

EFEITOS DA ADUBAÇÃO NPK NA ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO
E EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA SOJA

[Glycine max (L.) Merrill]

DALTRO SILVA CORDEIRO

Engenheiro Agrônomo M.S.
E M B R A P A

Orientador : Dr. José Renato Sarruge

Tese apresentada a Escola
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz,"
da Universidade de São Paulo, para a
obtenção do grau de Doutor em Solos e
Nutrição de Plantas

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

JUNHO, 1977

I.

À Maria, Ariana e Débora, pela paciência,

Em memória de minha mãe,

À meu pai e irmãos, pela confiança.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor agradece as seguintes pessoas e instituições que tornaram possível a realização deste estudo:

- Ao Prof. Dr. José Renato Sarruge pela sua atenciosa orientação na realização e confecção deste trabalho;
- Ao Prof. Dr. Ronaldo I. Silveira pela sua colaboração na instalação do experimento;
- Ao Prof. Dr. Gilberto Diniz de Oliveira pela sua colaboração na coleta e preparo das amostras;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao seu Departamento de Química pela acolhida;
- Ao Departamento de Matemática e Estatística da E S A L Q pelas análises efetuadas;
- À E M B R A P A, pela oportunidade oferecida;
- Ao Centro Nacional de Pesquisa de Soja pela colaboração e apoio;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela suplementação de Recursos;
- Aos professores e colegas do Curso "Solos e Nutrição de Plantas" pela amizade e colaboração;
- E a todos que, de uma maneira ou outra, colaboraram para que este trabalho fosse realizado.

Í N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. Revisão da Literatura	3
2.1. Peso da Matéria Seca	3
2.2. Nitrogênio	5
2.2.1. Fertilização Nitrogenada	5
2.2.2. Concentração de Nitrogênio na Planta ..	7
2.3. Fósforo	8
2.3.1. Fertilização Fosfatada	8
2.3.2. Concentração de Fósforo na Planta	10
2.4. Potássio	11
2.4.1. Fertilização Potássica	11
2.4.2. Concentração de Potássio na Planta	12
2.5. Concentração de Cálcio na Planta	13
2.6. Concentração de Magnésio na Planta	14
2.7. Concentração de Enxofre na Planta	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Métodos Analíticos	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Peso da Matéria Seca	20
4.2. Produção de Grãos	25

4.3. Concentração de macronutrientes na planta aos 63 dias após a emergência	27
4.3.1. Concentração de Nitrogênio	28
4.3.2. Concentração de Fósforo	30
4.3.3. Concentração de Potássio	32
4.3.4. Concentração de Cálcio	35
4.3.5. Concentração de Magnésio	37
4.3.6. Concentração de Enxofre	39
4.4. Concentração de macronutrientes em função da idade, doses de fósforo aplicadas e partes da planta de soja	42
4.4.1. Concentração de Nitrogênio	42
4.4.2. Concentração de Fósforo	47
4.4.3. Concentração de Potássio	57
4.4.4. Concentração de Cálcio	61
4.4.5. Concentração de Magnésio	67
4.4.6. Concentração de Enxofre	76
4.5. Extração de Macronutrientes pela Soja	80
4.5.1. Nitrogênio	81
4.5.2. Fósforo	84
4.5.3. Potássio	90
4.5.4. Cálcio	101

4.5.5. Magnésio	108
4.5.6. Enxofre	117
4.6. Concentração de Nutrientes nos Grãos	125
4.6.1. Exportação de macronutrientes por 1000 kg de grãos	127
4.7. Extração de nutrientes pelos grãos de soja ..	127
5. CONCLUSÕES	131
5.1. Crescimento e produção	131
5.2. Concentração de nutrientes	131
5.3. Extração de nutrientes	132
6. RESUMO	133
7. SUMMARY	136
8. LITERATURA CITADA	139

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Pontos de máximo acúmulo e ponto de inflexão do peso da matéria seca de plantas de soja em função da idade.....	24
Figura 2. Pontos de máxima e pontos de inflexão das concentrações de nitrogênio nas partes da planta em função da idade.....	44
Figura 3. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de fósforo nas partes da planta, em função da dose zero de fósforo e da idade da planta...	49
Figura 4. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de fósforo nas partes da planta, em função da idade na dose de 60 kg de P_2O_5 /ha.....	50
Figura 5. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de fósforo nas partes da planta, em função da idade na dose de 120 kg /ha.....	51
Figura 6. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de potássio nas partes da planta em função da idade.....	62
Figura 7. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de cálcio nas partes da planta em função da idade	64
Figura 8. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de magnésio nas partes da planta em função da idade, na dose zero de fósforo.....	69
Figura 9. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de magnésio nas partes da planta em função da idade, na dose de 60 kg de P_2O_5 /ha.....	70

Figura 10. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de magnésio nas partes da planta em função da idade, na dose de 120 kg de P_2O_5 /ha	71
Figura 11. Concentrações de enxofre nas partes da planta em função da idade	78
Figura 12. Pontos de máxima e de inflexão da extração de nitrogênio, pelas folhas e caules de soja em função da idade da planta.....	85
Figura 13. Pontos de máxima e de inflexão da extração de fósforo pelas folhas de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas	91
Figura 14. Pontos de máxima e de inflexão da extração de fósforo pelos caules de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas.....	92
Figura 15. Pontos de máxima e de inflexão da extração de potássio pelos caules de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas..	99
Figura 16. Pontos de máxima e de inflexão da extração de potássio pelas folhas de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas..	100
Figura 17. Pontos de máxima e de inflexão da extração de cálcio pelas folhas de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas.....	106
Figura 18. Pontos de máxima e de inflexão da extração de cálcio pelos caules de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas.....	107
Figura 19. Pontos de máxima e de inflexão da extração de magnésio pelas folhas de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas.....	115
Figura 20. Pontos de máxima e de inflexão da extração de magnésio pelos caules de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas.....	116

- Figura 21. Pontos de máxima e de inflexão da extração de enxofre pelas folhas de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas..... 122
- Figura 22. Pontos de máxima e de inflexão da extração de enxofre pelos caules de soja, em função da idade da planta, nas três doses de fósforo aplicadas..... 123

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela	1. Resultados da análise de solo da área experimental	16
Tabela	2. Média mensal da temperatura e precipitação durante o período do experimento	17
tabela	3. Produção de matéria seca em função da idade das plantas sob três níveis de adubação, NPK, aplicados ao solo. (Média de três repetições).....	21
Tabela	4. Análise da variância do peso da matéria seca em função da idade da planta e de três níveis de adubação, NPK, aplicados ao solo.....	22
Tabela	5. Média de cinco épocas e três repetições do peso da matéria seca em relação aos tratamentos.....	23
Tabela	6. Pontos estimados de máximo acúmulo e inflexão do peso da matéria seca em função da idade da planta.....	25
Tabela	7. Produção de grãos de soja, em gramas da parcela útil (9,60m ²) em função dos tratamentos, NPK, (Média de três repetições).....	25
Tabela	8. Análise da variância dos resultados da produção de grãos de soja.....	26
Tabela	9. Análise da variância das concentrações (%) de nitrogênio nas partes (folhas + caules) das plantas de soja, aos 63 dias, após a emergência....	28
Tabela	10. Concentrações (%) de nitrogênio nas partes das plantas, em função das doses de nitrogênio, aplicadas, ao solo. (Média de três repetições).....	29
Tabela	11. Análise da variância das concentrações de fósforo nas partes (folhas + caules) das plantas de soja, aos 63 dias, após a emergência.....	31

Tabela 12. Concentrações de fósforo (%) nas partes da planta em função das doses do mesmo no solo	30
Tabela 13. Análise da variância dos resultados das concentrações de potássio nas partes (folhas + caules), das plantas de soja aos 63 dias após a emergência	33
Tabela 14. Concentrações de potássio nas plantas de soja, em função da aplicação de fósforo, no solo.....	33
Tabela 15. Concentrações (%) de potássio nas partes da planta, em função das doses do mesmo, no solo.....	34
Tabela 16. Concentrações (%) de potássio nas partes das plantas de soja.....	35
Tabela 17. Análise da variância dos resultados da concentração de cálcio nas partes (folhas + caules) das plantas de soja, aos 63 dias, após a emergência.	36
Tabela 18. Concentrações (%) de cálcio nas folhas superiores, médios, inferiores e caules de plantas de soja	37
Tabela 19. Análise da variância das concentrações de magnésio nas partes (folhas + caules) das plantas, aos 63 dias, após a emergência.....	38
Tabela 20. Concentrações (%) de magnésio nas folhas superiores, médios, inferiores e caules de plantas de soja	39
Tabela 21. Análise da variância da concentração de enxofre nas partes (folhas + caules) das plantas aos 63 dias após a emergência	40
Tabela 22. Concentrações (%) de enxofre nas folhas superiores, médios, inferiores e caules de plantas de soja.....	41

Tabela 23. Concentrações de nitrogênio em função da idade da planta, das doses de fósforo, aplicadas ao solo e partes da planta (Média de três repetições)	42
Tabela 24. Análise da variância das concentrações de nitrogênio em função da idade, doses de fósforo, aplicadas ao solo e partes da planta de soja..	43
Tabela 25. Equações representativas, e coeficiente de determinação da concentração de nitrogênio em função da idade, nas partes da planta	43
Tabela 26. Pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de nitrogênio, em função da idade da planta	45
Tabela 27. Concentrações de fósforo em função da idade e doses de fósforo, aplicadas ao solo, e nas partes da planta. (Média de três repetições) ...	47
Tabela 28. Análise da variância das concentrações de fósforo em função da idade, doses de fósforo aplicadas e partes da planta de soja	48
Tabela 29. Equações representativas e coeficientes de determinação das concentrações de fósforo em função da idade, nas diversas partes das plantas, sob três níveis de fósforo, aplicadas ao solo.	52
Tabela 30. Pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de fósforo, nas diferentes partes, em função da idade da planta	53
Tabela 31. Concentrações de potássio em função da idade da planta e das doses de fósforo, aplicadas ao solo nas partes da planta. (Média de três repetições).....	57

Tabela 32. Análise da variância das concentrações de potássio em função da idade e doses de fósforo aplicadas, nas partes da planta de soja.....	58
Tabela 34. Pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de potássio, em função da idade da planta	60
Tabela 35. Concentrações de cálcio em função da idade da planta e das doses de fósforo, aplicadas ao solo nas partes da planta. (Média de três repetições).....	61
Tabela 36. Análise da variância das concentrações de cálcio, em função da idade e doses de fósforo, aplicadas ao solo, nas partes da planta de soja	63
Tabela 37. Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão das concentrações de cálcio, em função da idade, nas partes da planta	65
Tabela 38. Equações representativas e coeficientes de determinação da concentração de cálcio em função da idade e partes da planta	65
Tabela 39. Concentrações de magnésio em função da idade da planta e das doses de fósforo, nas partes da planta. (Média de três repetições)	67
Tabela 40. Análise da variância das concentrações de magnésio em função da idade, doses de fósforo, aplicadas ao solo e partes da planta de soja	68
Tabela 41. Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão das concentrações de magnésio em função da idade e das doses de fósforo, aplicadas ao solo, nas partes da planta	72
Tabela 42. Equações representativas e coeficientes de determinação das concentrações de magnésio em função da idade e das doses de fósforo, aplicado ao solo, nas partes da planta.....	73

Tabela 43. Concentrações de enxofre em função da idade da planta e das doses de fósforo, aplicadas ao solo, nas partes da planta (Média de três repetições).	76
Tabela 44. Análise da variância das concentrações de enxofre, em função da idade e doses de fósforo, aplicadas ao solo, nas partes da planta de soja.....	77
Tabela 45. Equações representativas e coeficientes de determinação das concentrações de enxofre, em função da idade e partes da planta.....	79
Tabela 46. Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão das concentrações de enxofre, em função da idade e das doses de fósforo, aplicadas ao solo, nas partes da planta.....	79
Tabela 47. Extração de nitrogênio (mg/planta) pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo, aplicada ao solo e da idade da planta. (Média de três repetições).....	81
Tabela 48. Análise da variância da extração de nitrogênio, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e da idade da planta.....	82
Tabela 49. Equações representativas da extração de nitrogênio, pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação.....	82
Tabela 50. Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão de nitrogênio (mg/planta), em função da idade, nas partes da planta.....	83
Tabela 51. Extração de fósforo (mg/planta) pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e da idade da planta, (Média de três repetições).....	86

Tabela 52. Análise da variância da extração de fósforo, em função das doses de fósforo, aplicadas no solo e idade da planta.....	87
Tabela 53. Equações representativas da extração de fósforo, pelas folhas e caules, com suas respectivos coeficientes de determinação.....	88
Tabela 54. Pontos estimados de máxima e mínima extração de fósforo (mg/planta) e pontos de inflexão em função de três doses de fósforo e idade da planta.	88
Tabela 55. Extração de potássio (mg/planta) pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e da idade da planta (Média de três repetições).....	93
Tabela 56. Análise da variância da extração de potássio, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e idade da planta.....	94
Tabela 57. Equações representativas da extração de potássio, pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação.....	95
Tabela 58. Potássio extraído pelas folhas e caules nos pontos de máxima, mínima e inflexão, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e idade da planta.....	96
Tabela 59. Extração de cálcio (mg/planta) pelas folhas e caules, em função de três doses de fósforo, aplicadas ao solo e idade da planta. (Média de três repetições).....	101
Tabela 60. Análise da variância da extração de cálcio, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e idade da planta.....	102

Tabela 61. Equações representativas da extração de cálcio, pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação.....	103
Tabela 62. Cálcio extraído pelas folhas e caules, nos pontos de máxima, mínima e inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas e idade da planta....	104
Tabela 63. Extração de magnésio (mg/planta) pelas folhas e caules de soja, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e da idade da planta, (Média de três repetições).....	109
Tabela 64. Análise da variância da extração de magnésio, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e idade da planta.....	110
Tabela 65. Equações representativas da extração de magnésio pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação.....	111
Tabela 66. Magnésio extraído pelas folhas e caules, nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e idade da planta.....	112
Tabela 67. Extração de enxofre (mg/planta) pelas folhas e caules de soja, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e da idade da planta (Média de três repetições).....	117
Tabela 68. Análise da variância da extração de enxofre, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e da idade das plantas.....	118
Tabela 69. Equações representativas da extração de enxofre, pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação.....	119

Tabela 70. Enxofre extraído pelas folhas e caules, nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e idade da planta.....	120
Tabela 71. Concentrações de N,P,K,Ca,Mg e S nos grãos de soja, sob o efeito das doses de N P K, aplicadas ao solo. (Média de três repetições).....	125
Tabela 72. Análise da variância das concentrações de N,P,K, Ca,Mg e S nos grãos de soja, sob o efeito das doses de N P K, aplicadas ao solo.....	126
Tabela 73. Exportação dos diversos macronutrientes em quilos, por tonelada de grãos de soja.....	127
Tabela 74. Extração de N,P,K,Ca,Mg e S pelos grãos de soja, sob o efeito das doses de NPK, aplicadas ao solo. (Média de três repetições).....	128
Tabela 75. Análise da variância da extração de N,P,K,Ca,Mg e S pelos grãos de soja, sob o efeito das doses de N P K, aplicadas ao solo.....	129

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o 2º produtor mundial de soja. Segundo as informações existentes, a safra de 1975/76 alcançou índices superiores a 11 milhões de toneladas.

A participação crescente da soja na economia de alguns estados brasileiros e conseqüentemente na economia do próprio país, em substituição a outras culturas, é significativa, tanto pelo seu alto grau de tecnificação, como pelas ótimas condições de mercado, existentes. Ao mesmo tempo, a soja figura entre os principais produtos de exportação do Brasil. Está próximo do valor de exportação do açúcar e do café em grão. Dos 60% dos produtos primários, exportados pelo Brasil em 1974, a soja participou com 12% e em relação ao total, com 7,3% (LORENZ, 1975).

A demanda de óleos vegetais e produtos derivados no mercado internacional é um fato incontestável. Por outro lado, o consumo interno desses produtos acompanham as necessidades mundiais, exigindo, por conseguinte pesquisas básicas, inclusive, de nutrição mineral, para que se consiga, em curto espaço de tempo, aumentar a produtividade da cultura que ainda é baixa em relação a outros países produtores.

Os estudos básicos de nutrição mineral desta leguminosa são escassos, o que leva a pressupor que muitas informações devem ser obtidas para que se possa adubar racionalmente a cultura.

Em face disto, o presente trabalho foi desenvolvido no sentido de atingir os seguintes objetivos:

- a. Efeito da adubação com níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, no crescimento e na produção da soja;
- b. Determinação das concentrações de macronutrientes nas partes da planta, em função de níveis de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio aplicados;
- c. Determinação da marcha da absorção de macronutrientes:
 - c.1. Época de maior exigência da cultura;
 - c.2. Quantidade de nutriente extraído pelas diversas partes da planta;
 - c.3. Quantidade exportada pela produção.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Peso da Matéria Seca

Cartter e Hopper e Togari, citados por HOWELL (1960), mostraram que o peso total da matéria seca e as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio, continuam a aumentar até o período próximo à maturação. Depois desses períodos começa haver um decréscimo no peso total da planta, ocorrendo o mesmo em relação ao peso das sementes.

HENDERSON e KAMPRATH (1970), utilizando um solo arenoso, verificaram que o acúmulo de matéria seca atinge seu ponto máximo aos 110-120 dias após o plantio. A absorção máxima para os macronutrientes ocorre em torno dos 110-120 dias.

HANWAY e WEBER (1971) verificaram que a acumulação de matéria seca nas diferentes partes das plantas de oito variedades são semelhantes.

No Brasil, MASCARENHAS (1972) constatou que entre 60 e 80 dias, ocorre acúmulo de matéria seca na planta. O peso de matéria seca de vagens e sementes continua aumentando até a maturação, enquanto que na parte vegetativa, há diminuição após os 80 dias, devido às migrações dos nutrientes para

as vagens e sementes e também, pela queda de folhas. Diz ainda o autor que a maior intensidade de absorção de macronutrientes ocorre durante o período de 60 a 80 dias, que compreende o fim do período de florescimento, até o início da formação de vagens. Verificou ainda que mais de 50% da quantidade de matéria seca total são fornecidas aos 80 dias, bem como mais de 50% do total de potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumularam-se durante este período. O nitrogênio e o fósforo, somente, alcançaram este valor no período compreendido entre 100 e 120 dias.

A curva de acumulação de nutrientes, obtida por HANWAY e WEBER (1971), mostra que aproximadamente 40% do nitrogênio, 45% do fósforo e 40% do potássio são absorvidos antes de começar a formação de grãos, quando as partes vegetativas da planta estão no período de máxima absorção. Estes mesmo autores estudaram a acumulação de matéria seca nas diferentes partes da planta, em condições de casa de vegetação, sob diferentes tratamentos com fertilizantes. Verificaram também que moderadas aplicações de fósforo e potássio, provocou pequeno acréscimo no peso das diversas partes da planta e na produção de grãos. Por outro lado, aplicações pesadas de KCl reduziram significativamente o peso das plantas e a produção de sementes. Os vários níveis de adubação nitrogenada aumentaram a produção de plantas não inoculadas.

Foi verificado por deMOOY et alli (1973) que no início do crescimento, a absorção de nutrientes é relativamente maior do que a acumulação de matéria seca, causando como consequência, uma elevada concentração dos mesmos. Em estádios posteriores, quando se inicia a translocação dos nutrientes para as sementes, a concentração, nos vários tecidos, começa a decrescer.

2.2. Nitrogênio

2.2.1. Fertilização Nitrogenada

Beeson, Gray e Hamner, citados por OHLROGGE (1960), verificaram que os conteúdos de cálcio e ferro, nas folhas da soja, são reduzidas 50% pela aplicação de elevadas quantidades de nitrogênio e fósforo. Por outro lado, as concentrações de cobalto, cobre e manganês são reduzidas somente pela aplicação de grandes quantidades de fósforo, enquanto o nitrogênio não afeta a absorção desses elementos. Com um baixo conteúdo de nitrogênio no solo, as aplicações de adubos fosfatados aumentam a concentração de P nas folhas, mas em presença de altos níveis de nitrogênio, os teores de fósforo nas folhas não são alterados.

LATHWELL e EVANS (1951) cultivaram soja em solução nutritiva, com níveis crescentes de nitrogênio. Os resultados indicaram que altos níveis de nitrogênio foram necessários durante o período de florescimento para a obtenção de colheita máxima. A produção de grãos teve alta correlação com a quantidade de nitrogênio, acumulada pela planta, durante o seu ciclo. Ocorreu uma estreita correlação entre a concentração de nitrogênio e a produção de grãos. Os autores sugerem que a produção de grãos é dependente da quantidade de N absorvida na floração. Os experimentos também mostraram a existência de uma alta correlação entre a produção de grãos e a produção de matéria seca.

Com a descoberta de estirpes eficientes de *Rhizobium*, a adubação nitrogenada para a soja, foi relegada a um segundo plano, sendo usada somente em condições muito especiais.

Usiak (1965), citado por deMOODY (1973), obteve as melhores produções de soja quando a cultura foi inoculada com *Rhizobium* e adubada com uréia. Mas as plantas, oriundas de sementes não inoculadas, produziram melhor a soja, quando o nitrogênio foi adicionado na forma de nitrato. O autor observou também, que pequenas aplicações de nitrogênio foram superiores

a três doses maciças de nitrogênio aplicado ao solo. A formação de nódulos nas raízes foi maior, em plantas, onde o nitrogênio não foi aplicado. Ainda, Wagner (1963), citado pelo mesmo, verificou que aplicações de nitrogênio em plantas inoculadas, não aumentou o rendimento; mas, aplicações em plantas não inoculadas aumentaram significativamente a produção.

No Brasil, MIYASAKA et alli (1963), em um experimento localizado em terra roxa misturada, observaram que aplicações de nitrogênio diminuem a produção, enquanto que aplicações de fósforo, calagem e potássio, aumentaram-na em 276%, 35% e 10%, respectivamente.

Em um experimento, conduzido em vasos, NEUNYLOV e SLABKO (1967), usando um solo podzólico e adubação nitrogenada, na forma de $\text{Ca} (^{15}\text{NO}_3)_2$, aplicada antes da semeadura e também em cobertura, no início do florescimento, verificaram que na soja, 60% do nitrogênio, foram aplicados antes da semeadura e mais de 86% daquele adicionamento. O nitrogênio aplicado em cobertura não aumentou a produção de matéria seca. A concentração de nitrogênio nas sementes, foi maior nas unidades experimentais que receberam adubos nitrogenados do que naquelas, onde a fonte foi o nitrogênio atmosférico.

Filimonova e Posypano, citado por deMOOY (1973), obtiveram maiores produções de grãos e com maiores teores de proteínas, quando as plantas foram adubadas com nitrogênio em vez das sementes serem inoculadas com *Rhizobium*.

RIOS E SANTOS (1973) estudaram, em experimentos de campo, os efeitos da adubação nitrogenada na produção, nudação e fixação de nitrogênio em solos ácidos. Verificaram que 60 kg de "N" aumenta a produção de grãos e que o número e peso de nódulos não é afetada pela aplicação de 40 e 60 kg de nitrogênio por hectare, mas 120 kg de N por ha afeta o desenvolvimento dos nódulos.

