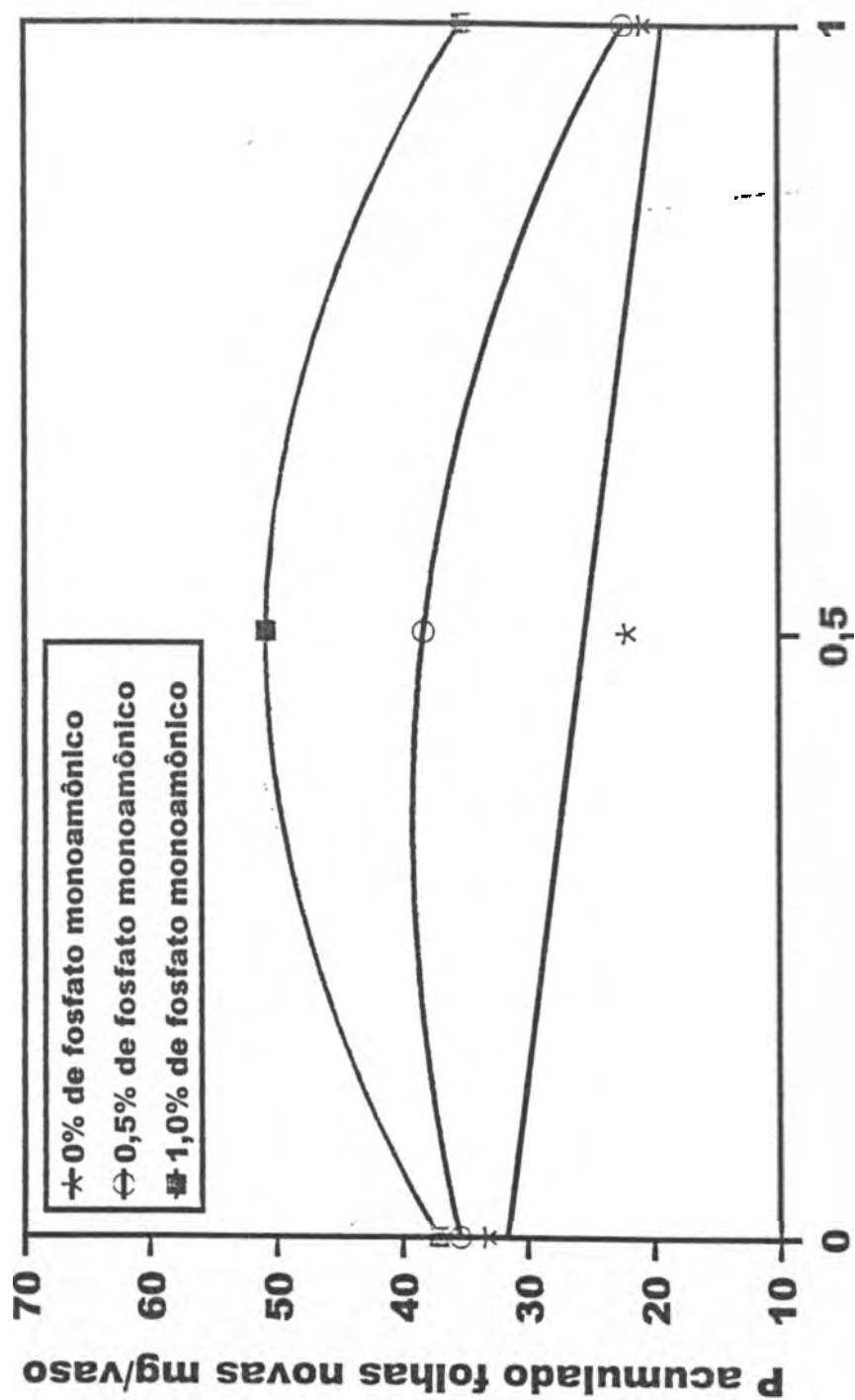
O conteúdo de fósforo nas folhas velhas mostrou um comportamento linear e quadrático (Figura 16). Houve um efeito linear crescente da aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico. Entretanto, para a dose 1,0% de fosfato monoamônico, a resposta foi quadrática, atingindo um valor máximo de 76,228 mg/vaso com a dose 0,68% de sulfato de zinco.

Com relação às folhas novas (Tabela 46), o acréscimo das doses de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico causou uma redução significativa na acumulação do nutriente. Entretanto, para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, ocorreu maior absorção com a dose 0,5% de sulfato de zinco.

Tabela 46 - Quantidade acumulada de P nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação per bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	33,30bA	22,17aA	20,85aA
0,5	35,42bA	38,30bB	22,30aA
1,0	37,11aA	50,81bC	35,09aB
DMS ¹ 5% : 10,10			
DMS ² 5% : 11,72			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 17. Curvas de resposta do fósforo acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$\begin{aligned}
 Y(P, 0) &= 31,66755 - 12,44387 * Zn & R^2 &= 0,682^{**} \\
 Y(P, 0,5) &= 35,42798 + 24,63089 * Zn - 37,75436 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^{**} \\
 Y(P, 1,0) &= 37,11617 + 56,84603 * Zn - 58,89251 * Zn^2 & R^2 &= 0,999^{**}
 \end{aligned}$$

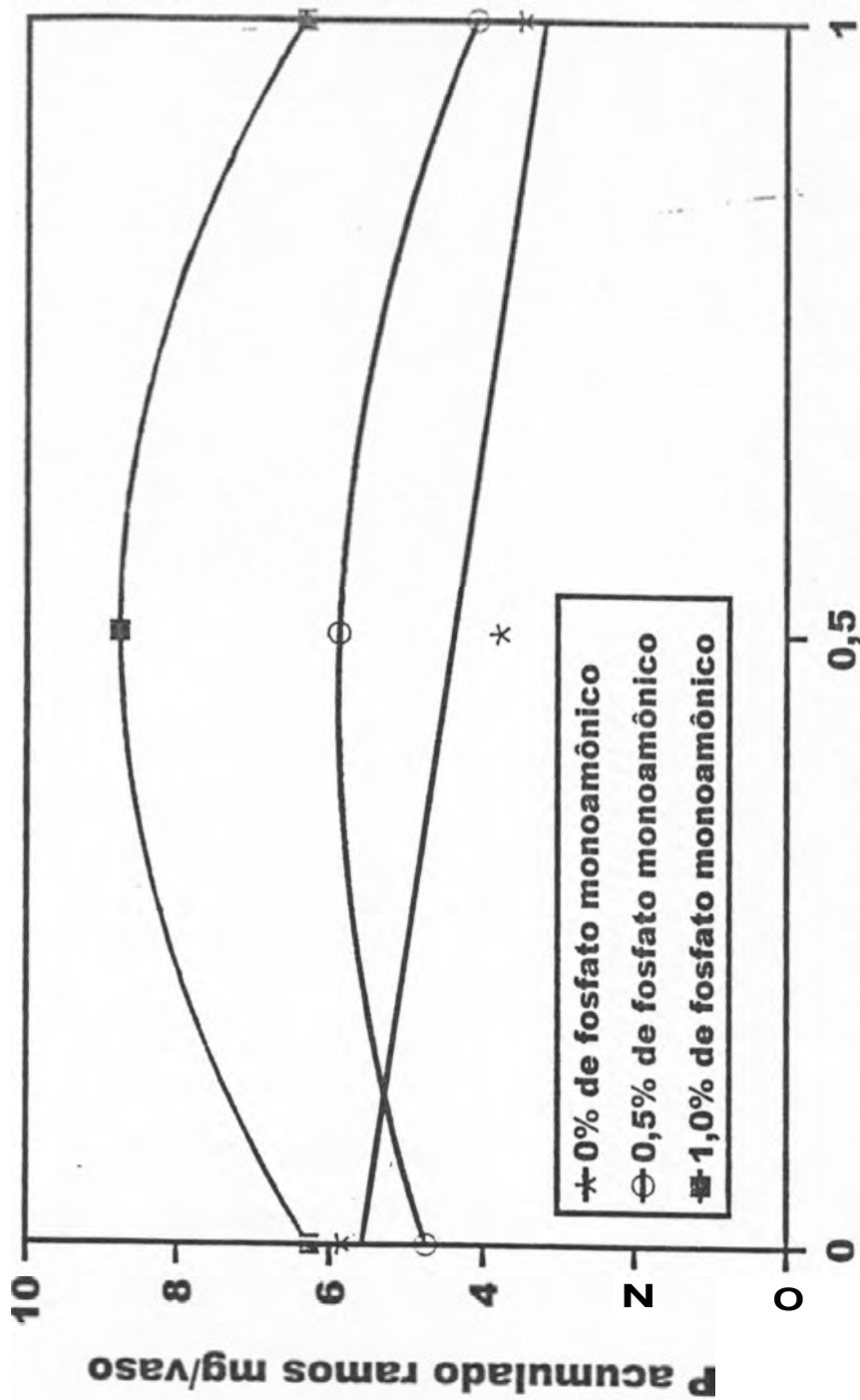
O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico para as doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos nas quantidades acumuladas de fósforo.

O fósforo absorvido pelas folhas novas (Figura 17) mostrou um comportamento linear e quadrático. A aplicação de sulfato de zinco com a dose 0% de fosfato monoamônico provocou um efeito linear decrescente nos conteúdos de fósforo. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, ocorreu uma resposta quadrática, a quantidade de fósforo absorvida atingiu máximos de 39,445 mg/vaso e 50,833 mg/vaso com as doses 0,33% e 0,48% de sulfato de zinco, respectivamente.

As quantidades de fósforo absorvidas pelos ramos (Tabela 47) revelaram uma diminuição significativa pela aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, o uso da dose 0,5% de sulfato de zinco resultou em aumentos significativos nos conteúdos do nutriente.

O acréscimo das doses de fosfato monoamônico para as doses 0,5 e 1,0% de sulfato de zinco aumentou significativamente a acumulação de fósforo.

A absorção de fósforo pelos ramos conforme a Figura 18, foi representada por equações linear e quadrática. A aplicação de sulfato de zinco provocou uma resposta linear decrescente para a dose 0% de fosfato monoamônico. Entretanto, para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, houve um comportamento quadrático, atingindo um ponto máximo de 5,903 mg/vaso e 8,768 mg/vaso com as doses 0,44 e 0,50% de sulfato de zinco, respectivamente.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 18. Curvas de resposta do fósforo acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0) = 5,579574 - 2,392533 * Zn \quad R^2 = 0,675^{**}$$

$$Y (P 0,5) = -4,749378 + 5,206611 * Zn - 5,872422 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999^*$$

$$Y (P 1,0) = 6,266611 + 9,965033 * Zn - 9,923622 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999^*$$

Tabela 47 - Quantidade **acumulada** de P nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco **para a saturação** por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	5,87 bAB	3,78 aA	3,48 aA
0,5	4,74 abA	5,88 bB	4,08 aA
1,0	6,26 aB	8,76 bC	6,30 aB
DMS ¹ 5% : 1,67			
DMS ² 5% : 1.24			

Médias seguidas da mesma letra **minúscula**¹ ou **maiúscula**² nas linhas ou **colunas**, respectivamente, **não** diferem **estatisticamente**, pelo teste de Tukey, em **nível de 5%** de probabilidade.

Através das Tabelas 45 a 47 e Figuras 16 a 18, nota-se que **para a dose** 0,5% de fosfato monoamônico a aplicação de **sulfato de zinco** aumentou a quantidade de zinco acumulado nas folhas **velhas**, seduzindo o **acúmulo** nas folhas novas e ramos. Esta **redução** da mobilidade de fósforo sugere uma **redução de translocação** do nutriente induzida pelo sulfato **de zinco**

4.2.3. Cálcio

4.2.3.1. Saturação por bases de 50%

4.2.3.1.1. Concentração

Os resultados das análises de variância das concentrações de cálcio na parte aérea das plantas encontram-se na Tabela 43. Houve efeito significativo **dos** dois fatores estudados no teor **do** nutriente.

Tabela 48 - Resumo das análises de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	5,26*	3,05	0,15	0,05
Zn	2	1,99	2,60	4,98*	0,13
P * Zn	4	2,12	0,56	0,03	0,61
CV (%)		18,95	9,69	14,36	10,21

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da concentração de cálcio na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 49.

A concentração de cálcio no caule foi influenciada pelas doses de fosfato monoamônico. Houve uma redução significativa no teor do nutriente em função da aplicação da fonte.

Estes resultados não concordam com as observações de Oliveira et al. (1977), Bragança (1984) e Cardoso (1990), que observaram aumento nos teores de cálcio no material seco do cafeeiro, em função de doses crescentes de fósforo.

As médias dos teores de cálcio nas parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 50.

Tabela 49 - 'Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Caule
%	g kg ⁻¹
0	3,630 h
0,5	3,237 ab
1,0	3,094 a
DMS 5%	0.4 19

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 50 - Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de sulfato de zinco	Folhas Novas
%	g kg ⁻¹
0	13,894 a
0,5	15,404 b
1,0	15,556 b
DMS 5%	1,408

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O efeito das doses de sulfato de zinco sobre a concentração de cálcio nas folhas novas mostra que a aplicação da fonte provocou um aumento significativo no teor do nutriente.

Moyses (1988) constatou um aumento linear da concentração de cálcio nos ramos de cafeeiro, conforme aumentou a aplicação de sulfato de zinco na solução nutritiva.

4.2.3.1.2. Acúmulo

Os resultados referentes às análises de variância da quantidade acumulada de cálcio na parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 51. Houve efeito significativo para todas as causas de variação nas quantidades extraídas do nutriente.

Tabela 51 - Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 50%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	2,70	13,92**	8,49**	0,43
Zn	2	1,52	0,10	0,09	6,97**
P * Zn	4	1,44	16,08**	2,37	2,07
CV (%)		21,96	14.05	22.39	20.24

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da absorção de cálcio pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentadas na Tabela 52.

Tabela 52 - Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico %	Ramos mg/vaso	Folhas Novas
0	42,521 b	199,301 b
0,5	35,154 a	157,454 a
1,0	36,872 a	195,402 b
DMS 5%	3,520	27,036

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A quantidade acumulada de cálcio nas folhas novas foi influenciada pelas doses de fosfato monoamônico. Os conteúdos da nutriente diminuíram significativamente pela aplicação da dose 0,5%.

Para os ramos, a aplicação de fosfato monoamônico provocou uma redução significativa nas quantidades absorvidas de cálcio.

A redução dos valores do acúmulo de cálcio nos seus componentes da parte aérea, apresenta uma tendência similar em relação à concentração do nutriente, diminuindo com o aumento das doses de fosfato monoamônico aplicadas.

As médias da quantidade acumulada de cálcio pela parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 53.

Tabela 53 - Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco **pasa a saturação por bases de 50%**.

Doses de sulfato de zinco %	Folhas Velhas mg/vaso
0	290,673 a
0,5	321,273 ab
1,0	357,067 b
DMS 5%	42,890

Medias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade,

Houve influência das doses de sulfato de zinco nas quantidades extraídas de cálcio pelas folhas velhas. A aplicação da dose 1,0% aumentou significativamente o conteúdo do nutriente, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

Os dados mostram um comportamento similar em relação à concentração de cálcio nas folhas novas. A aplicação de sulfato de zinco provocou um aumento nas quantidades acumuladas de cálcio, o que pode ser atribuído aos maiores teores do nutriente no material seco desses componentes da parte aérea da planta.

Quanto à quantidade de cálcio extraída sob influência da interação P * Zn, a acumulação do nutriente nos ramos (Tabela 54) mostra uma redução significativa pela

aplicação de **sulfato de zinco para a dose 0%** de fosfato monoamônico. Entretanto, **para a dose 0,5%** de fosfato monoamônico, ocorreu um aumento significativo nos conteúdos.