CORDEIRO (1975) estudando o comportamento da soja, em diferentes níveis de umidade, em um planossolo, verificou que o melhor desenvolvimento das plantas ocorre num nível elevado de umidade (-0,06 atm). No entanto, nestas condições, não ocorreu desenvolvimento de nódulos. Constatou que em níveis elevados de umidade, naquele tipo de solo, possuindo teores médios de matéria orgânica, a planta utiliza somente o nitrogênio do solo para o seu crescimento.

Em solos semelhantes, em condições de campo, SANKARA REDDI et alli (1975) observaram uma acentuada resposta da soja aos níveis de nitrogênio, aplicados no arroz, como cultura anterior.

2.2.2. Concentração de Nitrogênio na Planta

A concentração de nitrogênio é alta em plantas com poucos dias de idade (Seedlings). Foi constatado que os cotilédones de plantas, com 6 dias, apresentam de 8,2 a 9,8% de nitrogênio, podendo alguns exibirem concentrações superiores a 10,4%. Aos 20 dias de idade, esses teores baixam até 3%, nos caules; e 5% nas sementes; Murneek, citado por OHLROGGE (1960).

A menor concentração encontrada foi de 1,5% em plantas de 35 dias de idade, provenientes de sementes não inoculadas e sem nitrogênio em condições de laboratório por Hampton e Albrecht, citados por OHLROGGE (1960).

No período do florescimento, LATHWELL e EVANS (1951) revelaram que o nitrogênio, encontrado nas plantas, variou de 1,5 a 3,2%. HAMMOND et alli (1951) encontraram 2,5 a 2,9% de nitrogênio, nas folhas, durante este mesmo período.

OHLROGGE (1960) acentua que no período do florescimento à formação de vagens e sementes, a concentração de nitrogênio, nas folhas e hastes, diminui muito, talvez devido à translocação do elemento para as vagens e sementes. Prova isso

o trabalho de HAMMOND et alli (1951) que verificaram um decréscimo de nitrogênio de 2,42 nas folhas e 2,16 para 0,45% nos caules de plantas cultivadas em condições de campo.

HENDERSON e KAMPRATH (1971), trabalhando com um solo franco arenoso, observaram que a máxima concentração de nitrogênio na planta ocorreu em torno dos 110 dias após a germinação. Após este período, o nitrogênio começa a ser translocado para as sementes. HANWAY e WEBER (1971) estudaram o efeito de fertilizantes na concentração de nitrogênio na planta. Observaram que o período de maior acumulação do nutriente situa-se entre 50 a 100 dias após a emergência. Constataram, também que os fertilizantes aplicados aumentaram a concentração do nitrogênio na planta.

2.3. Fósforo

2.3.1. Fertilização Fosfatada

As pesquisas para determinação dos teores ótimos de fósforo, no solo para as plantas, vem sendo feitas há vários anos em todo o mundo. Com o advento do fósforo radioativo foi possível estimar-se a contribuição dos fertilizantes no suprimento das necessidades diárias de fósforo para a planta.

WELCH et alli (1949), usando fósforo radioativo, verificaram a absorção, pelas plantas do fósforo nativo do solo e do fósforo adicionado ao mesmo, através de um fertilizante. Constataram que a concentração de fósforo na planta está correlacionada de modo positivo com as quantidades existentes no solo. Observaram também que a absorção de fósforo foi muito maior quando o fertilizante foi aplicado na linha, do que quando foi aplicado à lanço e incorporado ao solo.

HOWELL (1954) observou que aumentando o teor de fósforo na solução nutritiva de 2 para 10 ppm, aumentava o tamanho das plantas, produção de grãos e o teor de óleo nas mesmas. Constatou também que algumas variedades respondiam favorá

velmente a concentrações elevadas de fósforo como 112 ppm, en quanto que outras foram prejudicadas com doses de 50 ppm.

KAMP RATH e MILLER (1958) mostraram que a produção de soja está fortemente relacionada com o PH e o teor de fósfo ro do solo. Em dois anos de experimentos, as mais altas médias de produção foram obtidas nas parcelas que continham altas do ses de fósforo. Constataram também que a produção de soja de cresce quando a concentração de fósforo no solo é superior a 40 ppm.

Por outro lado, aplicações de grandes quantidades de fósforo podem prejudicar a cultura em certos casos, prova do a deficiência de outros elementos como mostram WEBER e CALDWELL (1962) que ao adicionarem ao solo uma quantidade ele vada de fósforo (800 kg/ha, como superfosfato triplo) e quanti dades elevadas de fósforo mais potássio (800 kg de P como su perfosfato triplo e 800 kg de K/ha, com KCl), induziram, em am bos tratamentos, clorose nas plantas de soja. A clorose causa da pelo tratamento P + K foi controlada com a aplicação do so lo de 10 kg/ha de quelato de manganês (neste tratamento o ma n g an ê s foi o fator determinante da clorose). No tratamento onde só tinha fósforo o fator limitante foi o potássio. Verificaram ainda, os autores, que doses excessivas de fósforo e potássio causaram prejuízos para a germinação.

No Brasil, o fósforo é chamado de "elemento pro blema", devido ao seu baixo teor disponível no solo e em razão disto vem sendo estudado intensivamente por vários investigado res. MIYASAKA et alli (1964) e (1966) estudaram o efeito do fós fo ro na cultura da soja em solos de arenito e terra roxa mistu rada. Verificaram que a resposta ao fósforo, em ambos os tipos de solo, foi linear e significativa; não encontrando, porém , respostas ao nitrogênio, potássio, enxofre e aos micronutrien tes.

GOEPFERT (1971), GOEPFERT e FREIRE (1972) e VIDOR

et alli (1973) constataram, em solos do Rio Grande do Sul, um aumento significativo na produção da soja, quando eram aplicadas doses crescentes de adubos fosfatado. No Estado de Minas Gerais, LIMA et alli (1974) encontraram respostas para a produção, altura de plantas, altura da inserção da 1.^a vagem e no ciclo da planta para aplicações de 100 a 200 kg/ha de P_2O_5 .

2.3.2. Concentração de Fósforo na Planta

Mederski, citado por OHLROGGE (1960), verificou que em plantas desenvolvidas, em solução nutritiva, contendo 5 ppm de fósforo, a menor concentração do elemento é encontrada no período de pré-florescimento, correspondendo a 0,30% nas folhas e 0,15% nas hastes. Para este período, OHLROGGE (1960) verificou como teores ótimos para aquelas partes vegetativas, valores de 0,25 e 0,45% de "P". Este último autor, depois de analisar o trabalho de vários pesquisadores com relação à concentração do fósforo no período do florescimento, sugere que plantas bem nutridas devem possuir uma concentração de "P" entre 0,25 a 0,35% e que valores encontrados abaixo ou acima dos valores extremos, representam deficiência ou consumo de luxo respectivamente.

HANWAY e WEBER (1971) verificaram que a acumulação total de fósforo na planta segue a tendência de acúmulo da matéria seca. A concentração de fósforo é baixa no início do crescimento, mas eleva-se rapidamente no período compreendido entre 50 a 100 dias após a germinação. MASCARENHAS (1972) verificou que a maior intensidade de absorção de macronutrientes ocorre durante o período de 60 a 80 dias, compreendendo o fim do período do florescimento e o início de formação de vagens. Observou, 100 dias após, a germinação; 50% do fósforo total tinha sido absorvido pela planta.

Quanto à extração de fósforo pela soja, HAMMOND et alli (1951) aponta como maior responsável, a alta demanda dos elementos pelas sementes. Até a maturidade, 82 a 85% do fósforo contido na planta estava nas sementes.

2.4. Potássio

2.4.1. Fertilização Potássica

Os solos do Brasil, geralmente, são bem providos de potássio, e poucas respostas a esse nutriente tem sido obtidas pelos pesquisadores, em condições de campo. Atualmente, devido ao cultivo de variedades, altamente produtivas, a retirada do elemento aumentou causando um gradual empobrecimento do solo. Futuramente isto poderá acarretar problemas de carência em muitas regiões no país.

EVANS et alli (1950) observaram em solução nutritiva que a deficiência de cálcio causava um aumento na concentração de magnésio, fósforo, potássio e boro nas folhas de soja. As folhas de plantas deficientes, em fósforo, apresentavam maior concentração de potássio. A deficiência de magnésio provocava uma duplicação na concentração de potássio nas folhas, ao passo que um excesso de magnésio diminuía, dramaticamente, as concentrações de potássio e cálcio nas folhas de soja. O crescimento de soja foi prejudicado, quando uma quantidade excessiva de potássio, foi adicionada a solos deficientes em boro. A concentração de boro, nas plantas desenvolvidas em substrato muito rico em potássio, foi menor do que a concentração das plantas que cresceram com doses normais do mesmo (SINHA, 1972). Em dois anos de experimentação no planalto paulista, numa área de Latossolo Roxo, com vegetação de cerrado, MASCARENHAS e MIYASAKA (1968) encontraram fracas respostas, mas positivas ao potássio aplicado. KEOGH e MAPLES (1970) verificaram, que os tratamentos com cloreto de potássio, aumentaram a concentração média de potássio nas folhas de 0,65 para 1,10%. Constataram, também, existir uma alta correlação entre a produção de grãos e a concentração de potássio nas folhas de soja. HANWAY e WEBER (1971) verificaram que aplicações moderadas de fertilizantes fosfatados e potássio à cultura da soja, determinaram pequenos acréscimos no

peso das diferentes partes da planta e também na produção de grãos; mas aplicações de altas doses de KCl (cloreto de potássio) reduziram o peso e a produção de sementes.

MANDAL e TEWARI (1971) testaram em vasos, doses crescentes de potássio (0, 112, 225 e 450 kg de K_2O /ha). Verificaram que as mesmas não afetaram a concentração de manganês na planta, mas a concentração de molibdênio decrescera consideravelmente. VIDOR e FREIRE (1971) verificaram em três ensaios realizados no Rio Grande do Sul (solos Passo Fundo, Erechim e Santo Ângelo) com a variedade Santa Rosa, que esta geralmente respondia a potássio quando as concentrações deste nutriente no solo eram inferiores à 80 ppm.

LIMA et alli (1974) testaram 4 variedades de soja quanto à sua resposta a fertilizantes potássicos e fosfatadas em 3 localidades do Estado de Minas Gerais. Verificaram que a adubação potássica foi eficiente, somente em uma localidade, nas doses de 45 e 90 kg de K_2O /ha, aumentando a produção, número de vagens, peso de grãos e altura das plantas.

2.4.2. Concentração de Potássio na Planta

Austin citado por OHLROGGE (1960), verificou que a menor concentração de potássio em plantas de soja, no período de pré-florescimento, é de 0,35%, possuindo os mesmos 35 dias de idade. Em Iowa, HAMMOND et alli (1951) encontraram 1,2 a 1,6% de potássio na parte vegetativa, neste mesmo período. No período do florescimento, as concentrações de potássio nas folhas de plantas desenvolvidas em soluções nutritivas foram de 0,60% para as folhas inferiores e 0,84% para as folhas superiores (OHLROGGE, 1960). Borst e Thatcher em Ohio, como relata OHLROGGE (1960) coletaram amostras de folhas, durante 6 anos, imediatamente antes da queda das mesmas e puderam constatar que as concentrações de potássio das folhas no período de formação

de vagens, variou de 0,4 a 1,0%. HAMMOND et alli (1951) em IOWA, encontraram valores de 0,5 a 0,9% de K nas plantas cultivadas em dois tipos de solo. Em Indiana, amostras de 67 campos experimentais, coletadas no terceiro, quarto e quinto nó, apresentaram no período de formação de vagens concentrações de potássio que variavam de 0,20 a 0,40% (OHLROGGE, 1960). HANWAY e WEBER (1971) verificaram que a absorção de potássio era pequena no início do crescimento, mas aumentava no decorrer do crescimento, sendo que os acréscimos diários de acumulação de potássio eram constantes no período de 50 a 100 dias após a germinação da semente. MASCARENHAS (1972) observou que a concentração de potássio nas hastes era maior do que nas folhas, durante todo o crescimento vegetativo, e ambas diminuíram quando as plantas atingiram o final do ciclo. Verificou ainda, que na pré-floração as concentrações de potássio nas hastes e nas folhas foram respectivamente de 2,16 e 2,90%; na floração foram 1,83 a 2,58% e no início da formação de vagens de 1,68 a 2,18%.

2.5. Concentração de Cálcio na Planta

OHLROGGE (1960), baseado em trabalhos anteriores, constatou que a concentração de cálcio nas plantas, no período do pré-florescimento, situava-se entre 0,26 e 2,80%. Por outro lado MASCARENHAS (1972) verificou que as concentrações de cálcio nas hastes e folhas, neste mesmo período, eram de 1,50% e 2,46% respectivamente.

EVANS et alli (1950) através de análise espectrográfica, de plantas desenvolvidas em solução nutritiva, encontraram concentrações de cálcio variando de zero até 6,5%. Os valores baixos foram observados nas plantas desenvolvidas na solução sem cálcio; e os valores altos nas plantas desenvolvidas nas soluções que não continham potássio. As folhas inferiores apresentaram 5,1% de Ca, enquanto as folhas superiores apresentaram 1,0%. OHLROGGE (1960) sugere que a faixa ótima de cálcio na parte vegetativa da planta situa-se entre os limites de 1% a 3%.

MASCARENHAS (1972), para plantas cultivares em condições de campo, encontrou concentrações de cálcio nas hastes e folhas, no período de florescimento de 1,17 e 2,20% respectivamente. Os trabalhos, citados por OHLROGGE (1960), demonstraram que nos Estados Unidos as concentrações de cálcio das hastes e folhas, coletadas no período de formação de valores, variavam de 0,90 a 2,10%. No Japão, as concentrações de cálcio nas folhas situavam-se entre 2,0 e 2,4% e nas hastes, entre 0,7 e 1,6%. MASCARENHAS (1972) encontrou valores de cálcio situado entre 0,89 a 2,18% na parte vegetativa da planta.

2.6. Concentração de Magnésio na Planta

WEBB et alli (1972) constataram que as várias partes das plantas normais ou deficientes, exibiam no período do pré-florescimento pequenas diferenças na concentração de magnésio. Nas plantas normais, as partes que apresentavam as concentrações extremas eram as raízes, com 0,89% de magnésio e os pecíolos com 0,50%; enquanto que plantas deficientes em magnésio mostraram 0,89% na parte aérea e 0,12% nas raízes. HAMMOND et alli (1951) verificaram que a parte aérea, coletada no período do florescimento, excluindo as vagens em formação, possuía uma concentração de magnésio de 0,8%; enquanto que as vagens possuíam concentrações de 0,6%. OHLROGGE (1960), citando um trabalho de Nelson, relata que no período de formação de vagens os folíolos de plantas cultivadas em solução nutritiva possuíam concentrações de magnésio de 0,13 a 0,18, respectivamente; enquanto que estas mesmas partes passaram a possuir concentrações de 0,18 a 0,24, respectivamente, quando as plantas foram cultivadas em soluções nutritivas que continham níveis mais elevados de magnésio.

2.7. Concentrações de Enxofre na Planta

Austin, citado por OHLROGGE (1960), verificou que

as concentrações de enxofre na planta variavam de 0,22 a 0,32% tanto em condições de campo, como de casa de vegetação. OHLROGGE (1960) assinala que a curva de absorção de enxofre acompanha a curva de formação de matéria seca. O pico de extração ocorre no período inicial e final de formação de vagens, como um teor de 1,5 kg/ha/dia. MASCARENHAS (1972), encontrou a maior concentração de enxofre na parte vegetativa da planta aos 80 dias de idade. A absorção total pela planta (partes vegetativas + vagens e sementes) foi crescente até os 120 dias; posteriormente, este índice diminuiu.

WOODING et alli (1972) relataram resultados de experimentos em solução nutritivas, onde verificaram que a deficiência de nitrogênio reduziu a concentração de proteínas- S e aumentou a concentração de proteínas que não continham enxofre. A deficiência de fósforo provocou uma diminuição na concentração de enxofre na planta. As plantas, deficientes em potássio, apresentaram folhas com concentrações mais elevadas de enxofre insolúvel; e quantidade mais elevada de enxofre total, mas o peso de matéria seca por planta foi mais reduzido.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo e localizado na Fazenda Areão de propriedade da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Da área escolhida, dentro de um solo da série Guamium, segundo RANZANI (1966) foi coletada uma amostra composta para determinação da necessidade de calagem, com o propósito de elevar-se o pH até 6,0 e identificação das condições químicas do mesmo. Os resultados de análise de solos da área do experimento estão apresentados na tabela 1.

TABELA 1. Resultados da análise de solo da área experimental:

pH	C %	Teor trocável em milequivalentes/100 g terra						Calagem t/ha
		PO_4^-	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H^+	
5,2	0,96	0,081	0,28	2,24	0,80	0,37	4,72	2,740

A interpretação da análise, feita pelo Departamento de solos e geologia da ESALQ, indicou a necessidade das aplicações de 2,7 toneladas de calcário dolomítico, por hectare, que foram adicionadas a lanço na área experimental após a lavra e incorporado ao solo na operação de gradeação. O corre

tivo foi aplicado 60 dias antes do plantio.

Os dados de temperatura e precipitação que ocorreram durante o período experimental estão apresentados na tabela 2.

TABELA 2. Média mensal da temperatura e precipitação durante o período do experimento:

MÊS	TEMPERATURA °C	PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm)
outubro/74	21,65	119,6
novembro	22,43	179,3
dezembro	22,34	332,2
janeiro/75	23,97	168,1
fevereiro	25,86	357,0
março	24,61	32,9
abril	21,26	37,3
maio	19,17	11,3
junho	17,42	0

Como se observa na tabela 2, a média mensal de precipitação caiu bruscamente a partir do mês de março, justamente no período da formação de grãos. Este fenômeno explica a baixa produção de grãos do experimento.

Como delineamento experimental, usou-se um fatorial 3^3 com três repetições, constituído dos seguintes tratamentos:

ELEMENTO	DOSE (kg/ha)			FONTES
N	0	20	40	Sulfato de amônio
P (P_2O_5)	0	60	120	Super fosfato triplo
K (K_2O)	0	30	60	Cloreto de potássio

Além da adubação nitrogenada, as sementes foram inoculadas com *Rhizobium* específico, para a soja.

A unidade experimental tinha as seguintes dimensões: 10 metros por 6 metros, sendo que no sentido longitudinal da mesma, deixou-se 1 metro nos extremos, os quais funcionaram como bordas. As 10 fileiras de plantas separadas por 0,60 metros foram distribuídas da seguinte maneira:

- 4 fileiras de borda;
- 4 fileiras para amostragem de tecido;
- 2 fileiras centrais para medida da produção de grãos.

O adubo, referente a cada tratamento, foi colocado no sulco, do lado e abaixo da semente, sendo que todo o fósforo e potássio foram adicionados por ocasião do plantio (base). O nitrogênio, com um terço no plantio, e dois terços quarenta e cinco dias, após a germinação. A semeadura foi feita em torno de quarenta sementes por metro linear, sofrendo desbastes quinze dias após a emergência, 24 plantas por metro. A variedade de soja utilizada foi a IAC-2 de hábito de crescimento indeterminado.

As amostras de plantas foram colhidas no campo, em intervalos de 21 dias a partir da emergência até a queda

parcial das folhas (105 dias de idade). O número de plantas, colhidas dentro das fileiras pré-estabelecidas, variou de acordo com a necessidade de material para análise no laboratório. As plantas coletadas foram levadas para o laboratório, lavadas com água destilada e subdivididas nas seguintes partes:

Folhas superiores (terço superior da planta);

Folhas intermediárias;

Folhas inferiores (terço inferior da planta);

Caule (principal + hastes).

O material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 60-70°C, até peso constante. Após, as várias partes foram pesadas em balança analítica, moídas em um moinho Wiley com peneira 20 e conservadas em sacos de plástico. Os extratos foram obtidos por via úmida através de uma digestão nítrico-perclórico, conforme SARRUGE e HAAG (1974).

3.1. Métodos Analíticos

As determinações dos elementos químicos foram feitas de acordo com SARRUGE e HAAG (1974).

A análise estatística dos resultados foi feita por computação eletrônica no Departamento de matemática e Esta tística da ESALQ.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Peso da Matéria Seca

A produção de matéria seca, em presença de fertilizantes aplicados ao solo, tem fornecido subsídios interessantes como indicador do crescimento e avaliação da composição química das plantas.

Trabalhos desse tipo, com a soja, foram feitos por HAMMOND et alii (1951), OHLROGGE (1960), HANWAY e WEBER (1971) e MASCARENHAS (1972).

As médias de três repetições dos resultados obtidos do acúmulo de matéria seca (folha + hastes) em função da idade das plantas (em dias após a emergência) com três níveis de adubação, NPK, estão relacionados na tabela 3.

TABELA 3. Produção de matéria seca em função da idade das plantas sob três níveis de adubação, NPK, aplicados ao solo. (Média de três repetições):

Tratamentos	Peso da Matéria seca (g)				
	DIAS				
	21	42	63	84	105
000	0,48	3,60	12,57	23,91	21,83
001	0,41	3,09	13,57	25,80	17,93
002	0,41	3,32	14,18	21,29	23,41
010	0,53	4,17	11,84	26,74	19,64
011	0,48	3,64	11,97	28,00	29,07
012	0,52	3,93	11,11	18,96	19,00
020	0,55	4,90	15,68	24,07	27,17
021	0,60	5,33	17,89	30,00	27,54
022	0,56	3,85	11,31	26,56	20,12
100	0,43	3,20	11,90	24,71	27,91
101	0,36	2,78	10,48	23,00	22,84
102	0,40	3,01	15,00	23,13	27,98
110	0,55	3,90	14,26	30,26	31,05
111	0,55	4,44	18,16	27,07	28,46
112	0,45	3,03	12,55	26,60	26,32
120	0,56	4,42	17,23	26,68	32,01
121	0,55	3,62	13,86	28,27	17,47
122	0,58	4,21	14,30	26,33	25,90
200	0,42	3,00	11,01	18,95	13,93
201	0,47	3,71	11,80	20,82	30,01
202	0,46	3,62	13,46	23,00	22,02
210	0,57	3,93	16,00	20,06	31,23
211	0,52	3,67	16,67	25,18	21,75
212	0,53	3,82	10,04	19,69	30,57
220	0,53	4,27	17,37	29,50	27,47
221	0,64	4,41	17,08	31,90	32,60
222	0,58	4,12	15,70	25,60	40,63

A análise estatística dos resultados do peso da matéria seca aparece na tabela 4.

TABELA 4. Análise da variância do peso de Matéria Seca em função da idade da planta e de três níveis de adubação, NPK aplicados, ao solo:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Fatorial	26	1.446,07	55,61	2,23*
Épocas	4	44.946,62	11.236,65	451,76**
Fatorial x época	104	2.258,74	24,87	n.s
Resíduo	270	8.696,21	32,20	
Total	404	57.675,65		

C.V. = 40,84%

O teste de Tukey aplicado à média dos resultados, obtidos da produção de matéria seca, estão na tabela 5.