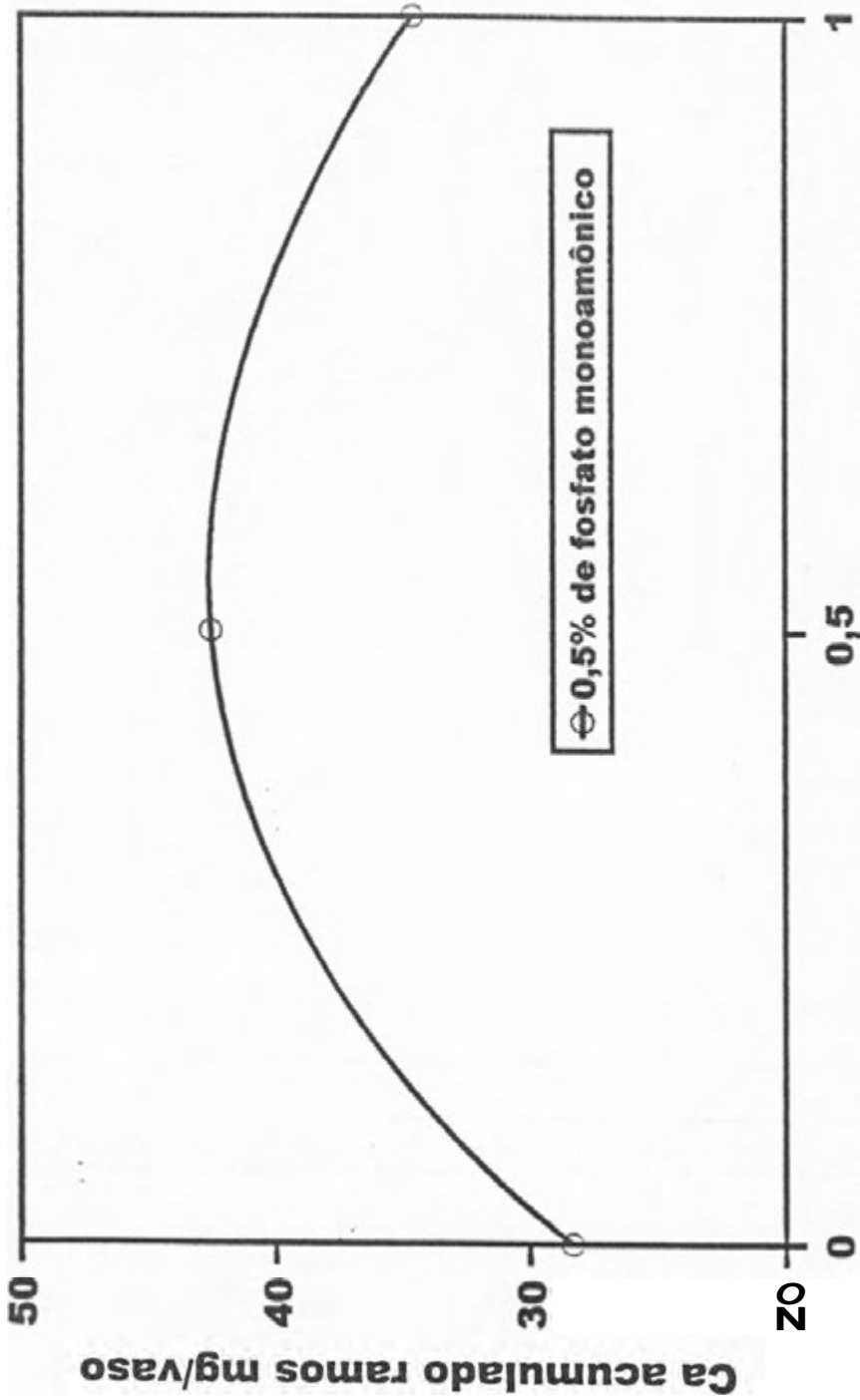
Tabela 54 - Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 50%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	50,03 bC	38,67 aAB	38,85 aAB
0,5	28,35 aA	42,57 cB	34,53 bA
1,0	36,89 abB	33,68 aA	40,03 bB
DMS ¹ 5% : 4,48			
DMS ² 5% : 5,19			

Medias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico para a dose 0% de sulfato de zinco causou uma redução significativa na acumulação de nutriente. A aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico para a dose 0,5% de sulfato de zinco causou uma redução no acúmulo do nutriente. Entretanto, para a dose 1,0% de sulfato de zinco ocorreu um aumento no conteúdo.

Conforme a Figura 19, a quantidade absorvida de cálcio pelos ramos foi representada por uma equação quadrática, atingindo um máximo de 42,787 mg/vaso para a dose 0,5% de fosfato monoamônico com a dose 0,57% de sulfato de zinco



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 19. Curva de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 28,35649 + 50,69049 * Zn - 44,51369 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Estes **resultados** indicam **que a interação fosfato monoamônico * sulfato de zinco afetou a absorção de cálcio**. O efeito depressivo nas quantidades acumuladas de cálcio permitem sugerir **que houve uma inibição do sulfato de zinco sobre a absorção do nutriente**.

4.2.3.2. Saturação por bases de 70%

4.2.3.2.1. Concentração

As análises de variância referentes à concentração de cálcio na parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 55. Houve efeito significativo do **fatos Zn no teor** do nutriente.

Tabela **55** - Resumo das análises **de variância para os parâmetros concentração de cálcio no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café pasa a saturação por bases de 70%** .

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		Caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	1,28	1,16	1,04	0,08
Zn	2	1,31	4,70*	2,42	0,06
P * Zn	4	0,63	1,16	0,14	0,64
DMS 5%		18,67	10,59	10,73	10,14

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias do teor de cálcio na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco aparecem na Tabela 56.

Tabela 56 - Concentração de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Ramos g kg ⁻¹
0	7,228 a
0,5	7,482 ab
1,0	7,888 b
DMS 5%	0,523

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A concentração de cálcio nos ramos foi influenciada pelas doses de sulfato de zinco. O uso da dose 1,0% aumentou significamente o teor do nutriente, não diferindo estatisticamente da dose 0,5%.

Observações semelhantes foram obtidas por Moyses (1988), que observou que a concentração de cálcio nos ramos do cafeeiro aumentou linearmente em função da aplicação de doses crescentes de zinco na solução nutritiva.

4.2.3.2.2. Acúmulo

Os dados obtidos das análises de variância referentes aos conteúdos de cálcio com base no peso do material seco da parte aérea das plantas de café encontram-se na Tabela 57. Houve efeito significativo para todas as causas de variação sobre a acumulação do nutriente.

Tabela 57 - Resumo das análises de variância para os parâmetros cálcio acumulado no caule, ramos, folhas novas e folhas velhas das plantas de café para a saturação por bases de 70%.

Causa da Variação	G.L.	Valores de teste F			
		caule	Ramos	Folhas Novas	Folhas Velhas
P	2	0,15	9,74**	0,08	4,25*
Zn	2	1,42	11,00**	20,36**	1,40
P * Zn	4	5,67**	10,67**	7,36**	9,66**
CV (%)		24,56	17,72	20,38	19,98

* Valores significativos a 5% de probabilidade.

** Valores significativos a 1% de probabilidade.

As médias da quantidade de cálcio absorvida pelos diferentes componentes da parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico são apresentados na Tabela 58.

Tabela 58 - Quantidade acumulada de Ca na parte aérea das plantas de café em função das doses de fosfato monoamônico para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Ramos	Folhas Velhas
%	mg/vaso	
0	48,915 b	357,744 h
0,5	39,558 a	305,512 a
1,0	43,684 a	327,972 ab
DMS 5%	5,121	43,309

Medias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

As quantidades de cálcio extraídas pelas folhas velhas foram influenciadas pelas doses de fosfato monoamônico. A aplicação da dose 0,5% causou uma redução significativa na acumulação do nutriente, não diferindo estatisticamente da dose 1,0%.

Com relação aos ramos, a absorção de cálcio diminuiu significativamente pela aplicação de fosfato monoamônico.

As médias das quantidades acumuladas de cálcio nos diferentes órgãos da parte aérea das plantas de café em função das doses de sulfato de zinco, aparecem na Tabela 59.

O efeito das doses de sulfato de zinco sobre as quantidades extraídas de cálcio pelas folhas novas e ramos mostra que a aplicação da dose 1,0% provocou uma redução significativa no conteúdo do nutriente.

Tabela 59 - Quantidade acumulada *de* Ca na parte aérea **das** plantas **de** café em função **das** doses de sulfato de zinco para **a** saturação por bases **de** 70%.

Doses de sulfato de zinco %	Ramos mg/vaso	Folhas Novas
0	46,682 b	279,898 b
0,5	47,171 b	281,774 b
1,0	38,303 a	202.742 a
DMS 5 %	6,321	34,064

Medias seguidas da mesma letra **não** diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao acúmulo de cálcio sob influência da interação **P * Zn**, os valores das quantidades absorvidas **pelas** folhas velhas (Tabela 60) revelam **que a** aplicação **da dose** 0,5% de sulfato de zinco **causou uma** diminuição significativa na acumulação **para a** dose 0% de fosfato monoamônico e **um** aumento significativo **para a dose** 1,0%.

O uso **de doses** crescentes de fosfato monoamônico **para as doses** 0 e 1,0% de sulfato de zinco diminuiu significativamente **as quantidades** extraídas de cálcio e aumentou significativamente a acumulação **para a dose** 0,5%.