Os resultados mostram que a média do tratamento $N_2P_0K_0$ deu menor produção de matéria seca que a média dos tratamentos que continham doses de 40 kg/ha de N, 120 kg/ha de P_2O_5 , em presença de 30 a 60 kg/ha de K_2O . Quanto ao tratamento, contendo 40 kg de N por ha ter fornecido produção inferior a testemunha, embora sem significância estatística, presume-se que tal efeito tenha sido provocado pela ineficiência do *Rhizobium*, na presença da adubação nitrogenada no caso, insuficiente para o desenvolvimento da cultura. Efeitos negativos da aplicação de nitrogênio no solo, para cultura da soja, foram constatados por ROSS (1960), deMOODY (1966), MIYASAKA, *et alli* (1968), HANWAY, WEBER (1971) e RUBES (1974), além desse fator, pode-se acrescentar o desequilíbrio nutricional da planta provocado pela ausência do fósforo e potássio no tratamento.

TABELA 5. Médias de cinco épocas e três repetições do peso da matéria seca em relação aos tratamentos:

Média dos tratamentos NPK em Gramas de Matéria Seca			
222	17,33a	020 14,47ab	121 12,75ab
221	17,32a	122 14,27ab	010 12,59ab
021	16,27ab	102 13,90ab	002 12,52ab
120	16,18ab	112 13,80ab	202 12,51ab
110	16,00ab	000 13,67ab	022 12,48ab
220	15,83ab	100 13,62ab	001 12,16ab
111	15,73ab	201 13,36ab	101 11,89ab
210	15,35ab	211 13,36ab	012 10,71ab
011	14,63ab	212 12,96ab	200 9,46 b
Tukey. 5% = 7.76			

Aplicou-se equações de regressão para avaliar-se o crescimento da planta, até o fim de seu ciclo, com base no acúmulo de matéria seca, em intervalos de vinte e um (21) dias, a partir da emergência, até ao desfolhamento parcial das plantas (105 dias). O grau da regressão foi escolhido pelo maior valor significativo, tendo como limite o 3º grau.

As médias estimadas do acúmulo de matéria seca, ponto de máximo acúmulo e ponto de inflexão, em relação a idade da planta, estão na tabela 6 e na figura 1.

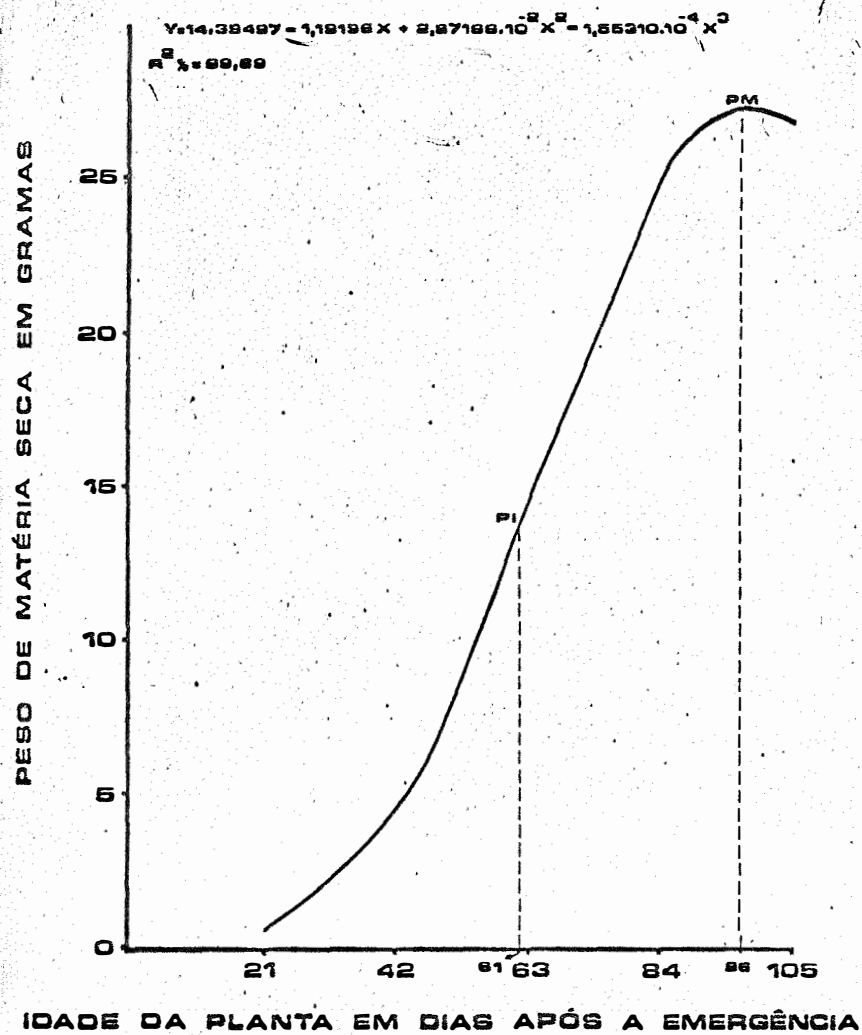


FIGURA 1. Pontos de máximo acúmulo e ponto de inflexão do peso da matéria seca de plantas de soja em função da idade.

TABELA 6. Pontos estimados de máximo acúmulo e inflexão do peso da matéria seca em função da idade da planta.

<u>Pontos estimados</u>	<u>Idade da planta</u> (dias)	<u>Peso da Matéria seca</u> (g)
Ponto de máximo	96,86	27,25
Ponto de inflexão	61,63	13,66

4.2. Produção de Grãos

A produção de grãos, da parcela útil ($9,60\text{m}^2$) de cada tratamento, foi pesada, e os valores encontrados, convertidos à peso de grãos, com 13% de umidade. Os resultados estão apresentados na tabela 7.

TABELA 7. Produção de grãos de soja, em gramas da parcela útil ($9,60\text{m}^2$) em função dos tratamentos NPK (Média de três repetições).

<u>NPK</u>	<u>MÉDIAS (g)</u>	<u>NPK</u>	<u>MÉDIAS (g)</u>	<u>NPK</u>	<u>MÉDIAS (g)</u>
000	1,146	100	1,498	200	1,346
001	1,313	101	1,546	201	1,280
002	1,293	102	1,390	202	1,473
010	1,545	110	1,650	210	1,426
011	1,446	111	1,520	211	1,646
012	1,366	112	1,526	212	1,538
020	2,017	120	1,706	220	1,596
021	1,623	121	1,490	221	1,727
022	1,786	122	1,456	222	1,713

Os resultados da produção de grãos, submetidos a análise estatística, estão apresentados na tabela 8.

TABELA 8. Análise da variância dos resultados da produção de grãos de soja:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
N	2	0,0003	0,0002	N.S.
P	2	1,1561	0,5181	7,23**
K	2	0,0192	0,0096	N.S.
NP	4	0,4824	0,1206	N.S.
NK	4	0,2995	0,0574	N.S.
PK	4	0,1964	0,0491	N.S.
NPK	8	0,3602	0,0450	N.S.
Blocos	2	0,1609	0,0805	N.S.
Resíduo	52	4,1600	0,0800	N.S.
Total	80	6,7650		

C.V. = 18,50%

A análise mostra que houve efeito, somente para as doses de fósforo, aplicadas. Para os tratamentos com nitrogênio e potássio, e para as interações, não houve efeito significativo na produção.

O resultado do teste de TUKEY, aplicado às médias dos tratamentos com fósforo, aparece abaixo:

NÍVEL DE FÓSFORO	PRODUÇÃO MÉDIA
P ₀	1,388 a
P ₁	1,518 ab
P ₂	1,686 b
	(TUKEY) 5% = 0,185

Pode-se observar, pelos resultados que houve, aumento significativo na produção das plantas com dose de 120 kg de P_2O_5 por hectare, em relação a média das plantas, sem fósforo (testemunha).

Este resultado era esperado uma vez que, o solo onde foi localizado o ensaio, continha um teor de fósforo, em torno de 0,08 e mg de PO_4^{3-} /100g de solo, considerado baixo, segundo GARGANTINI (1966).

Como se obtivesse no ensaio efeito significativo, somente para os tratamentos com fósforo, o esquema de análise do tecido das plantas alicerçou-se basicamente nos seguintes tratamentos: $N_0P_0K_0$, $N_0P_2K_0$, correspondentes a mais baixa, média e mais alta produção.

4.3. Concentração de macronutrientes na planta aos 63 dias após a emergência.

Este estágio foi escolhido afim de se verificar as concentrações de nutrientes, para fins de diagnose, na época de maior velocidade de crescimento das plantas. O mesmo foi determinado, também, através do ponto de inflexão da curva de crescimento, considerando-se a curva de absorção de macronutrientes acompanhasse a curva de acúmulo de matéria seca. HAMMOND et alii (1951) mostraram que a primeira modificação, na taxa de acúmulo de matéria seca, ocorreu aproximadamente na época de florescimento da planta; e a segunda, na época em que atingisse sua altura máxima. HANWAY E THOMPSON (1971) dizem que a absorção de nutrientes, pelas plantas jovens, é relativamente pequena devido ao tamanho reduzido das mesmas. A velocidade de absorção de nutrientes aumenta a partir do estágio em que a planta se encontra com seis folhas trifolioladas e gemas axilares.

O trabalho de Borst e Thatcher, citado por MASCA RENHAS (1972), mostrou que o acúmulo de nitrogênio segue um esquema semelhante ao da curva de acúmulo de matéria seca, havendo um acúmulo rápido de nitrogênio nos componentes vegetativos, até atingir um máximo, após a ocorrência de um rápido declínio.

4.3.1. Concentração de Nitrogênio

Os resultados da concentração (%) de nitrogênio, nas partes das plantas (folhas + caules), foram submetidos a análise, e os efeitos dos elementos e das interações estão na tabela 9.

TABELA 9. Análise da variância das concentrações (%) de nitrogênio nas partes (folhas + caules) das plantas de soja aos 63 dias após a emergência:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
N	2	13,56458	6,78229	12,055 **
P	2	0,325988	0,16299	0,289 N.S.
K	2	0,57575	0,28787	0,511 N.S.
Partes	3	338,78346	112,92782	200,7309 **
N x P	4	0,70769	0,7692	0,3144 N.S.
N x K	4	1,57813	0,39453	0,7012 N.S.
N x Partes	6	1,70023	0,28337	0,5036 N.S.
P x K	4	2,42588	0,60647	1,0780 N.S.
P x Partes	6	1,57596	0,26266	0,4668 N.S.
K x Partes	6	1,14796	0,19132	0,3400 N.S.
Tratamento	39	362,38141	3,58141	6,3660 **
Blocos	2	0,12163	0,06081	0,1081
Resíduo	282	75,87956	0,56258	0,1081
Total	323	438,18687		

O efeito da aplicação das doses de nitrogênio ao solo, foi analisada para cada parte da planta (folha superior, folha média, folha inferior e caule). Os resultados dessa análise encontram-se na tabela 10.

TABELA 10. Concentração (%) de nitrogênio nas partes das plantas em função das doses de nitrogênio aplicadas ao solo (Média de três repetições):

Kg de N/ha	% de nitrogênio			
	Folhas superiores	Folhas médias	Folhas inferiores	Caules
0	3,85 b	3,85 a	2,93 b	1,39 a
20	4,10 ab	4,30 a	3,38 a	1,65 a
40	4,28 a	4,21 a	3,54 a	1,64 a

TUKEY 5% = 0.53

O emprego de adubos nitrogenados na cultura da soja, tem sido muito discutido. Como se sabe, as leguminosas têm a capacidade de obter nitrogênio das bactérias fixadoras (*Rhizobium japonicum*) que se encontram em simbioses nas suas raízes. No caso do experimento, entretanto, constatou-se que a concentração de nitrogênio, na planta, aumentou com a fertilização nitrogenada aplicada ao solo. Norman, citado por deMOOY- (1973), concluiu que as produções de soja foram maiores com adubações nitrogenadas no solo, do que aquelas conseguidas através das bactérias fixadoras de nitrogênio do ar. Concluiu o autor que a soja absorve mais nitrogênio no seu desenvolvimento do que o fornecido pela simbiose

Os efeitos, das doses de nitrogênio aplicadas, apareceram nas partes da planta, conforme segue:

Folhas superiores	4,01 a
Folhas médias	4,12 a
Folhas inferiores	3,29 b
Caules	1,56 c
	TUKEY 5% = 0,31

Em face da mobilidade do nitrogênio na planta, os efeitos significativos da aplicação de doses do mesmo apareceram nas folhas superiores e inferiores, havendo pois, translocação do elemento das folhas maduras para as folhas apicais da planta. Em vista desse fenômeno pode-se dizer que para fins de diagnose foliar, aqueles dois tipos de folhas (superiores e inferiores) retratam bem o estado nutricional da planta em relação ao nitrogênio.

4.3.2. Concentração de Fósforo

Os resultados de absorção de fósforo pelas partes da planta (folhas + caules), foram submetidos a análise e os efeitos dos elementos e das interações encontram-se na tabela 11.

Os efeitos das doses de P aplicadas ao solo foram analisado para cada parte da planta e os resultados aparecem na tabela 12.

TABELA 12. Concentração de fósforo (%) nas partes da planta em função das doses do mesmo no solo:

Kg de P_2O_5 /ha	F. super.	F. méd.	F. infer.	Caules
0	0,39 b	0,26 a	0,17 a	0,15 a
60	0,41 b	0,26 a	0,19 a	0,14 a
120	0,44 a	0,27 a	0,17 a	0,16 a

TABELA 11. Análise da variância das concentrações de fósforo nas partes (folhas + caules) das plantas de soja aos 63 dias após a emergência:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
N	2	0,00517	0,00258	N.S.
P	2	0,02360	0,01180	5,3787**
K	2	0,00023	0,00011	N.S.
Partes	3	3,49538	1,16512	530,9243**
N x P	4	0,12942	0,00323	N.S.
N x K	4	0,00414	0,00103	N.S.
N x Partes	6	0,02075	0,00345	N.S.
P x K	4	0,01850	0,00462	N.S.
P x Partes	6	0,02933	0,00488	2,2281*
K x Partes	6	0,00185	0,00030	N.S.
P x Sup.	2	0,04186	0,02093	9,5388**
P x F. méd.	2	0,00137	0,00068	N.S.
P.nas F.inf.	2	0,00587	0,00293	N.S.
P x no caule	2	0,00383	0,00191	N.S.
Tratamento	107	3,82099	0,03571	16,2723**
Blocos	2	0,00137	0,00068	0,3132
Resíduo	214	0,46962	0,00219	
Total	323			

C.V. = 18.72%

Pelos resultados, verificou-se que as maiores concentrações de fósforo, situaram-se nas folhas superiores que apresentaram diferenças significativas pelas doses aplicadas ao solo.

As concentrações de fósforo nas folhas médias, inferiores e no caule não diferiram com as doses de P_2O_5 aplicadas. Isto indica que o fósforo é absorvido e rapidamente translocado para a parte apical da planta, pelo menos neste estágio de desenvolvimento. WELCH et alii (1949), usando fósforo radioativo em um solo arenoso, concluíram que 95% do fósforo encontrado na planta, provinha do adubo fosfatado adicionado ao solo. BAGAEV (1958) relata que aumentando o suprimento de fósforo no início do florescimento, a formação de vagens é acelerada. Diminuindo o nível de fósforo, neste mesmo período a formação de vagens é prejudicada. Diz, também, o autor que uma subsequente aplicação de fósforo no começo da formação do grão, aumenta a produção do mesmo. ISLAM (1964) verificou que a aplicação de 400 kg/ha de fósforo na forma de superfosfato triplo aumentou a concentração de fósforo nos tecidos de plantas de soja. HANWAY e WEBER (1971) também verificaram que os fertilizantes fosfatados aplicados ao solo, aumentou a concentração de fósforo no tecido.

Para fins de diagnose foliar, considerando-se esse estágio de desenvolvimento, as folhas superiores são as que melhor indicam o estado nutricional da planta.

4.3.3. Concentração de Potássio

Os resultados da absorção de potássio, pelas partes da planta (folhas + caules), foram submetidos à análise, e os efeitos dos elementos e das interações encontram-se na tabela 13.

TABELA 13. Análise da variância dos resultados das concentrações de potássio nas partes (folhas + caules), das plantas de soja, aos 63 dias, após a emergência:

CV	GL	SQ	QM	F
N	2	0,47781	0,23890	N.S.
P	2	0,51741	0,25878	3,0354*
K	2	0,14470	0,07235	N.S.
Partes	3	16,73585	5,57861	65,4559**
N x P	4	0,65940	0,16485	N.S.
N x K	4	0,19894	0,04973	N.S.
N x Partes	6	0,15316	0,02552	N.S.
P x K	4	0,06875	0,01718	N.S.
P x Partes	6	0,15092	0,02551	N.S.
K e Partes	6	0,15613	0,02602	N.S.
Tratamentos	39	19,26312	0,20685	2,4270**
Blocos	2	0,19038	0,09519	N.S.
Resíduo	282	12,07665	0,08522	
Total	323	32,53016		

C.V. = 15,73%

A porcentagem de potássio nas plantas de soja, em função da aplicação de fósforo, aparece na tabela 14.

TABELA 14. Concentração de potássio nas plantas de soja, em função da aplicação de fósforo no solo:

<u>Kg de P₂O₅/ha</u>	<u>% de K na planta</u>
0	1,86 ab
60	1,80 b TUKEY 5%=0,09
120	1,89 a

Como se observa na tabela 14, a absorção de potássio, pela planta, aumentou com as doses de fósforo aplicadas ao solo. HOWELL (1954) cultivando soja em solução nutritiva, verificou que não houve diferença no conteúdo de potássio das sementes na presença de 2 e 10 ppm de fósforo na solução; mas, o total de potássio encontrado na planta foi alto, quando os níveis de fósforo na solução, também, eram altos. MILLER et alli (1961), deMOOY (1965) encontraram resposta na produção de grãos de soja à doses de potássio adicionadas, em presenças de teores adequados de fósforo.

Os efeitos das doses de potássio adicionados ao solo na concentração do mesmo nos tecidos, foi analisado para cada parte da planta e os resultados aparecem na tabela 15.

TABELA 15. Concentrações (%) de potássio nas partes da planta, em função das doses do mesmo no solo.

Kg de K ₂ O/ha	% de K			
	F. superior	F. média	F. inferior	Caules
0	2,15 a	1,86 a	1,45 a	1,85 a
30	2,09 a	1,91 a	1,53 a	1,84 a
60	2,17 a	1,94 a	1,52 a	1,90 a

Pela tabela 15 vê-se que não houve efeito significativos da adubação com potássio no teor do mesmo na planta. Isto se deve, provavelmente, ao alto teor (110 ppm) do elemento no solo em que foi instalado o experimento.

A concentração de potássio nas diversas partes da planta, aparece na tabela 15.

TABELA 16. Concentração (%) de potássio nas partes das plantas de soja.

<u>Órgãos</u>	<u>% de K</u>
Folha superior	2,14 a
Folha média	1,91 b
Folha inferior	1,50 c TUKEY 5% = 0.11
Caule	1,86 b

Pela tabela 16, observa-se que a maior concentração (%) de potássio se encontra nas folhas superiores da planta, seguido pela concentração nas folhas médias e no caule; ficando entretanto, o menor teor nas folhas inferiores das mesma planta.

O potássio é muito móvel e sua translocação é contínua durante todo o ciclo vital da planta. Devido a esta mobilidade, os tecidos em crescimento possuem a maior capacidade de armazenamento do elemento na fase vegetativa da planta. PESEK (1968) sugere que para o potássio o diagnóstico do estado nutricional, seja feito através de análise dos pecíolos das folhas superiores das plantas.

4.3.4. Concentração de Cálcio

Os resultados da absorção de cálcio pelas partes da planta (folhas + caules) foram submetidos à análise, e os efeitos dos elementos e das interações encontram-se na tabela 17.

TABELA 17. Análise da variância dos resultados da concentração de cálcio nas partes (folhas + caules) das plantas de soja aos 63 dias após a emergência :

C.V.	GL.	SQ.	QM.	F.
N	2	0,11501	0,05750	NS
P	2	0,09627	0,04813	NS
K	2	0,04267	0,02133	NS
Partes	3	43,36278	14,45426	304,203**
N x P	4	0,17160	0,04290	NS
N x P	4	0,05867	0,01466	NS
N x Partes	6	0,11253	0,01875	NS
P x K	4	0,06966	0,01741	NS
P x Partes	6	0,09413	0,01578	NS
K x Partes	6	0,09372	0,01562	NS
Tratamentos	39	44,2176	0,42733	8,9935**
Blocos	2	0,14233	0,07116	N.S.
Resíduo	282	6,93318	0,04751	
Total	323	51,29321		

C.V. = 21,34%

A análise dos resultados das concentrações de cálcio, nas partes da planta de soja, influenciadas pelos tratamentos, estão na tabela 18.

TABELA 18. Concentração (%) de cálcio nas folhas superiores, médios, inferiores e caules de plantas de soja:

<u>Órgãos</u>	<u>% Ca</u>
Folhas inferiores	1,60 a
Folhas médias	1,02 b
Folhas superiores	0,80 c
Caules	0,64 d

TUKEY 1% = 0,10

Observa-se que na tabela 18, a concentração de cálcio foi diferente em todas as partes consideradas. As mais baixas concentrações de cálcio apareceram nas folhas superiores devido a pouca mobilidade do elemento, e nessa condição, são as que melhor representam o estado nutricional da planta.

Estes resultados confirmam as observações de OHLROGGE (1960) e de MOODY et alii (1973): que as plantas requerem um suprimento contínuo de cálcio, devido a sua pouca mobilidade interna

4.3.5. Concentração de Magnésio

Os resultados da absorção de magnésio pelas partes da planta (folhas + caules) foram submetidos a análise, e os efeitos dos elementos e das interações estão apresentados na tabela 19.

TABELA 19. Análise da variância das concentrações de magnésio nas partes (folhas + caules) das plantas, aos 63 dias após a emergência.

CV	Gl	SQ	QM	F
N	2	0,04212	0,02106	NS
P	2	0,03512	0,01756	NS
K	2	0,00222	0,00111	NS
Partes	3	1,43435	0,47811	38,0860**
N x P	4	0,04010	0,01002	NS
N x K	4	0,05411	0,01352	NS
N x Partes	6	0,03111	0,00518	NS
P x K	4	0,06235	0,01558	NS
P x Partes	6	0,05472	0,00912	NS
K x Partes	6	0,05714	0,00952	NS
Tratamentos	39	1,81339	0,02091	1,6660
Blocos	2	0,01774	0,00887	NS
Resíduo	282	1,77502	0,01255	
Total	323	3,60616		

C.V. = 19,56%

A análise dos resultados das concentrações de magnésio, nas folhas superiores, médias, inferiores e caule de plantas de soja, influenciada pelos tratamentos aplicados, está na tabela 20.

TABELA 20. Concentração (%) de magnésio nas folhas superiores médias, inferiores e caules de plantas de soja:

<u>Órgãos</u>	<u>% de magnésio</u>
Folhas inferiores	1,67 a
Folhas médias	0,57 b
Folhas superiores	0,56 b
Caules	0,48 c

TUKEY 1% = 0,05

Pela tabela 20, nota-se maior concentração de magnésio, nas folhas inferiores da planta. OHLROGGE (1960) diz que os sintomas de deficiência de magnésio ocorrem nas folhas inferiores da planta, e as diferenças, no conteúdo de magnésio, daquelas com as folhas superiores, indicam a alta mobilidade do elemento. Por outro lado, deMOODY (1973) diz que a mobilidade do magnésio é moderada no interior da planta.