As folhas velhas mostraram um comportamento quadrático no conteúdo de cálcio (Figura 20) **em função da** aplicação de sulfato de zinco. Para a dose 0% de fosfato monoamônico a acumulação **diminuiu a** um valor mínimo **de** 273,939 mg/vaso com a dose 0,51%. **A partir dessa dose a** aplicação de sulfato de zinco provocou aumentos **nas quantidades extraídas** de cálcio, até um valor de 394,861 mg/vaso. Entretanto, para a dose 1,0% de fosfato monoamônico, **o** acúmulo atingiu um valor máximo **de** 595,856 mg/vaso com a dose 0,55% de sulfato de zinco.

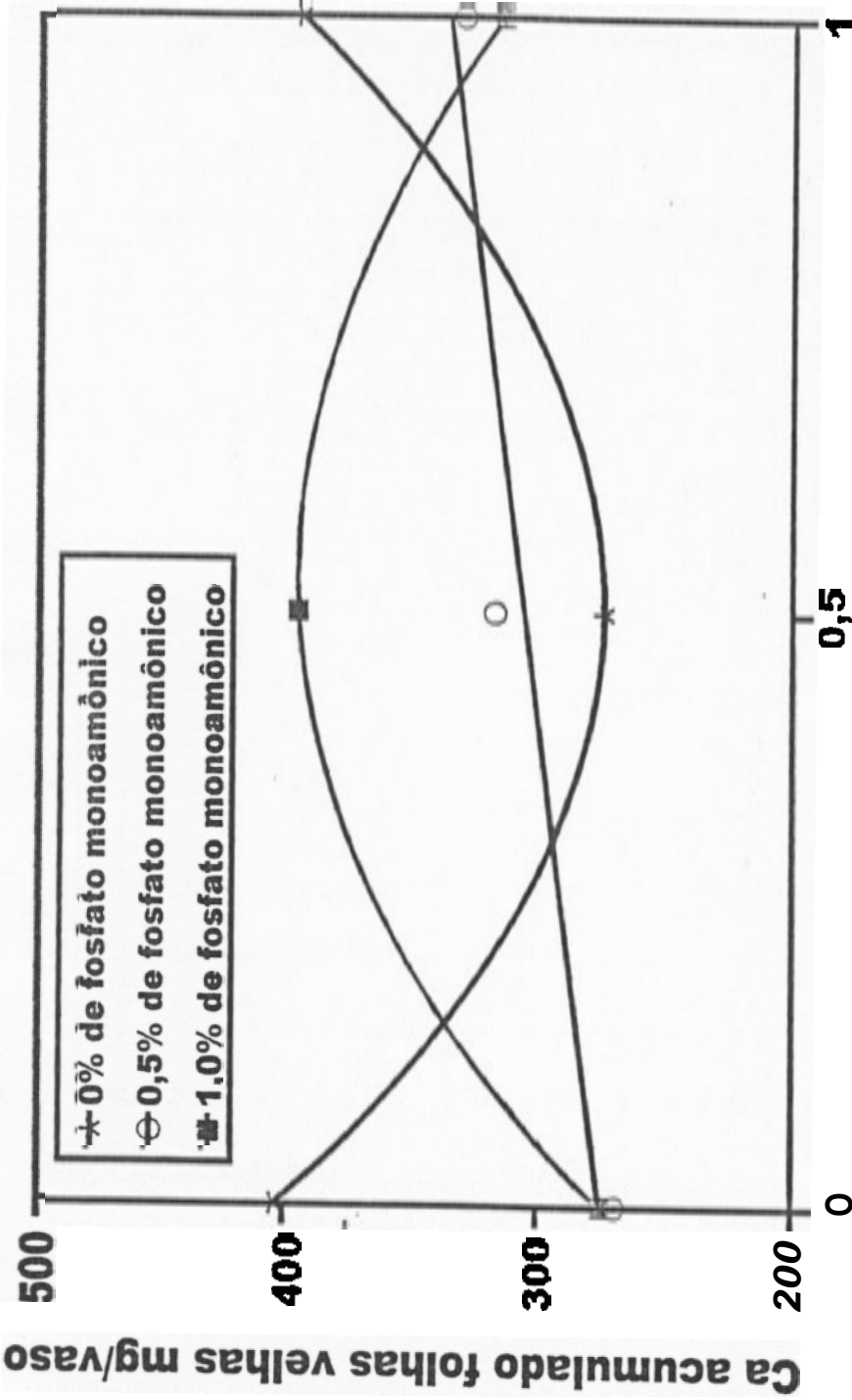
Tabela 60 - **Quantidade** acumulada de Ca nas folhas velhas em **função** das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco **para a** saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
a	404,38 bB	273,98 aA	394,86 bB
0,5	269,40 aA	317,09 aA	330,03 aA
1,0	275,15 aA	394,92 bB	313,83 aA
DMS ¹ 5% : 72,00			
DMS ² 5% : 52,00			

Médias seguidas da mesma letra minúscula' ou maiúscula' nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os conteúdos de cálcio nas folhas novas (Tabela 61) indicam que o acréscimo das doses de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico diminuiu significativamente a acumulação do nutriente. Entretanto, a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico promoveu maiores quantidades absorvidas de cálcio.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico para a dose 0% de sulfato de zinco diminuiu as quantidades de cálcio e aumentou o acúmulo para a dose 0,5%.



Dose de sulfato de zinco (%)
 Figura 20. Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas velhas das plantas de café em função da Enteração P * Zn.

$$Y (P 0) = 404,3897 - 512,0928 * Zn + 502,564 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y (P 0,5) = 275,1952 + 60,63447 * Zn \quad R^2 = 0,748 *$$

$$Y (P 1,0) = 275,1559 + 440,3996 * Zn - 401,7196 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

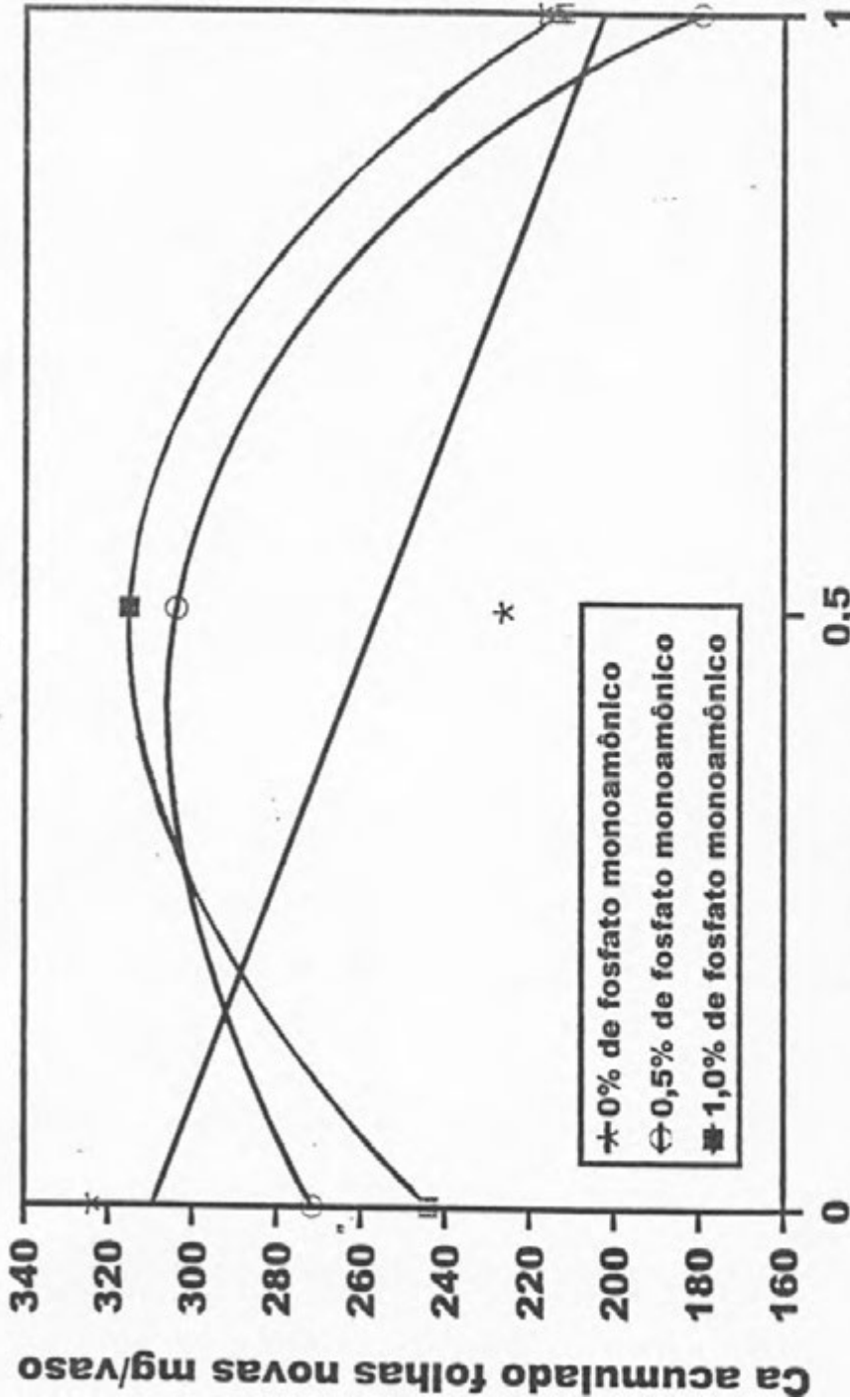
Tabela 61 - Quantidade acumulada de Ca nas folhas novas em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação pos bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	324,36 bB	226,30 aA	217,19 aA
0,5	271,56 bA	303,95 bB	179,23 aA
1,0	243,75 aA	315,06 bB	211,82 aA
DMS ¹ 5% : 62,50			
DMS ² 5% : 50,94			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A quantidade de cálcio extraída pelas folhas novas mostrou um comportamento linear e quadrático (Figura 21). Houve um efeito linear decrescente no conteúdo pela aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, a resposta foi quadrática, o acúmulo atingiu valores máximos de 310,732 mg/vaso e 315,789 mg/vaso com as doses 0,35 e 0,45% de sulfato de zinco, respectivamente.