Entretanto, pelos resultados deste trabalho, nota-se um acúmulo do elemento nas folhas inferiores da planta, fato este, que considerando a mobilidade do magnésio indica um suprimento adequado do elemento através do solo.

4.3.6. Concentração do enxofre

Os resultados da absorção de enxofre pelas partes da planta (folhas + caules) foram submetidas à análise, e os efeitos dos elementos e das interações estão apresentados na tabela 21.

TABELA 21. Análise da variância da concentração de enxofre nas partes (folhas + caules) das plantas aos 63 dias após a emergência:

CV	GL	SQ	QM	F
N	2	0,01854	0,00927	NS
P	2	0,00147	0,00073	NS
K	2	0,00239	0,0019	NS
Partes	3	0,11526	0,03842	10,2417**
N x P	4	0,00993	0,00248	NS
N x K	4	0,01482	0,00370	NS
N x Partes	6	0,01611	0,00268	NS
P x K	4	0,01361	0,00341	NS
P x Partes	6	0,02775	0,00429	NS
K x Partes	6	0,01587	0,00264	NS
Tratamentos	39	0,23385	0,00338	NS
Blocos	2	0,00866	0,00433	NS
Resíduo	282	0,52641	0,00375	
Tota	323	0,76893		

C.V. = 32,98

Pelos resultados, observa-se apenas o efeito das partes das plantas no teor de enxofre.

A variação nas concentrações, nas referidas partes, aparecem na tabela 22.

TABELA 22. Concentração (%) de enxofre nas folhas superiores ,
médias, inferiores e caules de plantas de soja:

Órgãos da planta	% de enxofre
Folhas superiores	0,21 a
Folhas médias	0,19 b
Folhas inferiores	0,17 c TUKEY 5%=0,02
Caules	0,16 c

Observa-se pela tabela 22 que as folhas superiores das plantas apresentaram maior concentração de enxofre.

OHLROGGE (1960) sugere que o enxofre tem pequena translocação dentro do vegetal.

Em vista de tal fato, deve-se supor que o suprimento de enxofre tenha sido adequado durante todo ciclo da planta, seja através do solo, ou através da atmosfera. Deve-se considerar ainda que o experimento foi conduzido bem próximo de uma área com grande atividade industrial.

4.4. Concentração de macronutrientes em função da idade, doses de fósforo aplicadas e partes da planta de soja.

A absorção de nutrientes pela soja de acordo com HANWAY e THOMPSON (1971) é pequena no início do crescimento da planta, devido ao tamanho reduzido da mesma. A absorção acelera-se rapidamente em torno dos 50 dias de idade, quando a planta cresce e se desenvolve (HANWAY e WEBER, 1971). Portanto, um suprimento adequado de nutrientes neste estágio é essencial para o ótimo desenvolvimento da planta.

4.4.1. Concentração de nitrogênio

As médias das concentrações de nitrogênio em função da idade da planta, doses de fósforo aplicadas ao solo e partes da planta aparecem na tabela 23.

TABELA 23. Concentrações de nitrogênio em função da idade da planta, das doses de fósforo aplicadas ao solo e partes da planta (Média de três repetições):

Tratam. Kg de P ₂ O ₅ /ha	Idade da* Planta	% de N			Caule
		F.superior	F.média	F.inferior	
0	21	4,35	4,60	3,88	1,73
	42	3,87	4,01	2,94	1,10
	63	3,72	3,10	2,95	1,53
	84	3,13	3,35	2,57	1,57
	105	2,75	2,34	1,80	1,36
60	21	4,30	4,57	3,77	1,59
	42	3,35	3,74	2,87	1,11
	63	3,66	3,52	3,14	1,37
	84	3,97	3,33	2,60	1,69
	105	2,80	2,55	1,92	1,11
120	21	4,44	4,32	3,80	1,58
	42	3,42	3,42	2,90	1,23
	63	3,78	3,52	2,60	1,30
	84	3,64	3,13	2,57	1,63
	105	2,39	2,19	1,95	1,02

* DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

A análise estatística dos resultados pode ser observada na tabela 24.

TABELA 24. Análise da variância das concentrações de nitrogênio em função da idade, doses de fósforo aplicadas e partes da planta de soja:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	44,33083	11,08270	50,0421**
(b) Tratamento	2	0,90853	0,45426	N.S.
(c) partes	3	141,5125	47,17071	212,9917**
(a)x(b)	8	0,28531	0,03566	N.S.
(a)x(c)	12	11,13818	0,92818	4,1910**
(b)x(c)	6	0,35687	0,05947	N.S.
Tratamento	35	198,53172	3,39160	15,3142**
Blocos	2	0,20182	0,10091	N.S.
Resíduo	142	19,97311	0,22146	
Total	192	218,70666		

C.V. = 16,60%

As concentrações de nitrogênio nas diversas partes da planta (folhas superiores, médias, inferiores e caules) em função da idade da planta foram submetidos a uma análise de regressão. Os resultados aparecem na tabela 25, 26 e na figura 2.

TABELA 25. Equações representativas, e coeficientes de determinação da concentração de nitrogênio em função da idade nas partes da plantas:

Partes	Equações	R ² %
Folhas superiores	$\hat{Y}=7,54418-0,22572x+4,01781.10^{-3}x^2-2,20172.10^{-5}x^3$	99,75
Folhas médias	$\hat{Y}=6,40354-0,12862x+2,02005.10^{-3}x^2-1,10679.10^{-5}x^3$	99,93
Folhas inferiores	$\hat{Y}=5,93618-0,14282x+2,21324.10^{-3}x^2-1,15385.10^{-5}x^3$	99,05
Caules	$\hat{Y}=3,56352-0,13767x+2,45564.10^{-3}x^2-1,29764.10^{-5}x^3$	99,94

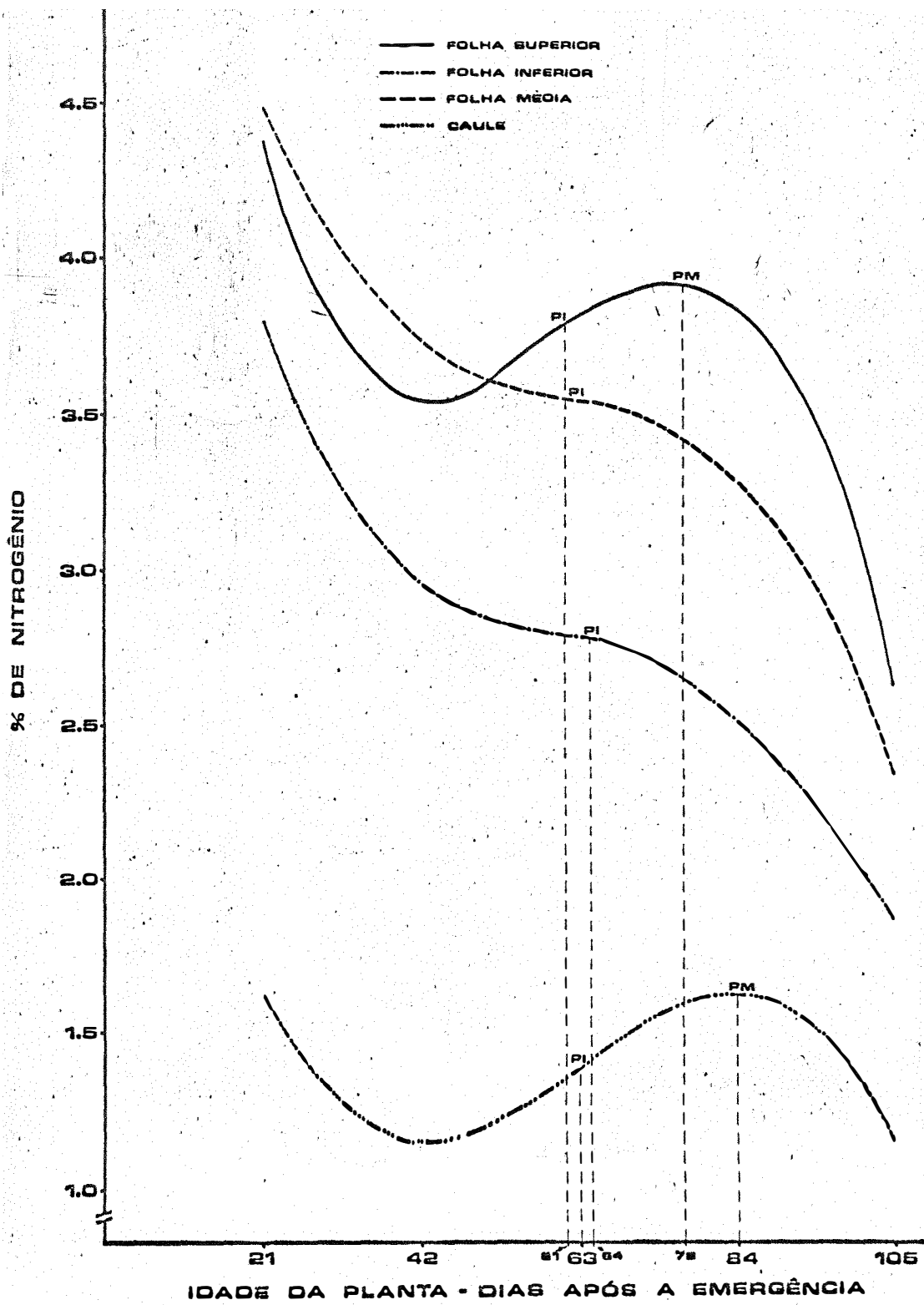


FIGURA 2. Pontos de máxima e pontos de inflexão das concentrações de nitrogênio nas partes da planta em função da idade.

Calculou-se também através das médias estimadas, pontos de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de nitrogênio, em função da idade nas diversas partes da planta, conforme mostra a tabela 26.

TABELA 26. Pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de nitrogênio, em função da idade da planta.

Pontos Estimados	Idade da* Planta	% de N	Partes
Máximo	77,64	3,93	
Mínimo	44,01	3,51	F. Superiores
Inflexão	60,82	3,72	
Máximo	--,--	--,--	
Mínimo	--,--	--,--	F. Médias
Inflexão	60,83	3,56	
Máximo	--,--	--,--	
Mínimo	--,--	--,--	F. Inferiores
Inflexão	63,64	2,79	
Máximo	84,11	1,63	
Mínimo	42,04	1,15	Caule
Inflexão	63,07	1,39	

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A análise de figura 2, mostra que a planta com 21 dias de idade, possui um alto teor de nitrogênio nas folhas superiores. OHLROGGE (1960) diz que a concentração de nitrogênio é alta em plantas novas (seedlings) de soja sendo que o teor vai caindo gradualmente por efeitos de diluição até aos 60 dias. No presente caso houve decréscimo na concentração de nitrogênio até os 44 dias.

A partir desse ponto, o teor nas folhas superiores aumenta até chegar a seu ponto de máxima concentração aos 77 dias de idade da planta. A partir dessa idade, o teor decresce até o final do ciclo, devido provavelmente, a translocação para as sementes. Esta acertiva é comprovada por HAMMOND et alli (1951), Togari et alli, sendo o último, citado por OHLROGGE (1960).

A concentração de nitrogênio nas folhas médias e inferiores, apresentaram teores altos nas plantas jovens (21 dias), decrescendo até o final do ciclo da planta, com uma ligeira estabilização aos 60 dias. O comportamento do nitrogênio no caule é semelhante ao das folhas do terço superior, isto é, ocorre uma queda na concentração dos 21 para os 42 dias de idade da planta. Após esse ponto há um acréscimo na concentração até atingir o valor máximo aos 84 dias. A partir dessa idade, a concentração de nitrogênio decresce novamente até o final do ciclo, provavelmente, devido a translocação para os grãos. Nota-se que a concentração de nitrogênio no caule é aproximadamente três vezes menor do que nas folhas. Confirmam estes dados o trabalho de Togari citado por OHLROGGE (1960).

4.4.2. Concentração de Fósforo,

As médias das concentrações de fósforo em função da idade e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta, aparecem na tabela 27.

TABELA 27. Concentrações de fósforo em função da idade e doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta, (Média de três repetições):

Kg de P_2O_5 /ha	Idade da* Planta	% de fósforo			
		F.Superiores	F.Médias	F.Inferiores	Caules
0	21	0,31	0,17	0,16	0,11
	42	0,38	0,24	0,15	0,12
	63	0,42	0,23	0,15	0,15
	84	0,32	0,19	0,15	0,16
	105	0,20	0,15	0,10	0,09
60	21	0,35	0,19	0,16	0,11
	42	0,35	0,27	0,15	0,14
	63	0,42	0,33	0,21	0,16
	84	0,28	0,22	0,16	0,19
	105	0,15	0,16	0,11	0,10
120	21	0,45	0,22	0,21	0,15
	42	0,37	0,25	0,17	0,17
	63	0,41	0,20	0,17	0,17
	84	0,36	0,20	0,18	0,20
	105	0,25	0,20	0,16	0,17

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

A análise estatística dos resultados aparece na tabela 28.

TABELA 28. Análise da variância das concentrações de fósforo em função da idade, doses de fósforo aplicadas, e partes da planta de soja:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	0,19118	0,04779	19,6372**
(b) Tratamento	2	0,03858	0,01929	7,9269**
(c) Partes	3	0,96944	0,32314	132,7657**
(a) x (b)	8	0,04800	0,00600	2,4651*
(a) x (c)	12	0,14708	0,01225	5,3559**
(b) x (c)	6	0,02230	0,00371	1,5273NS
Tratamentos	35	1,41661	0,02443	10,0379*
Blocos	2	0,00560	0,00280	1,1520
Resíduo	142	0,18974	0,00243	
Total	179	1,61196		

C.V. = 22,70%

Os efeitos significativos foram desdobrados nas equações de regressão correspondentes, conforme mostra a tabela 29 e as figuras 3, 4 e 5.

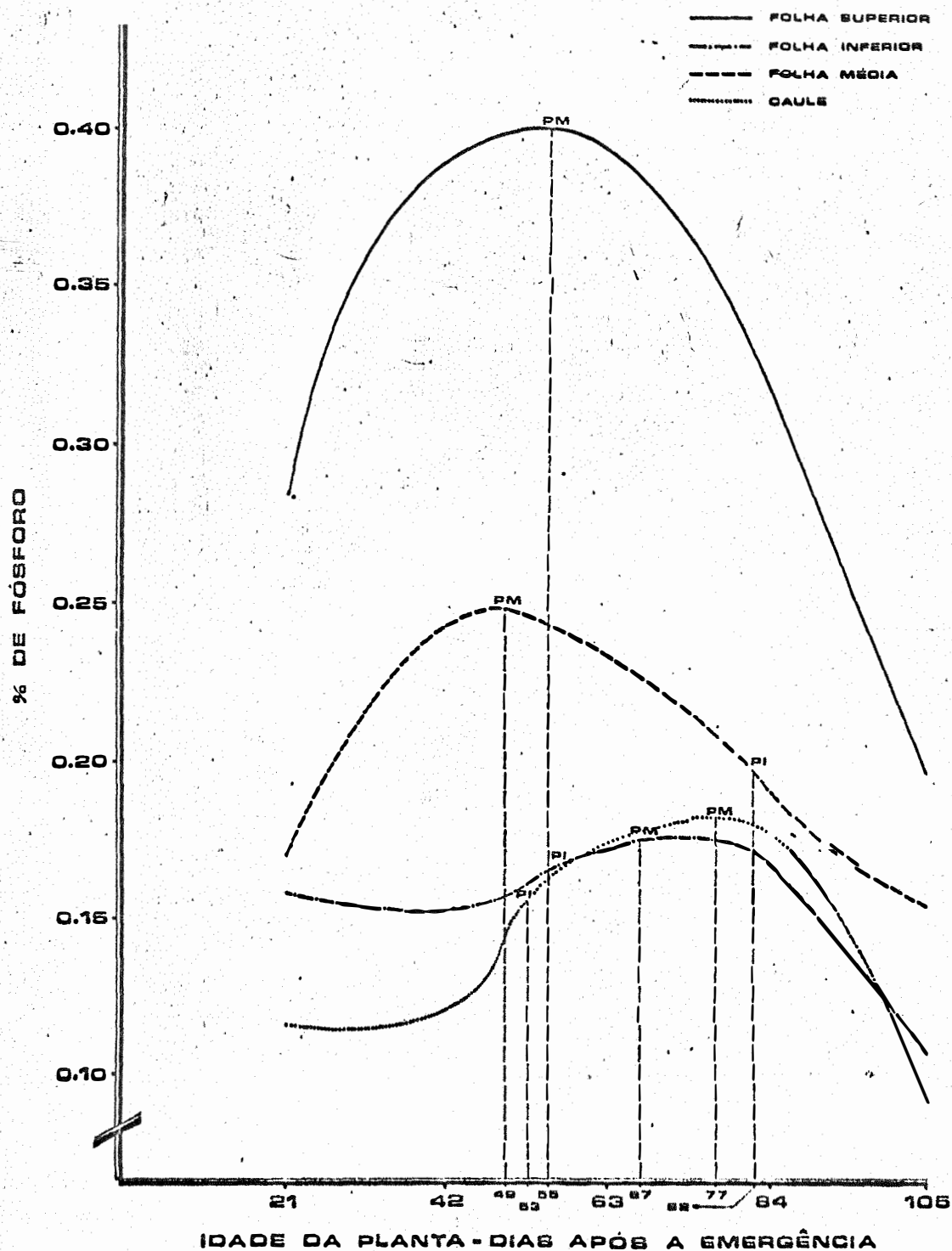


FIGURA 3. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de fósforo nas partes da planta, em função da dose zero de fósforo e da idade da planta.

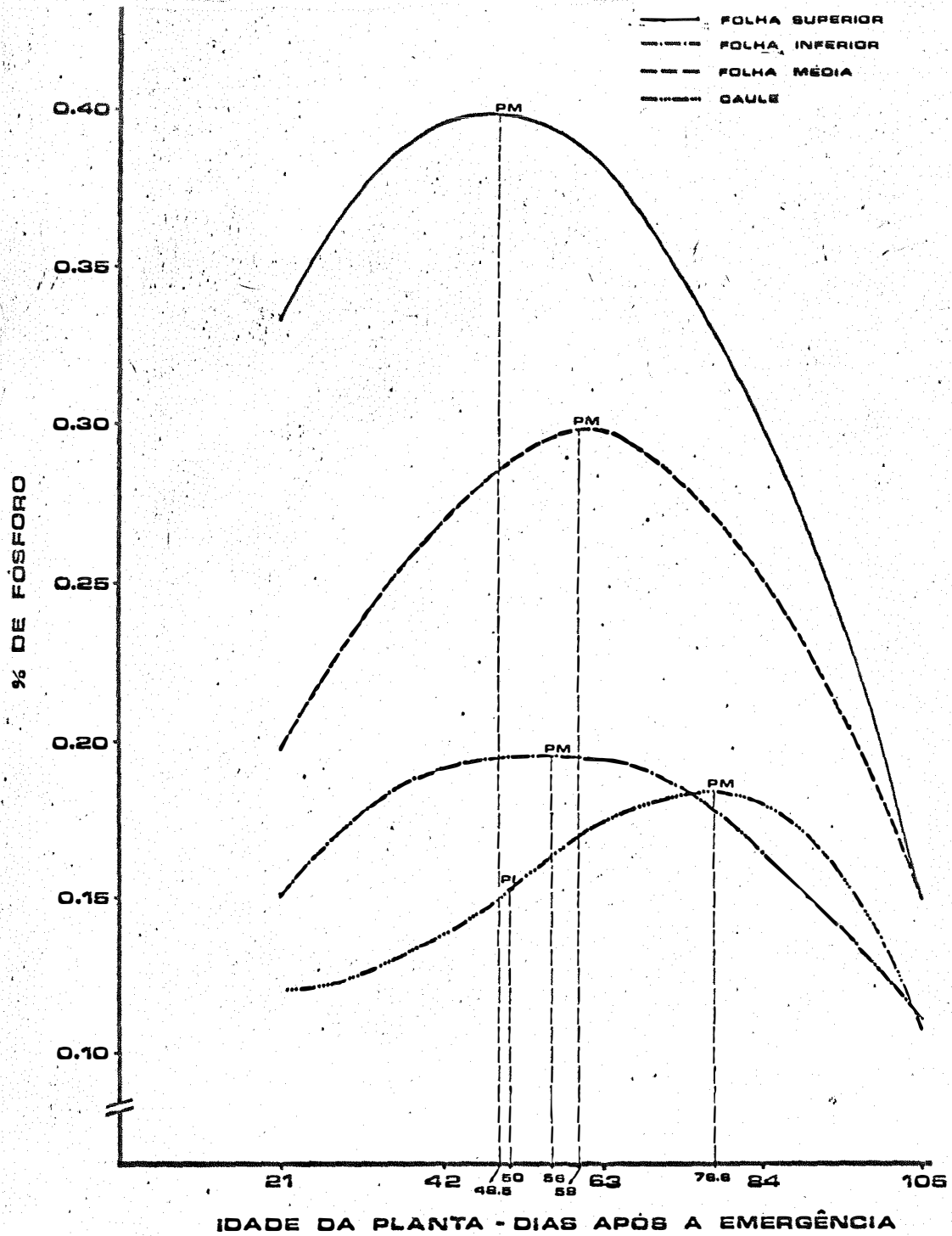


FIGURA 4. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de fósforo nas partes da planta, em função da idade na dose de 60 kg de P_2O_5 /ha.