As quantidades de cálcio acumuladas nos ramos (Tabela 62) revelam uma diminuição significativa pela aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico. Para as doses 0,5 e 1,0%, a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco provocou maior absorção do nutriente,



Dose de sulfato de zinco (%)
 Curvas de resposta do cálcio acumulado nas folhas novas das plantas de café em função da interação P * Zn.

$Y(P,0) = 309,5469 - 107,1956 * Zn \quad R^2 = 0,629 **$
 $Y(P,0,5) = 271,5693 + 221,8634 * Zn - 314,2002 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$
 $Y(P,1,0) = 243,7598 + 317,1573 * Zn - 349,0938 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$

Tabela 62 - Quantidade acumulada de Ca nos ramos em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

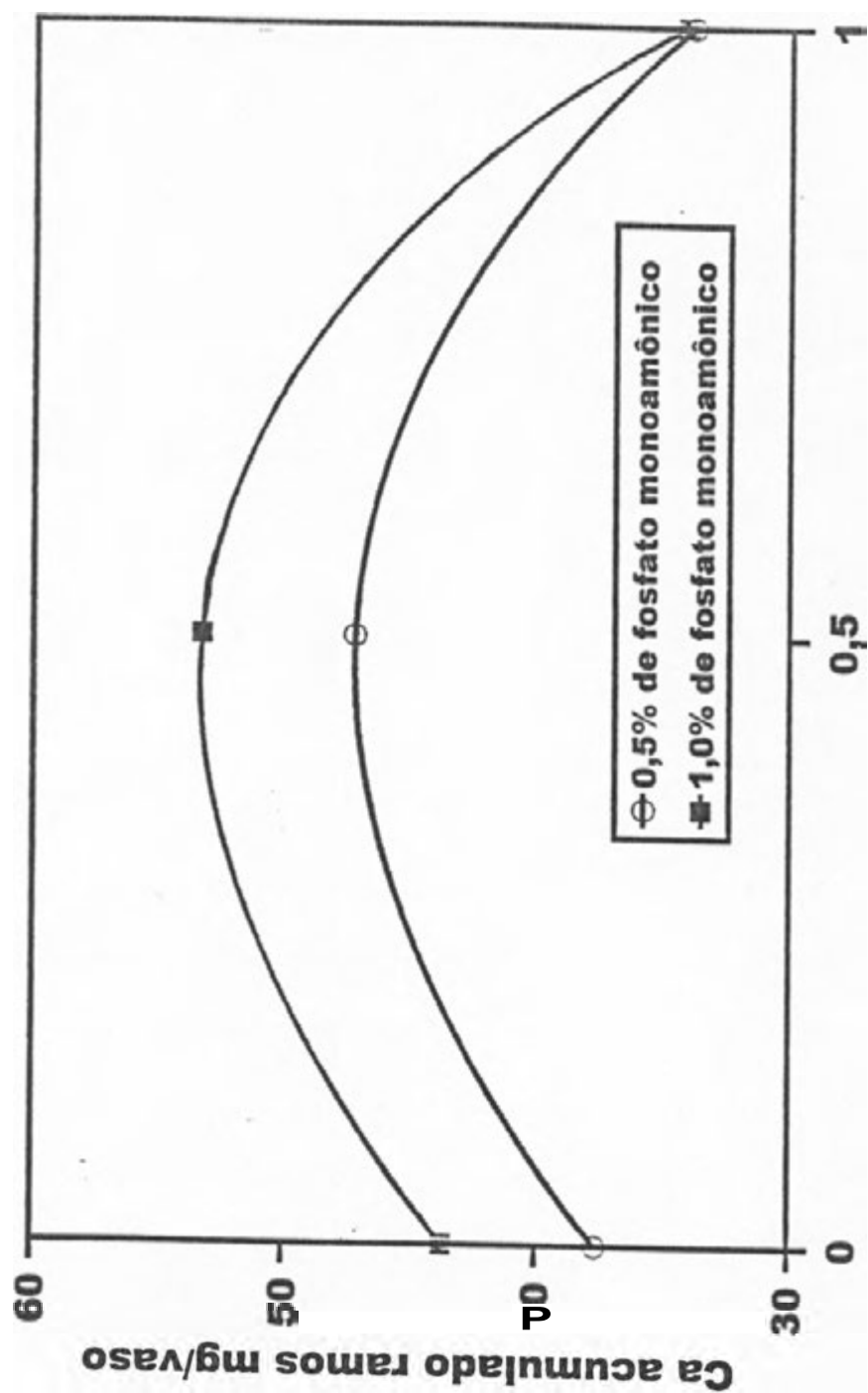
Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	58,69 bB	41,09 aA	46,95 aB
0,5	37,65 aA	47,28 bAB	33,84 aA
1,0	43,69 bA	53,24 cB	34,11 aA
DMS ¹ 5% : 8,90			
DMS ² 5% : 10,35			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico resultou em menor absorção de cálcio para as doses 0 e 1,0% de sulfato de zinco.

Os valores das quantidades extraídas de cálcio pelos ramos foram representados por equações quadráticas (Figura 22). Houve um aumento na acumulação do nutriente para as doses 0,5 e 1,0% do fosfato monoamônico até valores máximos de 47,260 mg/vaso e 53,645 mg/vaso com as doses 0,46% e 0,42% de sulfato de zinco, respectivamente.

Com relação ao caule (Tabela 63), a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco com a dose 0% de fosfato monoamônico diminuiu significativamente as quantidades extraídas de cálcio. Entretanto, para a dose 0,5% de fosfato monoamônico ocorreu um aumento no acúmulo.



Dose de sulfato de zinco (%)

Figura 22. Curvas de resposta do cálcio acumulado nos ramos das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y (P 0,5) = 37,65213 + 41,92451 * Zn - 45,73516 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y (P 1,0) = 43,69833 + 47,7722 * Zn - 57,35907 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Tabela 63 - Quantidade acumulada de Ca no caule em função das doses de fosfato monoamônico e sulfato de zinco para a saturação por bases de 70%.

Doses de fosfato monoamônico	Doses de sulfato de zinco (%)		
	0	0,5	1,0
%		mg/vaso	
0	40,69 bB	26,40 aA	34,43 bA
0,5	32,36 abA	39,00 bB	27,63 aA
1,0	31,77 aA	38,36 aB	32,43 aA
DMS ¹ 5% : 7,42			
DMS ² 5% : 7,02			

Médias seguidas da mesma letra minúscula¹ ou maiúscula² nas linhas ou colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O uso de doses crescentes de fosfato monoamônico causou uma redução significativa nos conteúdos para a dose 0% de sulfato de zinco e um aumento significativo para a dose 0,5%.

Houve respostas quadráticas da absorção de cálcio pelo caule (Figura 23). Para a dose 0% de fosfato monoamônico, a aplicação de sulfato de zinco provocou uma redução no acúmulo a um mínimo de 26,189 mg/vaso com a dose 0,57%. Para a dose 0,5%, a acumulação atingiu um valor máximo de 39,162 mg/vaso com a dose 0,43% de sulfato de zinco.

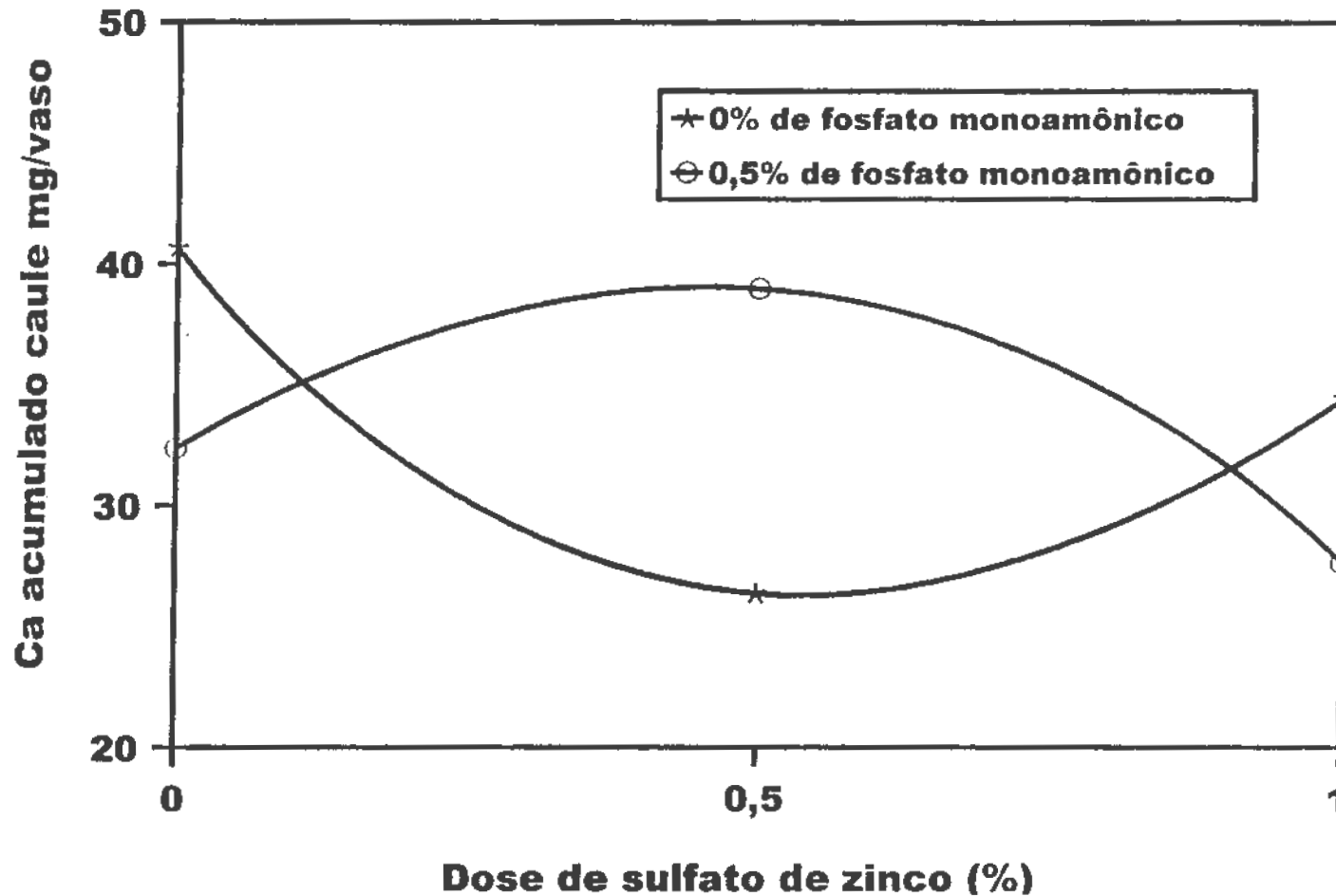


Figura 23. Curvas de resposta do cálcio acumulado no caule das plantas de café em função da interação P * Zn.

$$Y(P\ 0) = 40,69851 - 50,88929 * Zn + 44,62258 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

$$Y(P\ 0,5) = 32,36467 + 31,29929 Zn - 36,02898 * Zn^2 \quad R^2 = 0,999 *$$

Estes resultados mostram que a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0% de fosfato monoamônico afetou negativamente a absorção de cálcio de todos os componentes da parte aérea da planta de café. Porém, para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, a aplicação da dose 0,5% de sulfato de zinco promoveu maiores valores de acúmulo do nutriente.

Os resultados apresentados mostram a influencia da interação fosfato monoamônico x sulfato de zinco sobre o acúmulo de cálcio. A aplicação da dose 1,0% de sulfato de zinco proporcionou um efeito depressivo no acúmulo de cálcio, devido à inibição no processo de absorção.

Confrontando-se os valores do acúmulo de cálcio nas folhas, ramos e caule, constata-se maior concentração média de cálcio nas folhas. O cálcio é considerado um nutriente imóvel no floema (Malavolta, 1980), não se transloca para as regiões mais novas com crescimento ativo (Marschner, 1986), ao alcançar esse componente da parte aérea da planta, não se redistribui com facilidade para os outros componentes, portanto, o maior acúmulo de cálcio situa-se nas folhas. Esse maior acúmulo também pode ser atribuído aos maiores teores do nutriente e/ou maior material seco foliar produzido.

A comparação da quantidade acumulada de cálcio nos componentes da parte aérea da planta, entre a saturação por bases de 50% e a saturação por bases de 70%, revela que a acumulação do nutriente foi maior na saturação por bases de 70%.

Com o aumento da saturação por bases, foram acrescentadas quantidades maiores de cálcio ao solo, em consequência, o corretivo coloca à disposição das plantas maiores quantidades de cálcio, que reflete nos maiores valores do nutriente, encontrados na parte aérea do cafeeiro.

Corrêa (1992) e Marques (1995) constataram que a aplicação de calcário promoveu aumentos nos teores de cálcio nas folhas do cafeeiro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de material seco do cafeeiro para a saturação por bases de 50% foi influenciada positivamente pela adubação fosfatada. Para a saturação por bases de 70%, os valores do acúmulo total de material seco mostraram um efeito positivo em função da aplicação de fosfato monoamônico e de sulfato de zinco.

Os efeitos da interação P * Zn sobre a produção, mostraram que a aplicação de doses de sulfato de zinco maiores que 0,5% para a dose 0,5% de fosfato monoamônico, causaram quedas no crescimento e produção das plantas, em razão da interação de inibição entre o P e a Zn. A saturação por bases de 70% mostrou maiores médias da quantidade acumulada de material seco com as doses 0,41 e 0,47% de sulfato de zinco para as doses 0,5 e 1,0% de fosfato monoamônico, respectivamente.

Para a saturação por bases de 50%, o teor de zinco e as quantidades acumuladas nos diferentes componentes da parte aérea aumentaram com a aplicação de sulfato de zinco. As maiores médias do nutriente ocorreram nas folhas velhas.

A quantidade absorvida de zinco foi influenciada negativamente pela aplicação de fosfato monoamônico.

Os efeitos da interação P * Zn mostraram **que** a quantidade **acumulada de** zinco diminuiu nas folhas novas **pela** aplicação da dose 0,5% **e de** sulfato de zinco **para** a dose 0,5% **de** fosfato monoamônico, enquanto aumentou nos ramos.

Para a saturação por bases de 70%, a concentração **e** quantidade de zinco absorvido foram crescentes quando relacionadas com **as doses** de sulfato de zinco **aplicadas**. Os maiores valores do nutriente ocorreram nas folhas velhas.

A aplicação da dose 1,0% de fosfato monoamônico para **a** dose 10% de sulfato **de** zinco diminuiu a concentração do nutriente **em** função da interação P * Zn.

Os efeitos da interação P * Zn mostraram **que** as quantidades acumuladas de zinco nos diferentes componentes da parte aérea aumentaram **com as** doses de fosfato monoamônico **aplicadas** para a dose 0,5% **de** zinco **e** diminuíram **para a dose** 1,0% **de** sulfato de zinco.