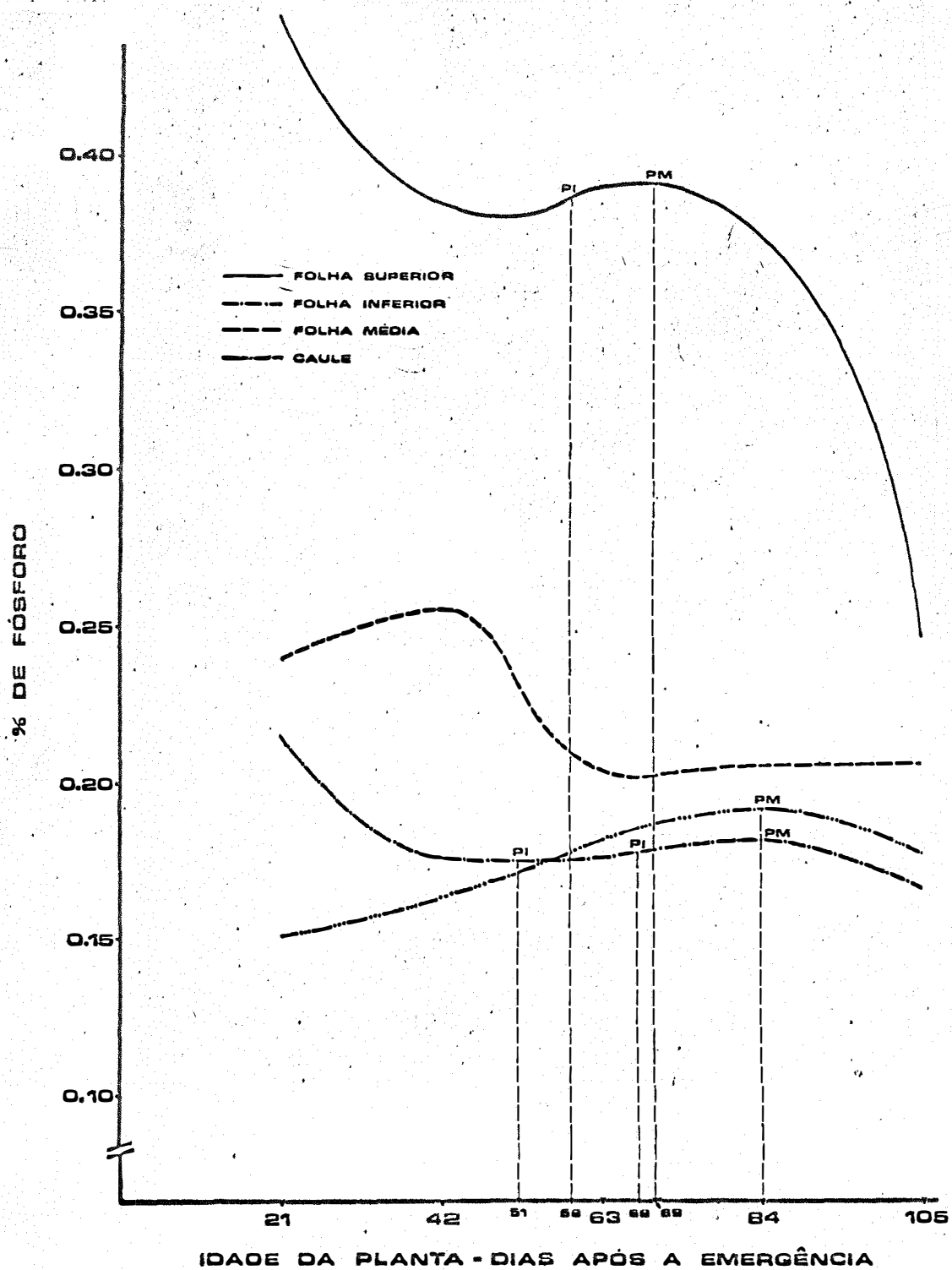


FIGURA 5. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de fósforo nas partes da planta, em função da idade na dose de 120 kg de P_2O_5 /ha.

TABELA 29. Equações representativas, e coeficientes de determinação das concentrações de fósforo em função da idade, nas diversas partes das plantas sob três níveis de fósforo aplicados ao solo:

Kg/P ₂ O ₅ ha	Partes	Equações	R ² %
0	F.superior	$\hat{Y}=0,24723+9,41612 \cdot 10^{-3}x-8,53093 \cdot 10^{-5}x^2$	96,82
	F.médias	$\hat{Y}=-2,32400 \cdot 10^{-2}+1,27753 \cdot 10^{-2}x-1,84297 \cdot 10^{-4}x^2+7,49559 \cdot 10^{-7}x^3$	99,43
	F.inferior	$\hat{Y}=0,22332-4,15748 \cdot 10^{-3}x+7,94622 \cdot 10^{-5}x^2-44,80509 \cdot 10^{-7}x^3$	99,99
	Caules	$\hat{Y}=0,19052-6,16678 \cdot 10^{-3}x+1,47594 \cdot 10^{-4}x^2-9,29525 \cdot 10^{-7}x^3$	98,14
60	F.superior	$\hat{Y}=0,21533+7,54006 \cdot 10^{-3}x-7,77291 \cdot 10^{-5}x^2$	91,03
	F.médias	$\hat{Y}=5,59399 \cdot 10^{-2}+8,27190 \cdot 10^{-3}x-7,01814 \cdot 10^{-5}x^2$	85,82
	F.inferior	$\hat{Y}=8,93399 \cdot 10^{-2}+3,68693 \cdot 10^{-3}x-3,29122 \cdot 10^{-5}x^2$	81,064
	Caules	$\hat{Y}=0,17527-5,00464 \cdot 10^{-3}x+1,36192 \cdot 10^{-4}x^2-9,000730 \cdot 10^{-7}x^3$	93,72
120	F.superior	$\hat{Y}=0,66240-1,53934 \cdot 10^{-2}x+2,76012 \cdot 10^{-4}x^2-1,589 \cdot 10^{-6}x^3$	95,50
	F.médias	$\hat{Y}=0,278899+4,34861 \cdot 10^{-2}x-1,1819 \cdot 10^{-3}x^2+1,27838 \cdot 10^{-5}x^3-4,775553 \cdot 10^{-8}x^4$	99,99
	F.inferior	$\hat{Y}=0,32734-7,46950 \cdot 10^{-3}x+1,11645 \cdot 10^{-4}x^2-5,70492 \cdot 10^{-7}x^3$	99,99
	Caules	$\hat{Y}=0,16408-1,43786 \cdot 10^{-3}x+4,65338 \cdot 10^{-5}x^2-3,00543 \cdot 10^{-7}x^3$	85,54

Foram estimados também os pontos de máxima, mínima e inflexão das concentrações de fósforo nas diferentes partes da planta, em função da idade da mesma. Os valores estão apresentados na tabela 30.

TABELA 30. Pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de fósforo nas diferentes partes, em função da idade da planta:

kg/P ₂ O ₅ ha	Partes	MÁXIMA		MÍNIMO		INFLEXÃO	
		Idade* da Planta	%P	Idade da Planta	%P	Idade da Planta	%P
0	Fls. superiores	55,18	0,40	---,--	-,--	---,--	-,--
	Fls. médias	49,77	0,24	114,14	0,14	81,95	0,19
	Fls. inferiores	67,55	0,15	42,69	0,15	55,12	0,15
	Caules	77,21	0,16	16,63	0,11	52,92	0,13
60	Fls. superiores	48,50	0,39	---,--	-,--	---,--	-,--
	Fls. médias	58,93	0,30	---,--	-,--	---,--	-,--
	Fls. inferiores	56,01	0,19	23,04	0,15	---,--	-,--
	Caules	24,16	0,18	24,16	0,12	50,40	0,15
120	Fls. superiores	68,99	0,39	46,80	0,38	57,89	0,39
	Fls. médias	--,--	-,--	--,--	-,--	--,--	-,--
	Fls. inferiores	84,34	0,18	--,--	-,--	68,04	0,18
	Caules	84,30	0,19	--,--	-,--	51,61	0,17

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

Pelas figuras 3, 4 e 5 observa-se que as curvas de acúmulo de fósforo nas folhas superiores das plantas que receberam a dose zero de fósforo, e as que receberam 60kg de P_2O_5 /ha, foram semelhantes. As plantas que não receberam fósforo tinham, aos 21 dias, 0,30% de fósforo; enquanto as que receberam 60kg de P_2O_5 /ha, apresentaram 0,35%. O ponto de máxima concentração para as plantas que receberam 60 kg de P_2O_5 /ha, ocorreu aos 48,5 dias de idade com 0,40% de fósforo; enquanto as que não receberam fósforo, mostraram teor semelhante aos 55 dias de idade. Esta diferença de 7 dias, deve provavelmente a maior disponibilidade de fósforo no solo, fornecido pelo adubo. A partir deste período, a concentração de fósforo nas folhas superiores da planta decrescem até o final do ciclo. A absorção do fósforo pelas folhas superiores das plantas que receberam 120 quilos de P_2O_5 , mostrou-se diferente das anteriores: Observa-se uma concentração de 0,45% de fósforo, aos 21 dias de idade, mostrando a absorção e transporte do fósforo para os tecimeristemáticos, tecidos meristemático em função da quantidade de fósforo aplicado ao solo, no período da emergência da planta até os 31 dias. Esse teor decresce para 0,37%, aos 42 dias, provavelmente por efeito de diluição. McALISTER e KROBER (1951) dizem que 92% do fósforo dos cotilédones é translocado para as plantas nos primeiros dias do seu crescimento. No presente trabalho, o fósforo proveniente dos cotilédones, é acrescido por absorção do fósforo disponível no solo, através das raízes. ISLAM (1964) verificou que a aplicação de 20kg de P_2O_5 na forma super fosfato triplo aumentava significativamente o teor de fósforo no tecido. HANWAY e WEBER (1971) verificaram em plantas adubadas com fósforo, que o teor do mesmo nas folhas, pecíolos e caules aumentava no início do crescimento (plantas com três folhas trifolioladas) e depois diminuía gradualmente até o fim do ciclo.

As folhas médias das plantas dos tratamentos sem aplicação de fósforo e 60 kg de P_2O_5 /ha, tiveram comportamento semelhante em termo de absorção de fósforo. As folhas médias de ambos os níveis de fósforo no solo, mostraram aumento de concen

tração a partir dos 21 dias de idade, chegando as folhas de plantas não tratadas, ao ponto máximo-aos 49 dias de idade com um teor de fósforo de 0,24%; enquanto que as plantas que receberam 60 kg de P_2O_5 /ha, atingiram o ponto de máxima concentração aos 49 dias de idade com um teor de 0,30%. Isto se deve provavelmente a maior disponibilidade de fósforo no solo provocada pela adição de 60 kg. de P_2O_5 /ha. A partir do ponto de máximo teor de fósforo decresce até o final do ciclo, de maneira mais acentuada para as folhas médias das plantas que receberam 60 kg de P_2O_5 /ha.

No caso das folhas médias de plantas que receberam 120 kg de P_2O_5 /ha, observa-se um comportamento contrário ao das folhas superiores, conforme figura 5, ve-se que estes órgãos funcionam como armazenadores transitórios do fósforo absorvido. Ocorre um acréscimo no fósforo absorvido a partir dos 21 dias de idade, com concomitante decréscimo nas folhas superiores em igual período. Após esta idade (21 dias) esse teor de cresce na folha média coincidindo com um acréscimo de concentração nas folhas superiores. A figura 5 também mostra que enquanto nas folhas superiores ocorre um decréscimo constante de fósforo a partir dos 69 dias de idade, as folhas médias aumentam e estabilizam sua concentração de fósforo até o fim do ciclo.

As folhas inferiores, comportam-se diferentemente em termo de concentração de fósforo em função, das doses do elemento aplicados ao solo, como se observa nas figura 3, 4 e 5. Não é importante discutir maiores detalhes sobre a concentração de fósforo nas folhas inferiores, uma vez, que esses órgãos absorvem e translocam rapidamente o fósforo para as demais partes da planta.

As curvas de absorção de fósforo pelos caules (hastes) em função das três doses de fósforo aplicada ao solo, seguiu a mesma tendencia em todo o ciclo da planta. Isto é, ocorreu um leve acréscimo na concentração no período de 21 a 42 dias

de idade da planta e a partir desse ponto, a concentração, aumenta, alcançando maiores acréscimos por volta dos 50 dias (ver pontos de inflexão), chegando ao ponto de máximo teor em torno de 80 dias; decrescendo até o fim do ciclo. Convém salientar que também nos caules (hastes) a concentração de fósforo acompanhou as doses de fósforo adicionadas ao solo. HANWAY e WEBER (1971) encontraram em plantas adubadas com fósforo, uma maior concentração do mesmo no estágio em que a planta continha três folhas trifolioladas bem desenvolvidas. A partir desse ponto, segundo os autores, o teor de fósforo decrescia até o final do ciclo. Entretanto, os resultados do trabalho aqui apresentado concordam com HANWAY e WEBER (1971) somente no período inicial do desenvolvimento da planta (42 dias de idade). A partir desse ponto os resultados aqui apresentados mostram que a concentração de fósforo nos caules aumenta gradativamente até os 80 dias, de crescendo somente a partir desse ponto.

4.4.3. Concentração de Potássio

As médias das concentrações de potássio, em função da idade da planta e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta, aparecem na tabela 31.

TABELA 31. Concentrações de potássio em função da idade da planta e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta. (Média de três repetições):

kg de P_2O_5 /ha	Idade da* Planta	Folha Superior	Folha média	Folha Inferior	Caule
0	21	2,12	1,83	1,76	1,74
	42	2,16	1,15	1,65	1,53
	63	2,04	1,74	1,23	1,69
	84	1,83	1,49	1,23	1,32
	105	1,33	1,20	1,05	1,72
60	21	2,33	1,83	1,73	1,86
	42	2,45	2,10	1,78	1,92
	63	2,04	1,90	1,58	1,86
	84	1,79	1,58	1,43	1,59
	105	1,31	1,44	1,11	0,96
120	21	2,24	2,01	1,91	2,09
	42	2,35	2,36	1,83	2,10
	63	2,18	2,02	1,63	2,01
	84	1,84	1,56	1,48	1,59
	105	1,52	1,10	1,46	1,21

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

A análise estatística dos resultados obtidos po
de ser observada na tabela 32:

TABELA 32. Análise da variância das concentrações de potássio em função da idade e doses de fósforo aplicadas, nas partes da planta de soja:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	16,42280	4,10570	55,6237**
(b) Tratamentos	2	1,64634	0,82317	11,1522**
(c) Partes	3	5,05643	1,68547	22,8347**
(a)x(b)	8	0,11621	0,01452	0,1968
(a)x(c)	12	1,41027	0,11752	1,5921
(b)x(c)	6	0,39199	0,06533	0,8851
Tratamentos	35	25,04398	0,43812	5,9357
Blocos	2	0,75645	0,37822	5,1241
Resíduo	142	5,55485	0,07381	
Total	179	31.35529		

C.V. % = 15,81

Com os resultados obtidos foi elaborado uma análise de regressão da concentração de potássio nas folhas superiores, médias, inferiores e caules, em função da idade.

As equações representativas das concentrações de potássio aparecem na tabela 33.

TABELA 33. Equações representativas, e coeficientes de determinação das concentrações de potássio em função da idade, nas diversas partes da planta:

P a r t e s	E q u a ç õ e s	R ² %
F. superiores	$\hat{Y}=2,08600+1,16296.10^{-2}x-1,74732.10^{-4}x^2$	99,16
F. médias	$\hat{Y}=0,74725+8,09706.10^{-2}x-1,37760.10^{-3}x^2+6,21873.10^{-6}x^3$	98,20
F. inferiores	$\hat{Y}=1,99405-7,41238.10^{-3}x$	96,67
Caules	$\hat{Y}=1,61054+1,67922.10^{-2}x-2,16877.10^{-4}x^2$	98,40

Calculou-se, também através das médias estimadas, os pontos de máxima, mínima e inflexão das concentrações de potássio em função da idade, nas diversas partes da planta, conforme mostra a tabela 34.

TABELA 34. Pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de potássio, em função da idade da planta.

Partes da Planta	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
	Idade da Planta	%K	Idade da Planta	%K	Idade da Planta	%K
Folhas superiores	33,27	2,27	---	---	---	1,71
Folhas médias	40,48	2,18	107,19	1,25	73,84	1,71
Folhas inferiores	--,--	--,--	---	---	---	--,--
Caules	38,71	1,93	---	---	---	--,--

*DIAS APÓS EMERGÊNCIA

As curvas representativas encontradas estão na figura 6.

Pela figura 6, observa-se que as folhas superiores, médias e os caules aumentaram a concentração de potássio a partir dos 21 dias de idade. Ela atingiu o ponto de máxima na faixa de 30 a 40 dias de idade da planta. E, a partir desse ponto, os teores de potássio decrescem até o fim do ciclo. HAMMOND *et alli* (1951) relata que a absorção de nutrientes, inclusive o potássio, é rápida nos primeiros dias do crescimento, provocando uma alta concentração na planta, que decresce com a idade da mesma. Diz o autor que esse processo começa bem antes da translocação do nutriente para as sementes. As folhas do terço inferior mostraram maior concentração de potássio aos 21 dias de idade, decrescendo linearmente até o fim do ciclo. Os dados confirmam a alta mobilidade de potássio na planta. No presente trabalho, não se constatou o efeito das doses de potássio aplicados ao solo, provavelmente, devido a boa disponibilidade do elemento no solo (em torno de 110

ppm). Em solo com teor baixo de potássio disponível, HANWAY e WEBER (1971) verificaram que a adubação potássica provocou aumentos na concentração em todas as partes da planta e em todos os estádios do desenvolvimento.

4.4.4. Concentração de Cálcio

As médias das concentrações de cálcio em função da idade da planta e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta, aparecem na tabela 35.

TABELA 35. Concentrações de cálcio em função da idade da planta e das doses de fósforo aplicadas nas partes da planta (Média de três repetições):

kg de P_{205} /ha	Idade* da Planta	% de cálcio			
		F.superior	F.média	F.inferior	caule
0	21	1,03	1,38	1,63	0,91
	42	0,94	1,17	1,79	0,85
	63	0,91	1,00	1,76	0,68
	84	0,99	1,20	1,50	0,70
	105	1,70	1,66	1,62	0,57
60	21	1,02	1,44	1,56	0,89
	42	0,94	1,23	1,96	0,77
	63	0,91	1,05	1,42	0,63
	84	1,06	0,88	1,40	0,53
	105	1,17	1,46	1,59	0,47
120	21	1,00	1,52	1,77	0,93
	42	0,89	1,26	1,94	0,88
	63	0,88	1,20	1,57	0,62
	84	1,06	1,08	1,35	1,73
	105	1,72	1,44	1,42	1,53

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

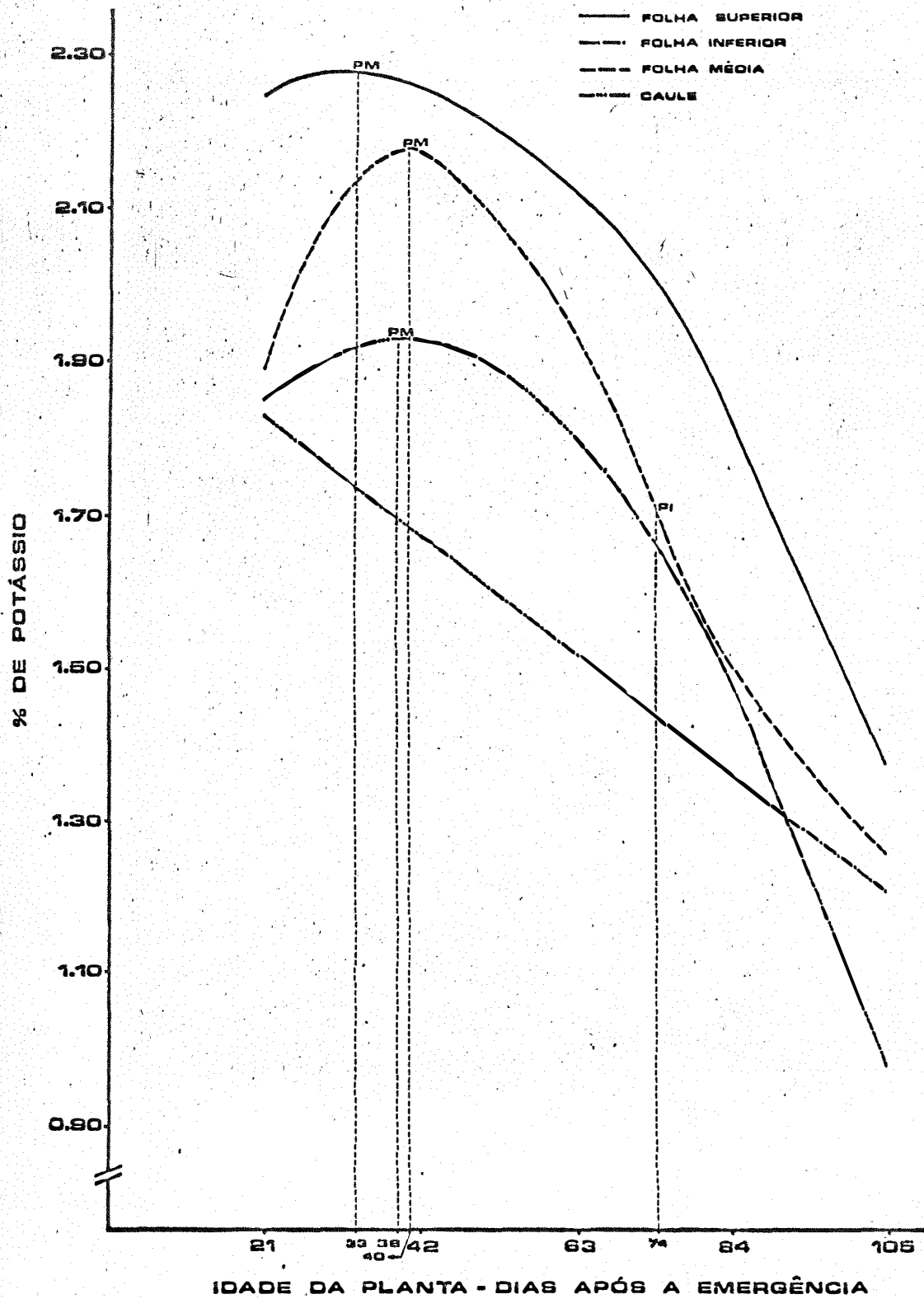


FIGURA 6.- Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de potássio nas partes da planta em função da idade.

A análise estatística dos resultados pode ser observada na tabela 36.

TABELA 36- Análise da variância das concentrações de cálcio em função da idade e doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta de soja:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	1,86887	0,46721	26,1227**
(b) Tratamentos	2	0,22802	0,11431	6,3914**
(c) Partes	3	19,25538	6,41846	358,8648**
(a)x(b)	8	0,27037	0,03379	1,8896
(a)x(c)	12	4,12554	0,34379	19,2202**
(b)x(c)	6	0,03013	0,00502	0,2808
Tratamentos	59	26,71964	0,45287	25,3208**
Blocos	2	0,22104	0,11052	6,1794**
Resíduo	118	2,11048	0,01788	
Total	179			

C.V.* 11,39

Os pontos de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de cálcio em função da idade, nas partes da planta foram estimadas através de regressão e aparecem na tabela 37 e 38 bem como na Figura 7.

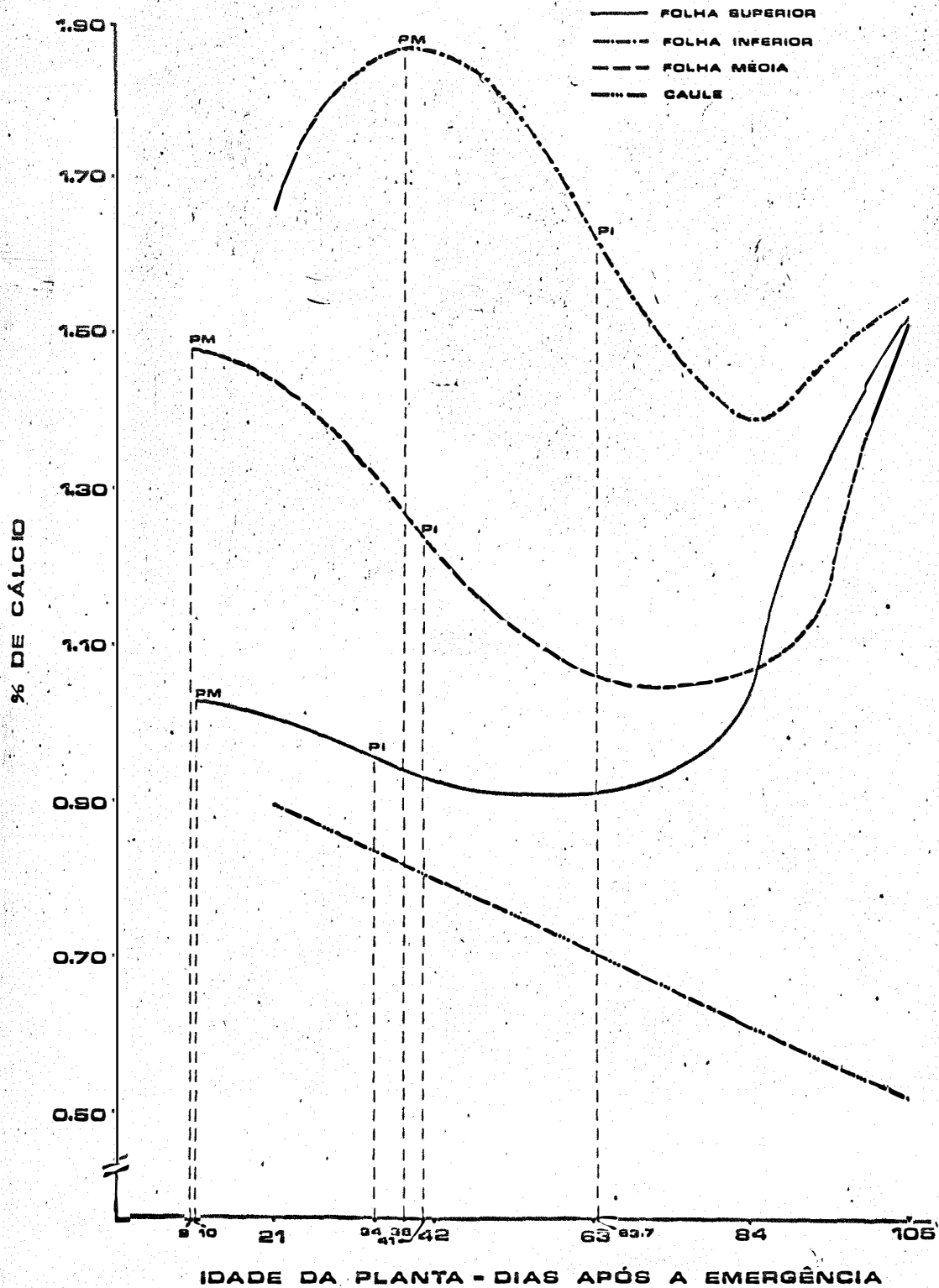


FIGURA 7.- Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de cálcio nas partes da planta em função da idade.

TABELA 37. Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão das concentrações de cálcio em função da idade nas partes da planta:

Partes da Planta	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
	Idade da Planta*	% Ca	Idade da Planta	% Ca	Idade da Planta	% Ca
F. superiores	10,34	1,03	58,90	0,89	34,62	0,96
F. médias	9,85	1,48	72,51	1,02	41,18	1,25
F. inferiores	38,30	1,87	89,14	1,37	63,72	1,62
Caules	--,--	--,--	--,--	--,--	--,--	--,--

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

TABELA 38. Equações representativas, e coeficientes de determinação da concentração de cálcio em função da idade e partes da planta:

Partes	Equações	R ² %
Fls. superiores	$\hat{Y}=1,01483+4,62199.10^{-3}x-2,62633.10^{-4}x^2+2,52852.10^{-6}x^3$	99,93
Fls. médias	$\hat{Y}=1,44443+7,91224.10^{-3}x-4,55996.10^{-4}x^2+3,69020.10^{-6}x^3$	98,97
Fls. inferiores	$\hat{Y}=0,59350+7,82420.10^{-2}x-1,46026.10^{-3}x^2+7,3866.10^{-6}x^3$	96,58
Caules	$\hat{Y}=1,00240-4,55047.10^{-3}x$	93,18

A literatura não aponta muitos estudos feitos em relação a concentração de cálcio na soja cultivada em condições de campo. Este fato, talvez, esteja associado à abundância de cálcio encontrado no solo, devido principalmente ao uso corrente da correção do mesmo com calcário. A maior concentração de cálcio foi encontrado nas folhas inferiores das plantas, que mostraram o seguinte comportamento em relação a concentração de cálcio. A partir dos 21 dias de idade ocorreu um acréscimo na concentração até atingir o ponto de máxima aos 38 dias com um teor de 1,87%. Depois desse período a concentração de cálcio começa a cair continuamente, provavelmente por efeito de diluição até os 84 dias de idade, quando então, torna a aumentar, talvez por diminuição do crescimento, até os 105 dias (época da última amostragem). As folhas médias apresentaram o ponto de máxima concentração de cálcio (1,48%) aos 9,85 dias de idade da planta. Após este período, o teor de cálcio decresce até aos 84 dias de idade aumentando consideravelmente até aos 105 dias provavelmente pela mesma razão apresentada anteriormente. As folhas superiores apresentaram concentrações de cálcio semelhantes até os 87 dias. O ponto de máxima concentração de cálcio nestas situou-se aos 10 dias de idade, com 1,03%. A partir desse ponto, esse teor começa a decrescer até 60 dias de idade sendo que após esse período a concentração chega a 1,53% aos 105 dias.

De todas as partes consideradas, os caules mostraram a menor concentração de cálcio em todo o ciclo da planta. A maior concentração apareceu aos 21 dias de idade, decrescendo continuamente até os 105 dias de idade da planta. HENDERSON e KAMPRATH (1970) verificaram, considerando a planta inteira, que maior acúmulo de cálcio nas partes vegetativa da planta, estava em torno de 110-120 dias o plantio. Os resultados apresentados concordam com os dos autores acima citados.

4.4.5. Concentração de Magnésio

As médias das concentrações de magnésio em função da idade da planta e doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta, aparecem na tabela 39.

TABELA 39. Concentrações de magnésio em função da idade e das doses de fósforo, nas partes da planta (Médias de três repetições):

kg de P_2O_5 /ha	Idade da Planta*	% magnésio			
		Folhas Superiores	Folhas Médias	Folhas Inferiores	Caules
0	21	0,58	0,63	0,69	0,60
	42	0,56	0,62	0,81	0,58
	63	0,60	0,55	0,65	0,45
	84	0,47	0,44	0,47	0,48
	105	0,63	0,56	0,64	0,51
60	21	0,63	0,56	0,64	0,51
	42	0,56	0,62	0,66	0,55
	63	0,56	0,62	0,66	0,51
	84	0,43	0,36	0,42	0,40
	105	0,50	0,54	0,64	0,84
120	21	0,62	0,79	0,79	0,61
	42	0,53	0,64	0,77	0,51
	63	0,49	0,47	0,52	0,38
	84	0,48	0,40	0,41	0,38
	105	0,50	0,52	0,49	0,48

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

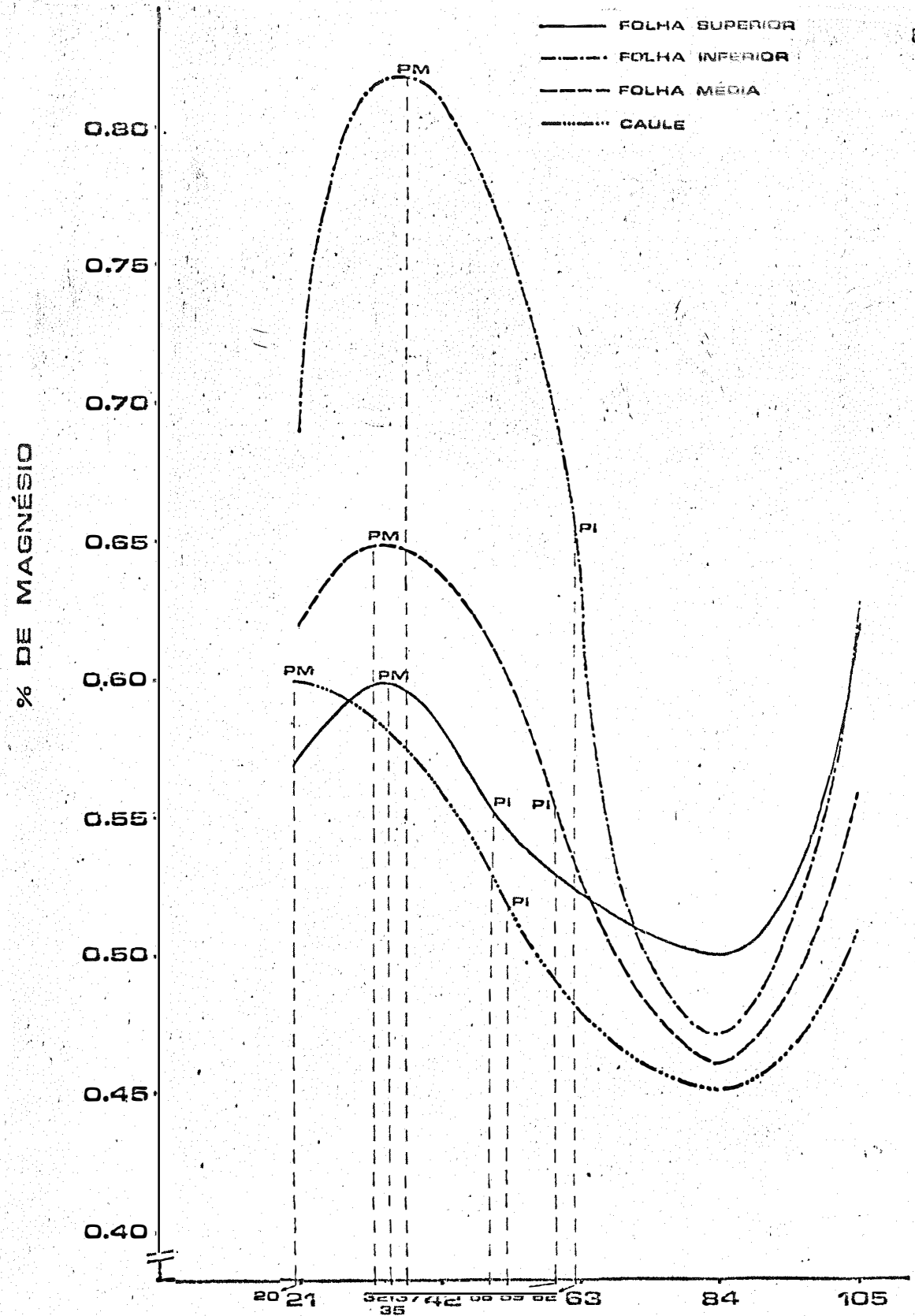
A análise estatística dos resultados obtidos aparece na tabela 40.

TABELA 40. Análise da variância das concentrações de magnésio em função da idade, doses de fósforo aplicadas e partes da planta de soja:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	1,28021	0,32005	35,0662**
(b) Tratamentos	2	0,04404	0,02202	2,4129
(c) Partes	3	0,39380	0,13126	14,3820**
(a)x(b)	8	0,16332	0,02041	2,2368*
(a)x(c)	12	0,24325	0,02027	2,2209**
(b)x(c)	6	0,02037	0,00339	0,3719
Tratamentos	35	2,14500	0,00339	4,1269**
Blocos	2	0,08942	0,04471	4,8989**
Resíduo	142	0,77394	0,00912	
Total	179	3,00873		

C.V. % = 16,93

Os pontos de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de magnésio em função da idade, nas partes da planta, foram estimadas através de regressão e aparecem nas tabelas 41 e 42, bem como nas figuras 8, 9 e 10.



IDADE DA PLANTA - DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

FIGURA 8. Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de magnésio nas partes da planta em função da idade na dose zero de fósforo.

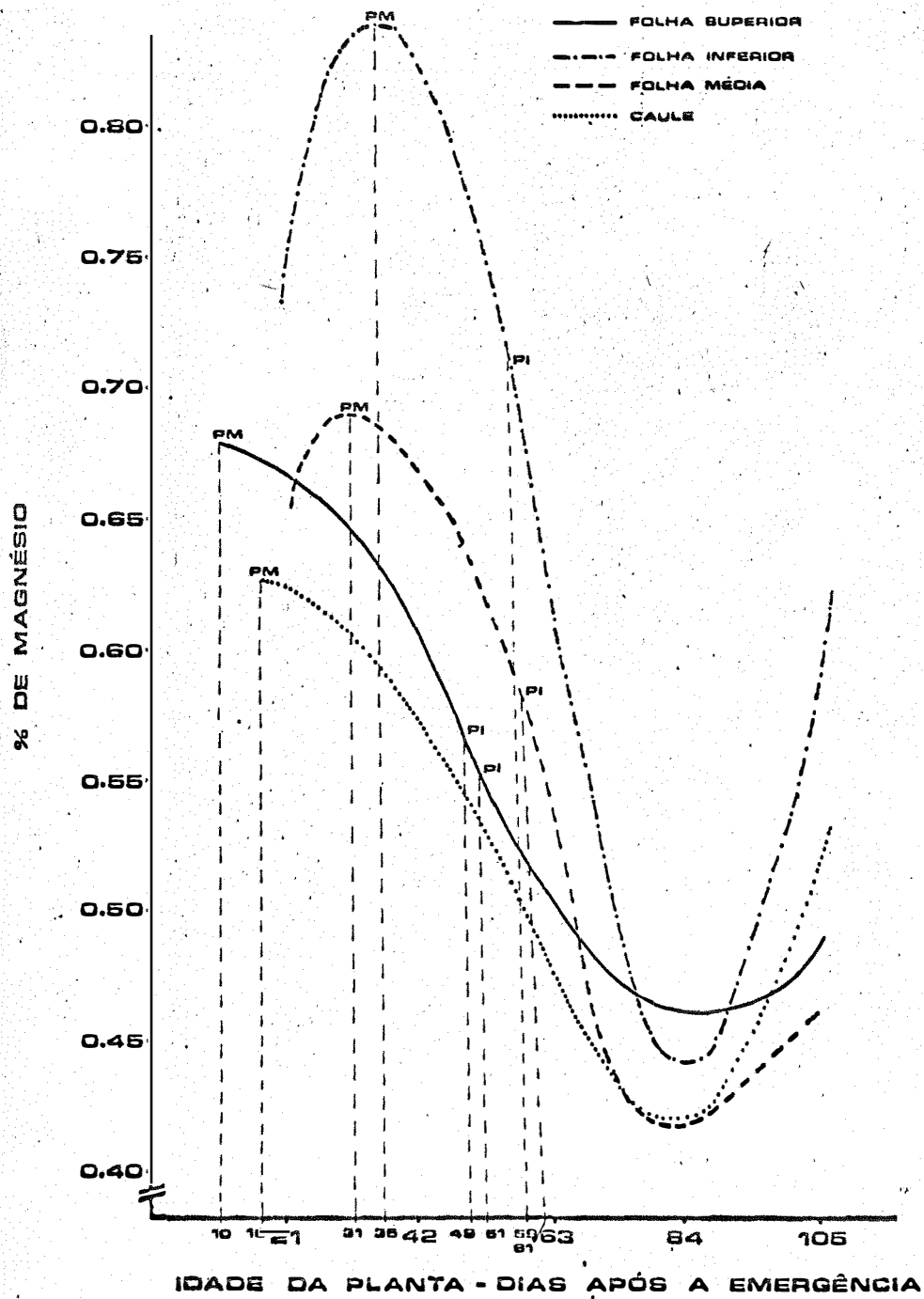


FIGURA 9.- Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de magnésio nas partes da planta em função da idade na dose de 60 kg de P_2O_5 /ha

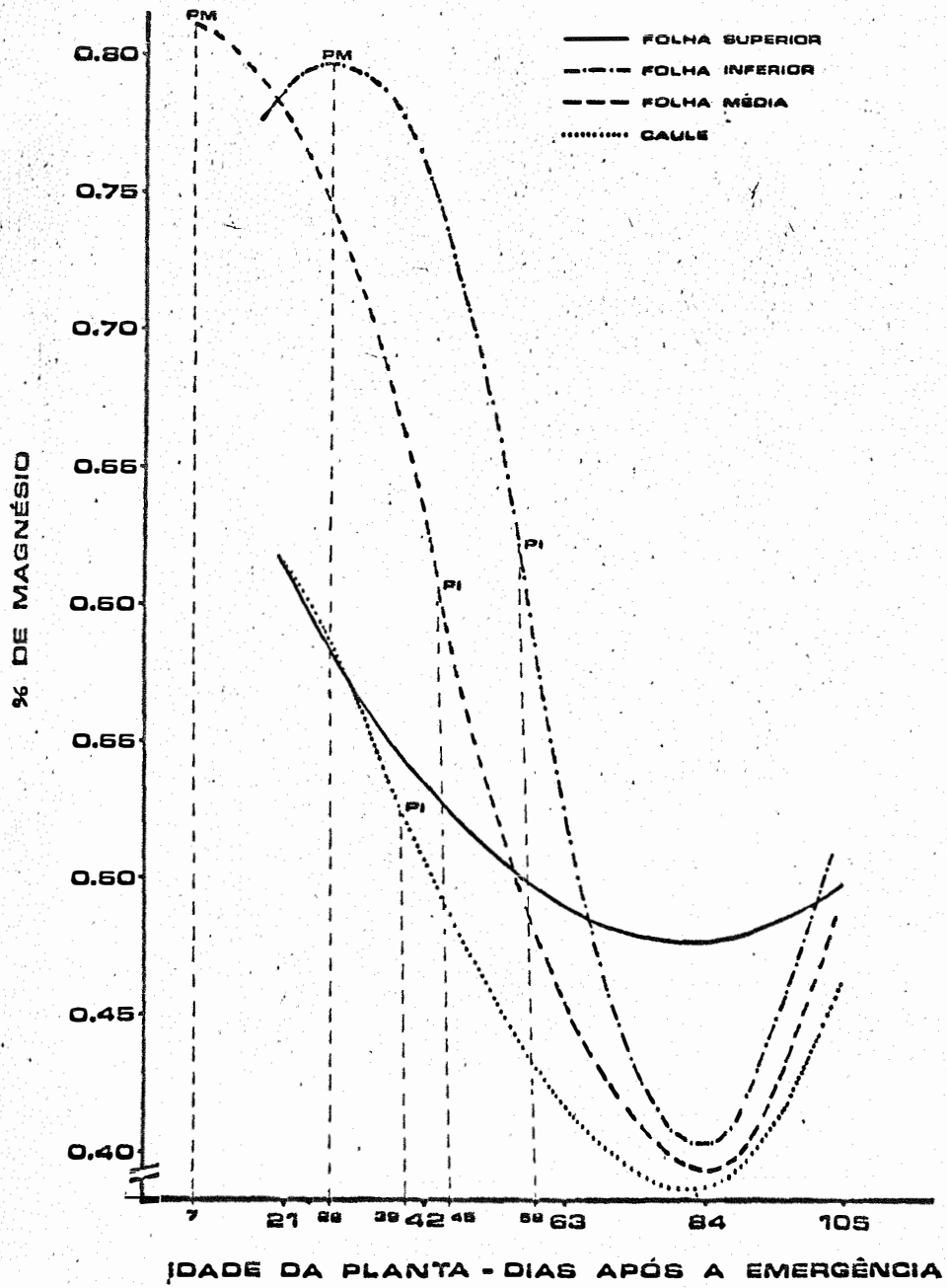


FIGURA 10.- Pontos de máxima e de inflexão das concentrações de magnésio nas partes da planta em função da idade na dose de 120 kg de P_2O_5/ha

TABELA 41. Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão das concentrações de magnésio, em função da idade e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta:

kg/P ₂ O ₅ ha	Partes	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
		Idade da Planta	*%Mg	Idade da Planta	%Mg	Idade da Planta	%Mg
0	Folhas superiores	--,--	-,--	--,--	-,--	--,--	-,--
	Folhas médias	32,25	0,65	85,45	0,45	58,90	0,55
	Folhas inferiores	37,02	0,82	87,17	0,47	62,10	0,65
	Caules	19,71	0,60	83,19	0,45	51,45	0,52
60	Folhas superiores	9,80	0,68	88,97	0,46	49,39	0,57
	Folhas médias	31,46	0,70	87,06	0,41	59,26	0,56
	Folhas inferiores	35,28	0,85	86,75	0,44	61,01	0,64
	Caules	16,09	0,63	86,86	0,42	51,47	0,53
120	Folhas superiores	--,--	-,--	--,--	-,--	--,--	-,--
	Folhas médias	6,76	0,83	83,25	0,40	45,01	0,61
	Folhas inferiores	28,24	0,81	88,84	0,38	51,54	0,60
	Caules	--,--	-,--	79,33	0,37	38,99	0,52

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

As equações representativas das concentrações de magnésio aparecem na tabela 42.

TABELA 42. Equações representativas e coeficientes de determinação das concentrações de magnésio em função da idade e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta:

kg/P ₂ O ₅ ha	Partes	Equações	R ² %
0	Fls. super.	$\hat{Y}=0,33939+1,79002 \cdot 10^{-2}x-3,65427 \cdot 10^{-4}x^2+2,09930 \cdot 10^{-6}x^3$	55,16
	Fls. médias	$\hat{Y}=0,34812+2,18896 \cdot 10^{-2}x+4,66383 \cdot 10^{-4}x^2+2,63920 \cdot 10^{-6}x^3$	96,27
	Fls. infer.	$\hat{Y}=3,68000 \cdot 10^{-2}+5,43176 \cdot 10^{-2}x-1,04507 \cdot 10^{-3}x^2+5,60954 \cdot 10^{-6}x^3$	99,68
	Caules	$\hat{Y}=0,55168+5,90170x-1,85309 \cdot 10^{-3}x^2+1,20037 \cdot 10^{-6}x^3$	87,90
60	Fls. super.	$\hat{Y}=0,674554+2,25555 \cdot 10^{-3}x-1,33333 \cdot 10^{-4}x^2+8,99830 \cdot 10^{-7}x^3$	89,74
	Fls. médias	$\hat{Y}=0,32415+2,73568 \cdot 10^{-2}x-5,91796 \cdot 10^{-4}x^2+3,32847 \cdot 10^{-6}x^3$	75,38
	Fls. infer.	$\hat{Y}=1,24599 \cdot 10^{-2}+5,50978 \cdot 10^{-2}x-1,09836 \cdot 10^{-3}x^2+6,00007 \cdot 10^{-6}x^3$	97,18
	Caules	$\hat{Y}=0,59708+4,91077 \cdot 10^{-3}x-1,80790 \cdot 10^{-4}x^2+1,17067 \cdot 10^{-6}x^3$	93,25
120	Fls. super.	$\hat{Y}=0,73713-6,44653 \cdot 10^{-3}x+4,04599 \cdot 10^{-5}x^2$	99,95
	Fls. médias	$\hat{Y}=0,81906+3,24603 \cdot 10^{-3}x-2,59297 \cdot 10^{-4}x^2+1,92023 \cdot 10^{-6}x^3$	99,95
	Fls. infer.	$\hat{Y}=0,44949+2,88969 \cdot 10^{-2}x-6,74182 \cdot 10^{-4}x^2+3,83867 \cdot 10^{-6}x^3$	98,77
	Caules	$\hat{Y}=0,67661-3,75396 \cdot 10^{-4}x-1,36848 \cdot 10^{-4}x^2+1,16978 \cdot 10^{-6}x^3$	98,73

De acordo com as figuras 8, 9 e 10, as folhas inferiores dos três tratamentos com fósforo apresentaram o ponto de máxima concentração entre os 28 e 37 dias de idade da planta (dias após a emergência) com um teor de magnésio de 0,81 a 0,85%. A maior dose de fósforo aplicada, antecipou o ponto de máxima concentração de magnésio nesse tipo de folha em 9 dias. Nota-se que as plantas que receberam 120 kg P_2O_5 /ha continham maior concentração de magnésio na folha inferior no período inicial, havendo uma inversão nessa relação no final do ciclo da planta. WEBB et alli (1954) fizeram uma investigação para verificar o efeito do magnésio no crescimento, na absorção e translocação do fósforo e no conteúdo de cátions em plantas de soja. Verificaram os autores que a omissão do magnésio da solução nutritiva, não retardou a absorção de fósforo, mas deu um efeito significativo no movimento e na locação do fósforo na planta. Assim considerando, no presente trabalho, pode-se dizer que houve um efeito recíproco. TEWARI e MANDAL (1972) encontraram uma correlação positiva entre o conteúdo de fósforo e magnésio nas sementes, e entre a concentração de fósforo nas folhas e caules com os teores de magnésio encontrados na planta nos períodos anteriores à maturação. Ainda no que concerne às folhas do terço inferior, verifica-se que os teores de magnésio depois de atingirem os pontos de máxima concentração, independentemente da dose de fósforo aplicada, decrescem a um teor em torno de 0,4% aos 84 dias de idade da planta. A partir desse ponto a concentração de magnésio aumenta novamente até os 105 dias de idade. Supõe-se que o magnésio no período de decréscimo na concentração, tenha sido translocado para as vagens em formação porque Weeb, citado por OHLROGGE (1960), relata que os maiores teores de magnésio foram encontrados nas vagens e raízes por ocasião da formação de vagens. Ao que parece, a planta recomeça a acumular magnésio a partir dos 84 dias de idade da planta.