Para **a saturação** **pos bases** de 50%, a concentração de fósforo **e** as quantidades acumuladas **do** nutriente aumentaram com **as** doses de fosfato monoamônico **aplicadas**,

Os teores e quantidades de fósforo **absorvido** foram influenciadas negativamente pelas *doses* **de** sulfato de zinco **aplicadas**.

A concentração de fósforo na **parte**, aérea **das** plantas aumentou **nas** folhas **velhas** com as doses de sulfato **de** zinco **aplicadas** para a dose 1,0% **de** fosfato monoamônico, enquanto diminuiu nas folhas novas.

Os efeitos da interação P * Zn revelaram que a quantidade de fósforo absorvido pelas folhas velhas aumentou para a dose 1,0% de sulfato de zinco com a dose 0,5% de fosfato monoamônico, enquanto o acúmulo diminuiu nos ramos.

Para a saturação por bases de 70%, a concentração e as quantidades acumuladas de fósforo aumentaram em função das doses de fosfato monoamônico.

A concentração de fósforo nos diferentes componentes aumentou quando relacionadas com as doses de sulfato de zinco, com exceção do caule, enquanto as quantidades acumuladas diminuíram nos diferentes componentes, com exceção das folhas velhas.

Os efeitos da interação P * Zn revelaram que o teor de fósforo nos tecidos da planta foi influenciado positivamente pela aplicação de fosfato monoamônico e sulfato de zinco,

Os efeitos da interação P * Zn mostraram que a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico aumentou as quantidades acumuladas de fósforo nas folhas velhas, enquanto diminuíram nas folhas novas e ramos.

Para a saturação por bases de 50%, os teores e quantidades absorvidas de cálcio decresceram quando relacionados com as doses de fosfato monoamônico.

O teor e quantidades de cálcio absorvido foram crescentes em função das doses de sulfato de zinco aplicadas.

A quantidade acumulada de cálcio aumentou com a aplicação de sulfato de zinco para a dose 0,5% de fosfato monoamônico.

Para a saturação por bases **de 70%**, os teores de cálcio aumentaram em função das **doses de sulfato de zinco**, enquanto **as** quantidades acumuladas **do** nutriente diminuíram.

O acúmulo de cálcio **pelas plantas** diminuiu com as doses **de** fosfato monoamônico aplicadas.

Os efeitos **da** interação P * Zn revelaram maior absorção de cálcio com **a** dose 0,5% de sulfato de zinco para **as** doses 0,5% **e** 1,0% **de** fosfato monoamônico.

O acréscimo no teor e conteúdo de **cálcio** na parte **aérea das** plantas foi ocasionado **pela** maior **quantidade** de carbonato de cálcio aplicado.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que **foi** desenvolvido este experimento, os **dados obtidos** no **presente** trabalho permitem concluir que:

- **A resposta** na produção de material da parte aérea e nos teores e quantidades acumuladas **de** fósforo e zinco à aplicação de fosfato monoamônico e sulfato de zinco, mostram **a** importância da adubação com fósforo e zinco no cafeeiro.
- O efeito depressivo no acúmulo total de material seco em função da interação P * Zn pode ser **explicado** pela inibição não competitiva na absorção entre o P e o Zn.
- Os efeitos da interação P * Zn nas quantidades de zinco acumulado nos componentes da parte aérea das plantas de café **para a** saturação **por bases de 70%**, mostram **uma absorção** reduzida de zinco, que pode ser atribuída à **adubação** fosfatada.
- **A** interação P * Zn mostra **um** efeito depressivo sobre **a** translocação do fósforo na parte aérea da planta, o que pode ser **atribuído** à inibição do sulfato de zinco na absorção do fósforo.

- **As** concentrações *e* quantidades extraídas **de** cálcio mostram **um** aumento **em** função **da** aplicação **de** fosfato monoamônico, enquanto os teores *de* cálcio revelam uma **diminuição** **pela** aplicação **de** sulfato **de** zinco,

- Os efeitos da interação P * Zn indicam **um** efeito **depressivo** nas **quantidades** acumuladas de cálcio, que pode ser atribuído ao sulfato de zinco **na** absorção **do** nutriente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, E.J.; CARVALHO, M.M. de; CARVALHO, J.D. Efeitos da aplicação foliar de sulfato de zinco, na presença e ausência de cloreto de potássio, no teor de zinco nas folhas e na produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16., Espírito Santo do Pinhal, 1990. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1990, p.116-117.
- ABRAHÃO, E.J.; ALMEIDA, E. de; BARROS, A.T.; MOURÃO, M.G.; CARVALHO, J.G. Efeitos de doses de sulfato de zinco, em mistura com cloreto de potássio, aplicados por via foliar, em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., Maringá, 1989. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1989. p.58-59.
- BARROS, U.V.; SANTINATO, R.; FIGUEIREDO, J.P.; SILVA, O.A. Modo de adubação e fornecimento do fósforo ao cafeeiro em produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., Londrina, 1984. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.98-100.
- BATAGLIA, O.C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed) Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, IAPAR, SBCS, 1988. 317p.

BLANCO, H.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, D.A. Absorção de zinco **por** tecido foliar de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.39, n.1, p.1-12, jan./mar. 1972a.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; HAAG, H.P. Absorção **de** zinco por **folhas** inteiras de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Efeito de diferentes compostos de zinco **e do pH da solução** externa. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.39, n.1, p.13-18, jan./mar. 1972b.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; HAAG, H.P. **Absorção de** zinco por **folhas** inteiras de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). I. Técnica **para** emprego de soluções não radiativas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.38, n.4, p.181-189, out./dez. 1971.

BRAGANÇA, J.B.; PERERA, J.E.; PAULINO, A.J. Modos e frequência **de** aplicação de fósforo na formação e produção do cafeeiro. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 9., São Lourenço, 1981. Anais.** Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1981. p.256-257.

BRAGANÇA, S.M. Efeitos de **fontes e doses de** fósforo no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, **1984.** 94p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

CAMARGO, O.A. **de.** Micronutrientes no solo. **IR: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed.) Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira.** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, IAPAR, SBCS, 1988. 317p.

CAMARGO, P.N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: Herba Ltda, 1975. 258p.

CARDOSO, E.L. Avaliação do desenvolvimento de cultivares e progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes doses de fósforo no substrato. Lavras, 1990. 74p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

CARVALHO, M.M.; DUARTE, G.S.; RAMALHO, M.A.P. Efeito da composição do substrato no desenvolvimento de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 4., Caxambú, 1976. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1976. p.240-241.

CHAVES, J.C .D. Métodos de fornecimento de zinco em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 15., Maringá, 1989. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1989. p.28-29.

CLEMENTE, C.M. Nutrição mineral e crescimento de mudas de cafeeiro sob influência de *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), matéria orgânica e fósforo. Lavras, 1989. 145p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

CORDEIRO, A.T.; ALVES, J.D.; RENA, A.B.; ALVAREZ-V, V.H. Absorção foliar de zinco pelo cafeeiro na presença de cloreto de potássio e oxiclreto de cobre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 16., Espírito Santo do Pinhal, 1990. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1990. p.34-35.

CORRÊA, 6.8. Associação calcário/gesso na melhoria das condições químicas do solo para cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em crescimento. Lavras, 1992. 104p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

COSTA, P.C.; SANTINATO, R.; FIGUEIRA, F.U.V. Eficiência de adubo foliar formulado no fornecimento dos micronutrientes zinco e boro em comparação à aplicação de sais na cultura do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 18., Araxá, 1992. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1992. p.65-67.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. Micronutrientes na planta. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Ed.) Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p.65-78.

DEVARAJAN, E.; KULASEKARAN, M.; ARUMUGAN, R. Studies on foliar nutrition of coffee. *South Indian Horticulture*, v.39, n.6, p.366-373, 1991.

EZEQUIEL, A.C. Efeitos da adição de boro e zinco a substratos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, 1980. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

FAVARO, J.S.A. Crescimento e produção de *Coffea arabica* L. em resposta à nutrição foliar de zinco na presença de cloreto de potássio. Viçosa, 1992. 91p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.

FENNER, R.J.; ADAMSON, E. The response of coffee (*Coffea arabica* L.) to the foliar application of zinc oxide. *Zimbabwe Agricultura? Journal*, v.79, n.4, p.131-132, July 1982.

FIGUEIREDO, J.P.; COSTA, P.C. Estudo de fontes, doses e associações de fósforo solúvel, insolúvel e orgânico na formação do cafeeiro em solo LVA cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 13., São Lourenço, 1986. *Anais*. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.63-65.