As folhas médias sofreram influência das doses de fósforo aplicadas ao solo, nos seus pontos de máxima concentração do magnésio, como se observam nas figuras 9 e 10. É importante notar o comportamento do magnésio nesse tipo de órgão quando submetido a dose de 120 kg de P_2O_5 por hectare, como se vê na figura 10. Neste caso, a concentração de magnésio atingiu o ponto de máxima, dos 6,76 dias de idade, com um teor de 0,83% suplantando o teor apresentado pela folha inferior. Enquanto as doses 0 (zero) e 60 kg de P_2O_5 , provocaram o ponto de máxima concentração aos 31 e 32 dias, com teores de 0,65 e 0,70%, respectivamente. A dose de 120 kg de P_2O_5 , como já foi discutido, antecipou o período de máxima concentração com um teor de magnésio (0,83%) superior aos demais. Presume-se que as plantas desenvolvendo-se em solo bem suprido de fósforo, a absorção de magnésio seja a tal ponto intensa que as folhas médias, como as folhas inferiores, tornam-se armazenadoras de magnésio na planta. Não foi encontrado na literatura consultada o suporte científico para explicar o fenômeno acima discutido.

A partir dos pontos de máxima concentração, independentemente das doses de fósforo aplicadas, os teores de magnésio decrescem continuamente até os 84 dias de idade da planta, comportamento idêntico aos das folhas inferiores. Após esse período os teores aumentam até os 105 dias de idade da planta.

As folhas superiores da planta e os caules foram os órgãos que apresentaram as menores concentrações de magnésio. O comportamento foi semelhante, independentemente das doses de fósforo aplicadas. As folhas superiores tiveram o ponto de máxima concentração em torno dos 9 aos 20 dias de idade, sendo que após esse período, ocorreu um decréscimo na concentração até os 84 dias, a partir do qual os teores aumentaram até os 105 dias de idade da planta. Cumpre salientar que os 84 dias após a emergência das plantas coincide perfeitamente com o ponto de menor concentração de magnésio em todos os tipos de partes estudadas.

No que diz respeito ao aumento na concentração de magnésio após os 84 dias, período de enchimento do grão, HENDERSON e KANPRATH (1970) verificaram que o nitrogênio e magnésio continuaram a acumular-se na planta depois da formação de vagens.

4.4.6. Concentração de Enxofre

As médias das concentrações de enxofre em função da idade da planta, doses de fósforo aplicadas ao solo e partes da planta, estão apresentada na tabela 43.

TABELA 43. Concentrações de enxofre em função da idade e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta (Média de três repetições);

kg/P ₂ O ₅ /ha	Idade da Planta	% de S			
		Folhas Superiores	Folhas Médias	Folhas Inferiores	Caules
0	21	0,23	0,23	0,23	0,17
	42	0,21	0,15	0,14	0,16
	63	0,19	0,17	0,14	0,18
	84	0,14	0,14	0,10	0,22
	105	0,17	0,13	0,13	0,21
60	21	0,22	0,16	0,12	0,17
	42	0,17	0,15	0,11	0,12
	63	0,22	0,19	0,16	0,18
	84	0,16	0,14	0,14	0,23
	105	0,15	0,12	0,15	0,22
120	21	0,13	0,16	0,08	0,14
	42	0,27	0,18	0,12	0,15
	63	0,27	0,18	0,12	0,15
	84	0,13	0,11	0,14	0,23
	105	0,19	0,16	0,12	0,31

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A análise estatística dos resultados obtidos pode ser observada na tabela 43.

TABELA 44. Análise da variância das concentrações de enxofre em função, da idade e doses de fósforo aplicadas, nas partes da planta de soja:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Época	4	0,05987	0,01496	3,6579*
(b) Tratamento	2	0,00065	0,00032	0,0799
(c) Partes	3	0,09398	0,03132	7,6560**
(a)x(b)	8	0,03199	0,00399	0,9773
(a)x(c)	12	0,13528	0,01127	2,7549**
(b)x(c)	6	0,00334	0,00055	0,1364
Tratamentos	35	0,32514	0,00629	1,5387*
Blocos	2	0,01284	0,00642	1,5698
Resíduo	142	0,30130	0,00409	1,5698
Total	179	0,63929		

C.V. % = 36,77

Os pontos de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de enxofre em função da idade, nas partes da planta, foram estimados através da regressão e aparecem nas tabelas 45 e 46, bem como na figura 11.

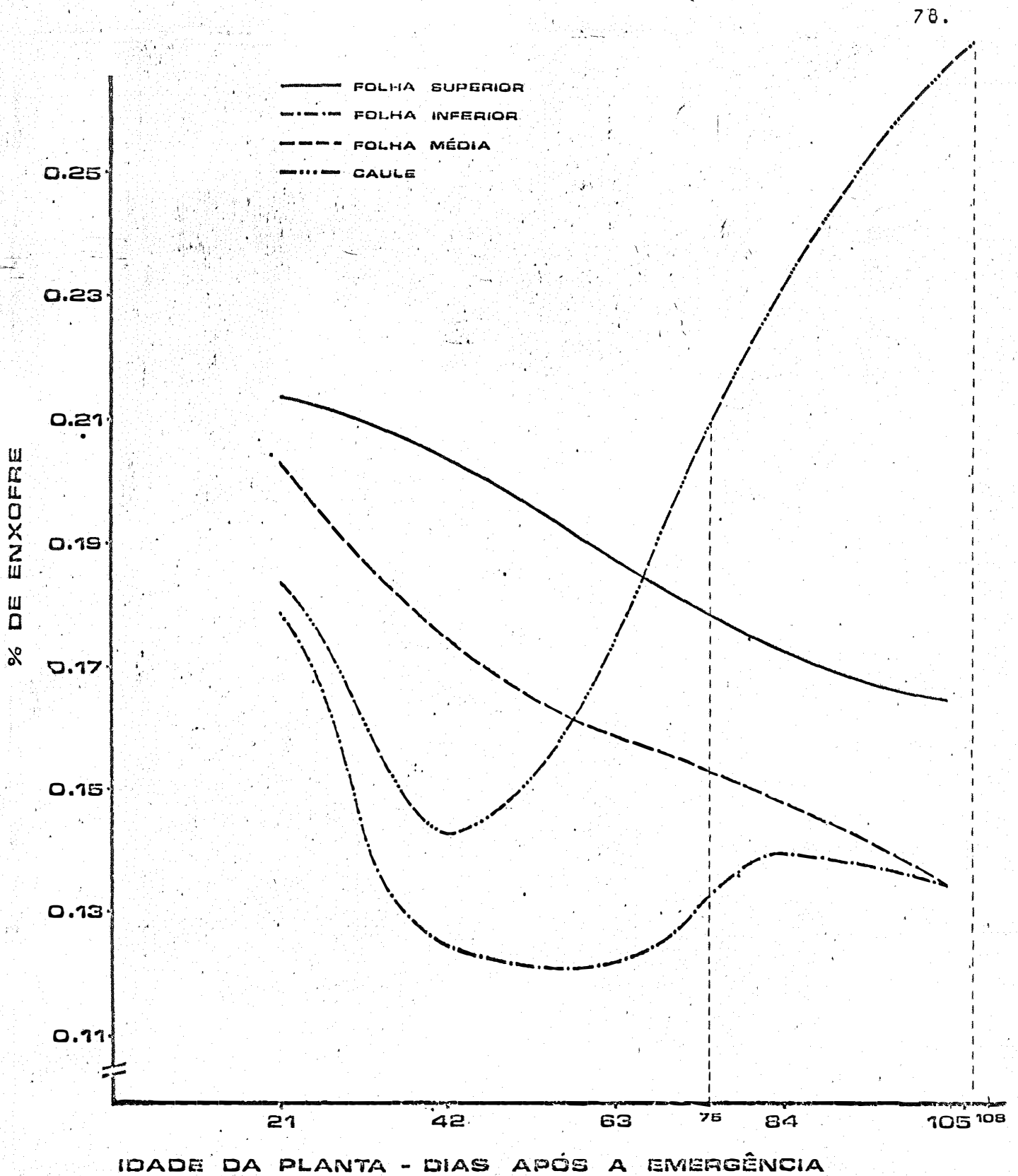


FIGURA 11. Concentrações de enxofre nas partes da planta em função da idade.

Os pontos de máxima, mínima e de inflexão das concentrações de enxofre em função da idade, das partes da planta, foram estimadas através de regressão e aparecem nas tabelas 45 e 46, bem como na figura 11.

TABELA 45.- Equações representativas e coeficiente de determinação das concentrações de enxofre em função da idade e partes da planta:

<u>Partes</u>	<u>Equações</u>	<u>R²%</u>
F. sup.	$\hat{y}=0,21050+5,84807.10^{-4}x-2,22465.10^{-5}x^2+1,19677.10^{-7}x^3$	32,73
F. méd.	$\hat{y}=0,24919-2,68378.10^{-3}x+0,27000.10^{-5}x^2-1,11579.10^{-7}x^3$	71,40
F. inf.	$\hat{y}=0,32348-9,55453.10^{-3}x+1,43189.10^{-4}x^2-6,59576.10^{-7}x^3$	71,15
Caulis	$\hat{y}=0,34270-1,10578.10^{-2}x+1,84774.10^{-4}x^2-8,20645.10^{-7}x^3$	99,99

Os resultados das concentrações de enxofre em função da idade e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas diversas partes da planta, submetidas a análise de regressão, mostraram os seguintes pontos estimados de máxima, mínima e inflexão de acordo com a tabela 46.

TABELA 46.- Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão das concentrações de enxofre, em função da idade e das doses de fósforo aplicadas ao solo, nas partes da planta:

<u>Partes</u>	<u>MÁXIMO</u>		<u>MÍNIMO</u>		<u>INFLEXÃO</u>	
	<u>Idade da planta*</u>	<u>%S</u>	<u>Idade da planta</u>	<u>%S</u>	<u>Idad.Pl.</u>	<u>%S</u>
F. sup.	14,94	0,21	108,97	0,16	61,96	0,18
F. méd.	-	-	-	-	-	-
F. inf.	92,56	0,14	52,16	0,12	72,36	0,18
Caulis	108,83	0,27	41,26	0,14	75,05	0,20

* DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

A concentração de enxofre nas folhas superiores e médias, de acordo com a figura 11, teve o mesmo comportamento no decorrer do ciclo da planta, ou seja, ocorrendo em decréscimo constante das concentrações com a idade da mesma. As concentrações que eram de 0,20 e 0,21 de enxofre aos 21 dias de idade decresceram continuamente para 0,14 e 0,16% aos 105 dias de idade. As concentrações de enxofre nas folhas inferiores decresceram dos 21 até os 42 dias de idade da planta por efeito de diluição. Após uma estabilização da concentração no período 42 a 63 dias, a absorção aumenta a partir dos 72 dias, alcançando a concentração máxima aos 92 dias de idade diminuindo até os 105 dias.

Quanto aos caules (principal + ramo laterais) apresentaram um decréscimo na concentração (0,18%) dos 21 dias até os 42 dias de idade (0,14%), provavelmente por efeito de diluição. A partir desse ponto a concentração de enxofre aumenta até os 108 dias de idade, onde atinge o ponto de máxima. Este comportamento indica que a absorção é contínua até quase o fim do ciclo da planta. MASCARENHAS (1972) verificou que a absorção total de enxofre é crescente até os 120 dias de idade, e desse período em diante o índice de absorção diminui.

4.5. Extração de Macronutriente pela Soja

Os problemas da nutrição mineral da soja têm sido facilitados pelo conhecimento da concentração dos nutrientes em toda a planta ou em partes da mesma. Estas informações possibilitam determinar-se os valores adequados e deficientes dos nutrientes. A extração de nutrientes pela soja em condições de campo segundo de MOODY et alli (1973) tem recebido pouca atenção porque os trabalhos realizados, frequentemente medem o peso da matéria seca e a concentração dos elementos na planta. O conhecimento dos períodos de maior acúmulo com conseqüente maior extração dos nutrientes pela planta de soja, possibilitam uma ótima informação dos problemas nutricionais da cultura em condições de campo.

4.5.1. Nitrogênio

A extração de nitrogênio pelas folhas e caules em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta, está inserida na tabela 47.

TABELA 47. Extração de nitrogênio (mg/planta) pelas folhas e caules em função das doses de fósforo aplicada ao solo e da idade da planta:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Idade da * Planta	N extraído	
		Folhas	mg/planta Caules
0	21	14,44	2,04
	42	98,33	9,98
	63	257,07	72,65
	84	399,46	142,27
	105	190,90	104,68
60	21	17,26	2,13
	42	101,00	13,96
	63	234,71	66,25
	84	420,16	174,65
	105	144,57	80,21
120	21	17,27	2,40
	42	118,16	16,20
	63	301,01	84,68
	84	366,88	166,07
	105	169,71	110,54

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na tabela 48.

TABELA 48.- Análise da variância da extração de nitrogênio em função das doses de fósforo aplicadas e da idade da planta

C.V.	G.L.	S.Q.	S.M.	F.
(a) Épocas	4	777143,38916	194.285,84729	173,8225**
(b) Tratamentos	2	1534,82129	767.41064	0,6867
(c) Partes	1	324082,84497	324.082,8497	289,9986
(a)x(b)	8	11978,98145	1497,37268	1,3398
(a)x(c)	4	145333,78234	36333,44558	32,5122
(b)x(c)	2	382,33203	19116601	0,1710
Tratamentos	21	1260456,04199	43639,59037	39,0499
Blocos	2	767,69140	383,84570	0,3434
Resíduo	66	32991,38088	1117,53222	
Total	89	1294215,11425		

C.V. % 25,70

Os efeitos encontrados foram submetidos à análise de regressão e os resultados são apresentados na Tabela 49-

TABELA 49. - Equações representativas da extração de nitrogênio pelas folhas e caules com seus respectivos coeficientes de determinação:

Partes	Equações	R ² (%)
Folhas	$\hat{Y}=279,8916-23,70865x+0,619682x^2-3,84470.10^{-3}x^3$	99,07
Caules	$\hat{Y}=186,7998-14,6276x+0,320725x^2-1,80217.10^{-3}x^3$	98,05

Os pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão da extração de nitrogênio em função da idade, aparecem na tabela 50.

TABELA 50. Pontos estimados de máxima, mínima e inflexão de nitrogênio (mg/planta), em função da idade, nas partes da planta:

Partes da Planta	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
	Idade*	N. extraído (mg/planta)	Idade	N. extraído (mg/planta)	Idade	N. extraído (mg/planta)
Folhas	82,55	382,89	24,89	14,40	53,72	198,59
Caules	87,84	155,13	30,79	12,13	59,32	71,50

* DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A extração de nitrogênio pelas folhas de soja, conforme a figura 12, é crescente até os 83 dias de idade. Atinge o seu ponto máximo (maior acúmulo de nitrogênio) com um valor de 382,78 mg/planta. A partir desse ponto, a quantidade decresce para 171,75 mg em torno de 105 dias de idade, devido a translocação para os grãos. A maior velocidade da absorção ocorre aos 53 dias, correspondendo ao ponto de inflexão da curva. Nessa época, a quantidade extraída corresponde a 198,59 mg de nitrogênio, ou seja 51,88% da quantidade máxima calculada. OHLROGGE e KAMPRA TH (1968) afirmam que a redistribuição dos nutrientes é extremamente importante no período de formação dos grãos. E, parte do nitrogênio, fósforo e potássio contido nos mesmos são provenientes dos tecidos maduros através de translocação. O ponto de máxima extração de nitrogênio encontrado neste trabalho (83 dias de idade) confirma inúmeras investigações anteriores, entre elas, os trabalhos de HENDERSON e KAMPRA TH (1971), HANWAY e WEBER

(1971), e MASCARENHAS (1972). Estes autores relatam que o acúmulo de nitrogênio segue um esquema similar ao acúmulo de matéria seca. Os teores extraídos são baixos no início do crescimento, aumentando até atingir o pico máximo, em torno de 80 a 100 dias de idade da planta. Após esse estágio, ocorre um declínio devido, como já foi dito, a translocação do nutriente para as partes reprodutivas.

A extração de nitrogênio pelo caule é pequena até 42 dias de idade, conforme a figura 12. Após esse ponto a extração cresce até atingir o seu ponto máximo aos 87 dias de idade, decrescendo a seguir até os 105 dias. Cumpre salientar que a curva de extração de nitrogênio pelo caule é similar a da folha. A diferença mais acentuada está na quantidade de nitrogênio extraído que no caule; é a metade daquela extraída pelas folhas. Para o caule, o ponto de maior velocidade de extração, ocorre aos 59 dias de idade, correspondendo a um valor de extração de 71,5 mg de N, em 46% do valor máximo encontrado.

4.5.2. Fósforo

A extração de fósforo, pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo e da idade da planta, estão apresentadas na tabela 51.

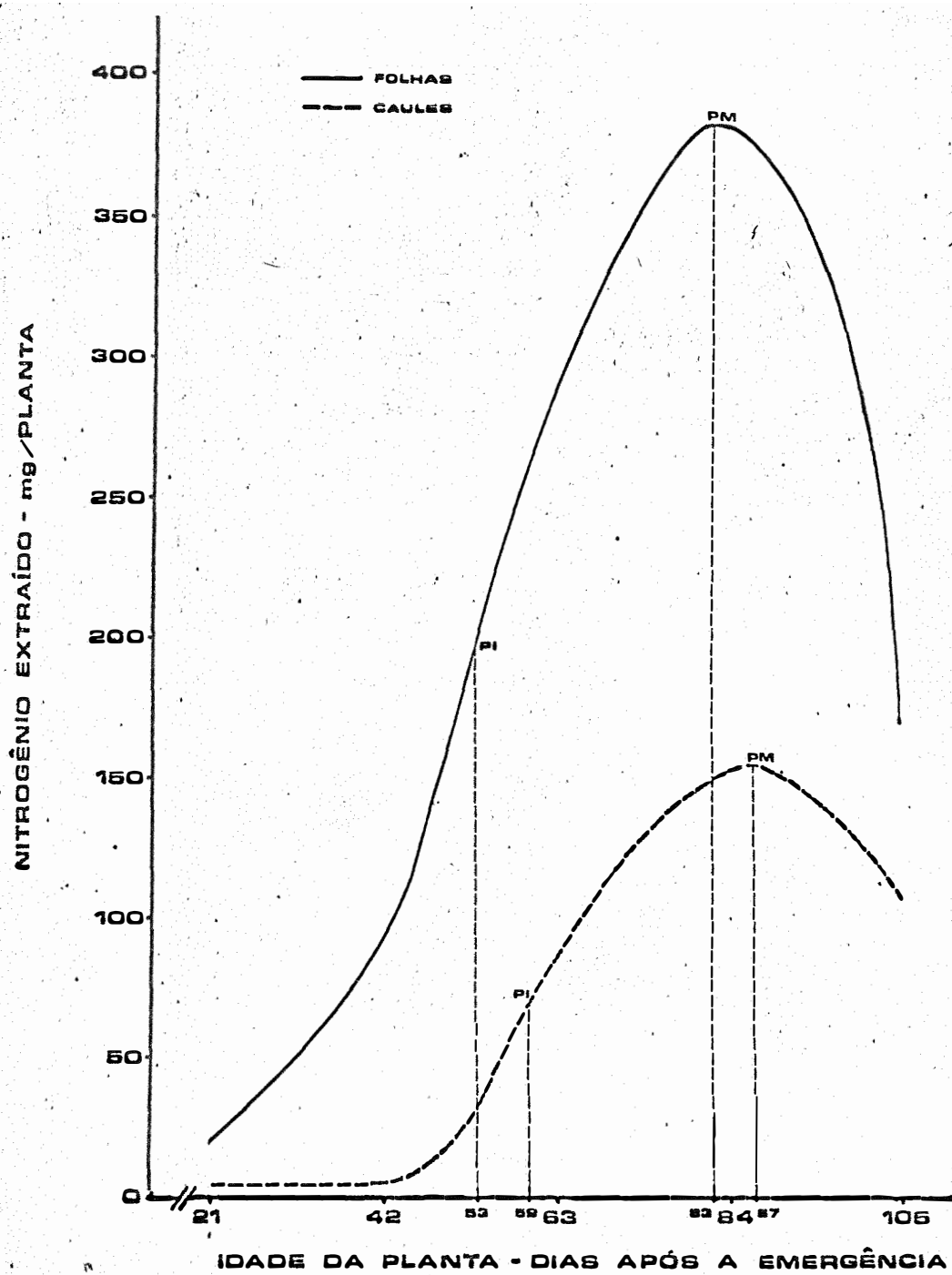


FIGURA 12.- Pontos de máxima e de inflexão da extração de nitrogênio, pelas folhas e caules de soja em função da idade da planta.

TABELA 51. Extração de fósforo (mg/planta) pelas folhas e caules em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta (Média de três repetições):

kg/P ₂ O ₅ /ha	Idade da Planta*	P.extraído-mg/planta	
		Folhas	Caules
0	21	0,74	0,14
	42	6,53	1,15
	63	17,87	7,12
	84	24,13	15,10
	105	12,24	7,18
60	21	1,00	0,16
	42	7,64	1,83
	63	20,21	7,89
	84	27,80	19,69
	105	8,44	7,73
120	21	1,21	0,23
	42	8,24	2,24
	63	22,47	11,29
	84	26,48	20,58
	105	15,86	19,20

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A análise estatística dos resultados obtidos a parece na tabela 52.