GARCIA, A.W.R.; SALGADO, A.R. Absorção de zinco pelo cafeeiro através de sais e misturas quelatizadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 9., São Lourenço, 1981. *Anais*. Rio de Janeiro, IBG, GERCA, 1981. p.39-47.

GARCIA, A.W.R.; MARTINS, M.; TOLEDO, A.R. Notas sobre absorção de zinco e boro, via foliar, pelo cafeeiro na presença de outros sais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 8., Campos do Jordão, 1980. *Anais*. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1980. p.1-2.

GARCIA, A.W.R.; MATIELLO, J.B.; FERREIRA FREIRE, A.C.; SALGADO, P.R. Níveis de fósforo (P_2O_5) no plantio do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 10., Poços de Caldas, 1983. *Anais*. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983, p.183-184.

GARCIA, A.W.R.; PEREIRA, S.M.; SALGADO, A.R.; VENGA, R. Estudo da substituição e/ou complementação de nutrientes (N, P e K) por via foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 10., Poços de Caldas, 1983. *Anais*. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.215-220.

GARCIA, A.W.R.; SALGADO, A.R.; FREIRE, **A.C.**; PEREIRA, J.M. Estudo de produtos visando o fornecimento de zinco e boro ao cafeeiro, via foliar e via solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.319-322.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1990. 498p.

GOPAL, N.H.; BALASUBRAMANIAN, A. Studies on phosphorus nutrition using ³²P in coffe plants. **Indian Coffe**, v.39, n.2, p.58-63, Feb. 1975.

GOPAL, N.H.; BALASUBRAMANTAN, A.; VAUDEVA, A. Absorption, translocation and accumulation of phosphorus using labelled superphosphate (³²P) in arabica and robusta coffe plants. **Indian Coffe**, v.41, n.1, p.25-29, Jan. 1977.

GRILLO, J.M.; SILVA, J.B.S. Efeito da adubação com zinco sobre a absorção de fósforo por mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação. **Poliagro**, v.7, n.1, p.28-34, 1985.

GUIMARÃES, P.T.G.; PONTE, A.M. de. Adubação do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.4, n.44, p.20-36, 1978.

GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.C.; MELLES, C.C.A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro. XXXVIII. Efeitos de aplicação foliar de doses de sulfato de zinco na produção e na composição mineral das folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.40, n.1, p.497-507, 1983.

KUPPER, A.; **GARCIA, A.W.R.**; SANTINATO, R.; TOSTES, R.L.; SILVA, O.A. Efeito de doses crescentes de óxido de zinco e **sulfato de zinco** em cafeeiros em produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.383-386.

KUPPER, A.; SILVA, O.A.; **GARCIA, A.W.R.**; SANTINATO, R.; BARROS, U.V. Fontes (óxido e **sulfato**) de zinco, em doses crescentes, **aplicadas na cova** de **plantio** do **cafeeiro** em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.348-351.

LACERDA, M.P.; VIANA, A.S.; ANDRADE, P.C. Estudo de níveis de P_2O_5 no plantio e na formação de cafeeiros em solo de cerrado, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 13., São Lourenço, 1986. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1986. p.63-66.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986, p.165-274.

- MALAVULTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARQUES, E.S. Calcário e gesso na **nutrição mineral e produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Lavras, 1995. 66p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal **de Lavras**.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.
- MARTINS, M.; WANDER, A.; **GARCIA, R.; SALGADO, P.R.**; CORREA, J.B. Estudo comparativo de produtos comerciais visando fornecer boro e zinco ao cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 9., São Lourenço, 1981. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1981. p.364-367.
- MENGEL, K. ; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed., Switzerland International Potash Institute, 1987. 687p.
- MORAES, F.R.P.; CERVELLINI, G.S. **Fontes de fósforo na formação de mudas de café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. **Anais**. Rio de Janeiro: SBCS, 1975. p.211-213.
- MORAES, F.R.P.; HEINRICH, W.O.; CERCELLINI, G.S. **Emprego de fosfato monoamônico e de uréia por via foliar em cafezal**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 7., Araxá, 1979. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1979. p.42-43.

MOYSES, E.L.F.D. Acumulação de matéria **seca e** absorção de nutrientes **pelo** cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv catuai em solução nutritiva com diferentes doses de zinco e **pH**. Piracicaba, 1988. 147p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade *de* São Paulo.

OLIVEIRA, A.J.; SANTINATO, R.; MIGUEL, A.E.; PEREIRA, J.E. Efeito de doses crescentes de superfosfato simples em substrato na formação de mudas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 5., Guarapari, 1977. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1977. p.177-181.

OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; COSTA, J.D.; DECHEN, A.R. Adubação não radicular com duas fontes de zinco em *Coffea arabica* L. "Mundo Novo" (B. Rodr.) Choussy. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.38, n.1, p.23-69, 1981.

PAULA, M.B. de. Composição mineral **foliar** do café (*Coffea arabica* L.) efeitos de **pulverização** com zinco e boro. Viçosa, 1975. 43p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MESQUITA FILHO, L. Manejo da **adubação** para formação de lavouras cafeeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.114, p.33-42, Jan. 1982.

PEREIRA, J.E.; OLIVEIRA, J.A. de; KUPPER, A. Fontes, **modos de aplicação e** doses de zinco, na produção do cafeeiro, em Latossolo vermelho amarelo distrófico húmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 11., Londrina, 1984. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.203-05.

- PERERA, J.F.; CRAFTS, A.S.; YAMAGUSHI, S. Translocation in coffee plants. **Turrialba**, v.13, p.63-79, 1963.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, E. van, Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, n.3, p.184-187, set./dez. 1979.
- RAW, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. 31p. (IAC. **Boletim Técnico**, 81).
- RENA, A.B.; CORDEIRO, A.T.; ALVES, J.D. Absorção foliar de zinco pelo cafeeiro na presença de uréia e cloreto de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEERAS, 16., Espírito Santo do Pinhal, 1990. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1990. p.40.
- SANTINATO, R.; CAMARGO, R.P. Eficiência e doses do produto comercial ager-zinco no suprimento de zinco no cafeeiro, comparativamente ao sulfato de zinco isolado e associado ao cloreto de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 15., Maringá, 1989. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1989. p.195-198.
- SANTINATO, R.; MATIELLO, J.B.; FERNANDES, D.R.; CAMARGO, R.P. Teste de equivalência nutricional entre sais e quelato de zinco na aplicação foliar no cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 13., São Lourenço, 1986. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1986. p.133-135.

SANTO, J.E.; BARROS, U.V.; SANTINATO, R. Efeitos de doses de sulfato de zinco na formação do cafeeiro em solos húmicos, no Jequitinhonha-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1983. p.183-184.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 55p.

SILVA, J.B.S. da. Influência de doses de sulfato de zinco, aplicadas por via foliar, sobre a produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, 1979. 62p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

SILVA, O.A.; SANTINATO, R. Fontes (óxido e sulfato) de zinco, em doses crescentes, aplicadas na cova no plantio de cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 130., São Lourenço, 1986. Anais. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1986. p.149-151.

SOUZA, C.A.S. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) inoculadas com *Gigaspora margarita* (Becker & Hall) em substrato com ou sem matéria orgânica e diferentes doses de superfosfato simples. Lavras, 1987. 236p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

SOUZA, E.C.A. de; FERREIRA, M.E. Zinco. h : FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Ed.) Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. p.219-242.

SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O.; PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soil with appreciable amount of exchangeable aluminum. **Soil Science of America Proceedings**, v.25, p.274-277, Jan./Feb. 1961.

TONELLI, C.T. Efeito de doses e número de aplicações de nitrocálcio e superfosfato simples em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) podadas. Lavras, 1987. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

VIANA, A.S. Estudo de doses, fontes e número de aplicações de nitrocálcio e superfosfato simples em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) podadas. Lavras, 1987. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; FIORAVANTE, N. Estudo de doses, fontes e modos de aplicação de adubos fosfatados associados a calagem em solos LE_d. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., Londrina, 1984. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.210-213.

VIANA, A.S.; FLORENCE, M.L.D.; GARCIA, A.W.R.; FIORAVANTE, N. Estudo de fontes e doses de enxofre e zinco na formação de cafeeiros em solos LE_d. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., Londrina, 1984. **Anais**. Rio de Janeiro: IBG, GERCA, 1984. p.257-260.