TABELA 52. Análise da variância da extração de fósforo em função, das doses de fósforo aplicadas no solo e idade da planta:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	5208,41966	1302,1049	126,2065**
(b) Tratamentos	2	201,76794	100,88397	9,7781**
(c) Partes	1	629,90699	629,90699	61,0537**
(a)x(b)	8	234,62810	29,32851	2,8426**
(a)x(c)	4	376,18287	94,04571	9,1153**
(b)x(c)	2	16,15711	8,07855	0,7830
Tratamentos	21	66667,06208	231,51935	22,4400**
Blocos	2	12,11778	6,05889	0,5872
Resíduo	66	304,65514	10,31725	0,5872
Total				

C.V. % = 29,88

A análise de regressão dos resultados obtidos, mostrou que a extração de fósforo pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade das plantas, obedecem às equações apresentadas na tabela 53.

TABELA 53. Equações representativas da extração de fósforo pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes	Equações	R ² (%)
0	Folhas	$\hat{Y}=13,07011-1,20013x+3,37472.10^{-2}x^2+2,13230.10^{-4}x^3$	99,97
	Caules	$\hat{Y}=18,99348-1,49559x+3,28916.10^{-2}x^2-1,887615.10^{-4}x^3$	97,70
60	Folhas	$\hat{Y}=20,00583-1,74970x+4,66876.10^{-2}x^2+2,95832.10^{-4}x^3$	99,56
	Caules	$\hat{Y}=26,15676-2,03616x+3,28916.10^{-2}x^2+1,87615.10^{-4}x^3$	94,22
	Folhas	$\hat{Y}=8,39595-0,88877x+2,97444.10^{-2}x^2-1,96373.10^{-4}x^3$	99,42
	Caules	$\hat{Y}=15,32127-1,25511x+2,90294.10^{-2}x^2-1,59151.10^{-4}x^3$	99,93

Os teores de fósforo extraído pelas folhas e caules, nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função dos tratamentos com fósforo e idade da planta aparecem na tabela 54.

TABELA 54. Pontos estimados de máxima e mínima extração de fósforo (mg/planta) e pontos de inflexão em função de três doses de fósforo e idade da planta:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes da Planta	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
		Idade*P.extraído	mg/Planta	Idade P.extraído	mg/Planta	Idade P.extraído	mg/Planta
0	Folhas	82,87	24,02	22,63	0,72	52,75	12,37
	Caules	85,86	14,30	30,91	-, --	58,43	6,47
60	Folhas	80,81	27,43	24,39	0,86	52,60	14,14
	Caules	85,38	17,95	31,42	1,91	58,40	8,02
120	Folhas	82,74	27,25	18,23	0,88	50,48	14,07
	Caules	93,43	21,59	28,13	-, --	60,78	10,51

* DIAS APÓS A EMERGÊNCIA

A extração de fósforo pelas plantas, como mostra a figura 13, é relativamente lenta no início do crescimento, acelerando até o período entre 50 a 52,7 (pontos de inflexão da curva) correspondentes a uma quantidade entre 12,37 a 14,14 mg de fósforo ou seja de 51,49% a 51,54% do total extraído. Mederski citado por OHLROGGE (1960) constatou que ocorre um aumento na velocidade de extração de fósforo até o período de 40 a 50 dias de idade da planta, Os pontos de máxima extração ocorreram na faixa dos 80 a 83 dias de idade da planta com valores de 14,02 a 27,43 mg de fósforo. Depois desse ponto os valores decrescem continuamente até os 105 dias de idade. O acúmulo de fósforo pelo caule, foi afetado pelas doses de fósforo aplicadas ao solo. Observa-se pela figura 14, que a extração de fósforo pelo caule da planta foi proporcional às doses de fósforo aplicadas. WELCH et alli (1949) mostram que a quantidade de fósforo na planta foi diretamente proporcional ao fósforo aplicado como adubo. Relatam ainda os autores que 30 dias após o plantio, 96% do fósforo encontrado na soja, provinha do elemento aplicado na cultura anterior.

A extração de fósforo pelo caule, conforme a figura 14, obedece a um esquema semelhante ao das folhas. Ocorre uma extração lenta no início do crescimento; e decrescente inclusive, nos tratamentos 0 e 60 kg de P_2O_5 , aumentando a partir dos 42 dias de idade até atingir o ponto de máxima extração aos 85 e 86 dias respectivamente nos tratamentos de 0 a 60 kg de P_2O_5 . A extração de fósforo afetada pela dose de 120 kg de P_2O_5 alcançou o ponto de máxima extração aos 93 dias de idade; e, provavelmente, devido a maior disponibilidade de fósforo pelo tratamento. A maior velocidade de absorção de fósforo, sob as doses zero e 60 kg/ P_2O_5 /ha, ocorreu aos 58 dias de idade da planta (pontos de inflexão da curva) com valores de 6,47 e 8,02% mg de fósforo extraído. Nessa época a quantidade acumu

lada correspondeu a 47,67% da quantidade extraída pela planta. A maior velocidade de extração influenciada pela dose de 120 kg/P₂O₅/ha, ocorreu aos 50 dias de idade, com valor de 10,51mg de fósforo, correspondendo a 48,67% da extração calculada. se melhante ao nitrogênio, acúmulo de fósforo na planta, segue um esquema semelhante de matéria seca; isto é, o acúmulo inicial lento vai crescendo mais rapidamente até o início do enchimento do grão, o que concorda com HANWAY e WEBER (1971). No caule como nas folhas, os teores acumulados decrescem a partir dos 80-90 dias. É interessante notar que o valor do acúmulo de fósforo pelo caule das plantas que receberam 120 kg de P₂O₅ aos 105 dias de idade, está bem próximo do ponto de máxima extração, isto devido, como já foi dito, à maior disponibilidade de fósforo para a planta. OHLROGGE (1960), HENDERSON e KAMPRATH (1971) encontraram que o pico de acúmulo de fósforo nas partes vegetativas das plantas estava em torno de 90-100 dias após a emergência. Após esse período o fósforo é translocado para os grãos.

4.5.3. Potássio

A extração de potássio pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo, e da idade da planta, está apresentada na tabela 55.

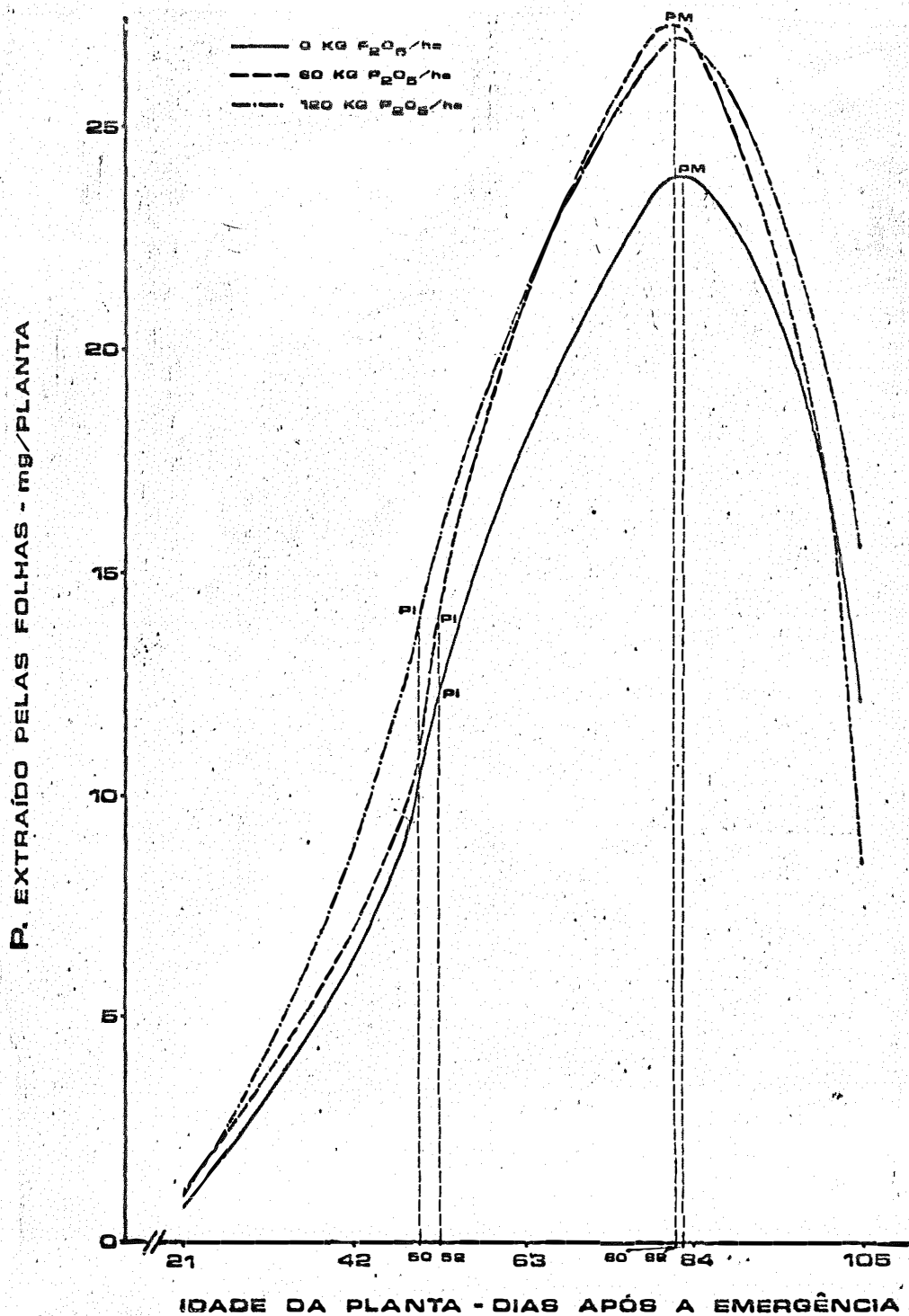


FIGURA 13. Pontos de máxima e de inflexão da extração de fósforo pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

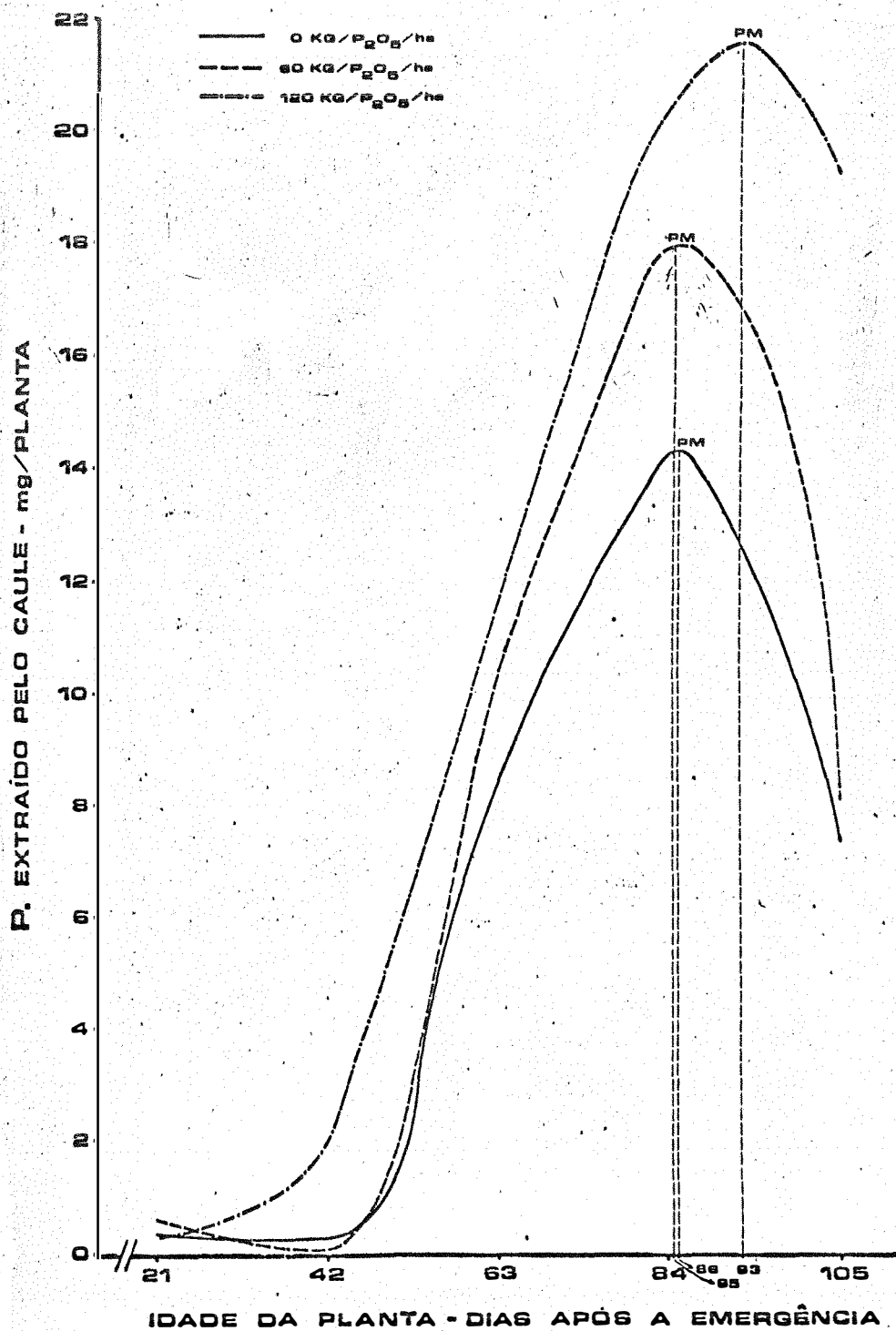


FIGURA 14. Pontos de máxima e de inflexão da extração de fósforo pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

TABELA 55. Extração de potássio (mg/planta) pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta (Média de três repetições):

kg/P ₂ O ₅ /ha	Idade da * Planta	K. extraído - mg/planta	
		Folhas	Caules
0	21	6,29	2,06
	42	53,61	14,05
	63	120,78	80,57
	84	180,10	119,92
	105	102,67	55,93
60	21	8,03	2,49
	42	61,39	24,08
	63	123,60	90,10
	84	211,03	165,33
	105	78,00	69,82
120	21	8,40	3,15
	42	80,19	27,78
	63	177,97	163,95
	105	107,21	131,92

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na tabela 56.

TABELA 56. Análise da variância da extração de potássio em função das doses de fósforo aplicadas e idade da planta.

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	308141,70983	77035,42745	381,9248**
(b) Tratamentos	2	12724,22169	6362,11084	31,5419**
(c) Partes	1	18830,12110	18830,12110	93,3556**
(a) x (b)	8	10638,81592	1329,85199	6,5931**
(a) x (c)	4	7007,97900	1751,99475	8,6860**
(a) x (c)	2	1165,37793	582,68896	2,8888
Tratamentos	29	362.332,93005	12494,23897	61,9437**
Bloos	2	1717,16406	858,58203	4,2566**
Resíduo	58	11698,77930	201,70309	
TOTAL	89	375,748,87341		

A análise de regressão dos resultados obtidos, mostrou que a extração de potássio, pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta, obedece às equações apresentadas na tabela 57.

TABELA 57. Equações representativas da extração de potássio pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes	Equações	R ² %
0	Folhas	$\hat{Y}=93,50944-8,33817x+0,23362x^2-1,45940.10^{-3}x^3$	98,97
	Caules	$\hat{Y}=121,85884-10,11060x+0,23945x^2-1,42047.10^{-3}x^3$	99,98
60	Folhas	$\hat{Y}=156,80517-13,00398x+0,33370x^2-2,06352.10^{-3}x^3$	95,78
	Caules	$\hat{Y}=176,33598-14,24509x+0,32949x^2-1,936165.10^{-3}x^3$	98,14
120	Folhas	$\hat{Y}=1,25065-2,44965x+0,14459x^2-1,15835.10^{-3}x^3$	99,55
	Caules	$\hat{Y}=82,71993-7,82716x+0,21445x^2-1,29188.10^{-3}x^3$	98,33

TABELA 58. Potássio extraído pelas folhas e caules nos pontos de máxima, mínima e inflexão, em função das doses de fósforo aplicados e idade da planta.

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes da Planta	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
		Idade* Idade K. extraído (mg/planta)	K. extraído (mg/planta)	Idade K. extraído (mg/planta)	K. extraído (mg/planta)	Idade K. extraído (mg/planta)	K. extraído (mg/planta)
0	Folhas	84,06	176,58	22,65	7,54	53,36	92,06
	Caules	84,20	120,24	--,--	--,--	56,19	52,77
60	Folhas	82,28	196,54	25,52	7,98	53,90	102,28
	Caules	84,39	157,08	29,06	6,89	56,72	75,09
120	Folhas	80,90	200,74	--,--	--,--	44,44	95,80
	Caules	87,61	174,31	23,04	0,42	55,33	87,36

* DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

Os teores de potássio, extraídos pelas folhas e caules, nos pontos de máxima, mínima e inflexão em função dos tratamentos com fósforo, estão inseridos na tabela 58.

A análise da figura 15 mostra que a extração de potássio pelo caule é lenta, no período compreendido, entre 21 e 42 dias de idade da planta. A partir desse período a extração de potássio é acelerada até o ponto de inflexão, que ocorre aos 55 dias de idade, atingindo um acúmulo de 52,77 a 87,36 mg de potássio, correspondendo a 43,88 a 50,11% das quantidades máximas extraídas. Os efeitos de adubação fosfatada aparecem a partir do ponto de inflexão.

MILLER et alli (1961) encontraram altas correlações entre as concentrações de fósforo e potássio nas folhas e caules de soja. Verificaram, os autores que quanto mais elevado o teor de fósforo nas folhas, maior teor de potássio era encontrado nas mesmas. Observaram, também, que o teor de potássio nas folhas, estava intimamente relacionado com a produção de grãos.

O comportamento das folhas em relação a extração de potássio, conforme figura 16, é influenciado pelas doses de fósforo aplicadas de maneira semelhante à extração pelos caules.

Verifica-se que a dose de fósforo aplicada, antecipou em dias, os parâmetros estudados da extração de potássio pela planta. Os pontos de inflexão na extração de potássio sob o efeito das doses de 0 e 60 kg/P₂O₅/ha apareceram, exatamente aos 53 dias de idade, com pequenas diferenças na extração de potássio pelos dois tratamentos.

Após esse ponto, as diferenças na extração de potássio começam a se acentuar chegando aos pontos de máxima extração, aos 82 e 84 dias de idade (176 a 196mg/planta), com vantagem em favor da dose de 60 kg de P₂O₅ que por sinal, é semelhante no ponto de máxima extração, à dose de 120 kg de P₂O₅ (200 mg/planta).

Depois desse ponto, os teores de potássio de-
crescem, devido a translocação do elemento para os grãos, em
formação (GARCIA e HANWAY, 1976). Pelos resultados obtidos, ve-
rificou-se que os pontos de máxima extração, tanto pelas fo-
lhas como pelos caules, estão em torno dos 80 a 87 dias de
idade da planta, estágio em que ocorre o início da formação de
grãos. HENDERSON e KAMPRATH (1971) encontraram maior acúmulo
de potássio aos 100 dias após o plantio, o que concorda com os
dados deste trabalho, mostrando a idade da planta a partir da
emergência das mesmas.

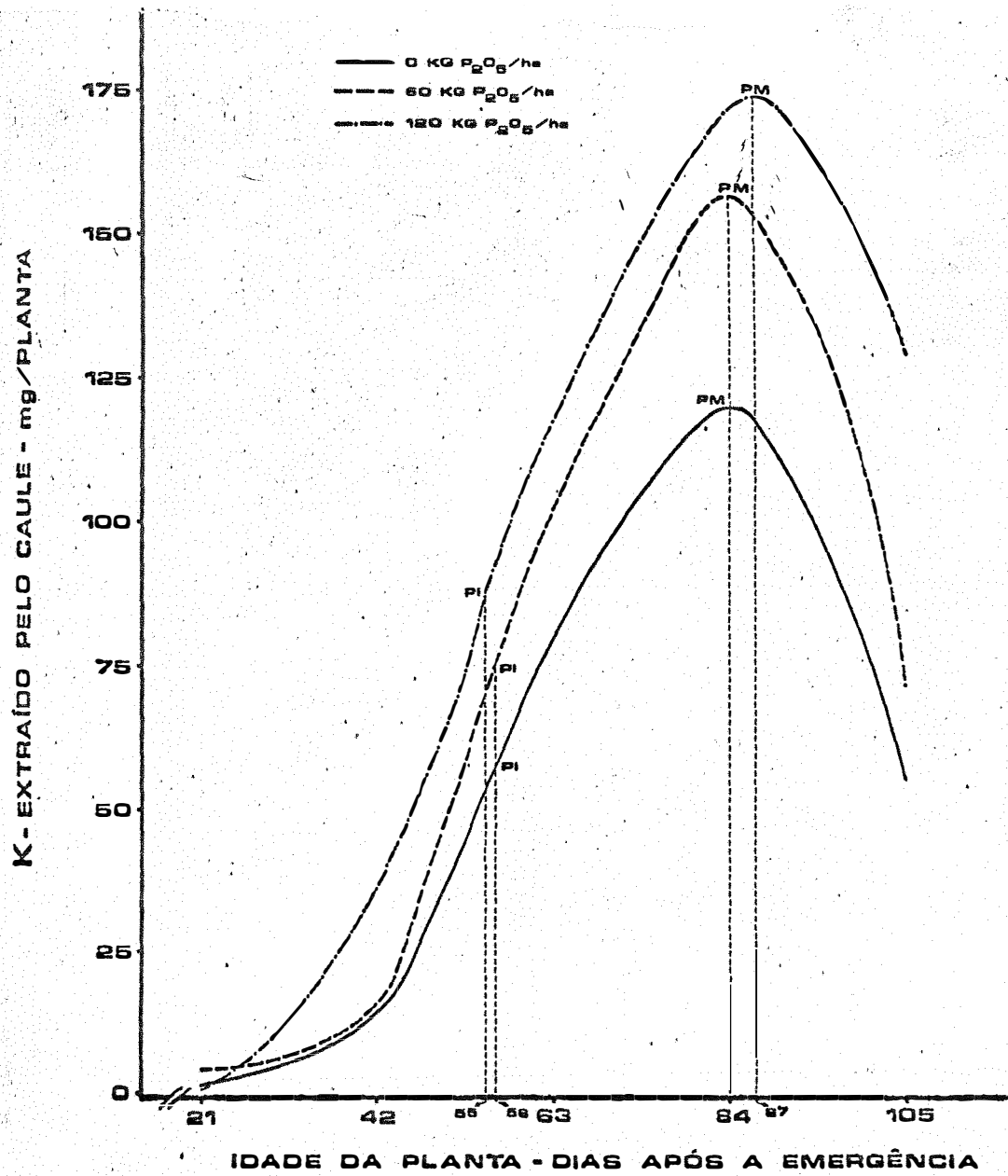


FIGURA 15. Pontos de máxima e de inflexão da extração de potássio pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

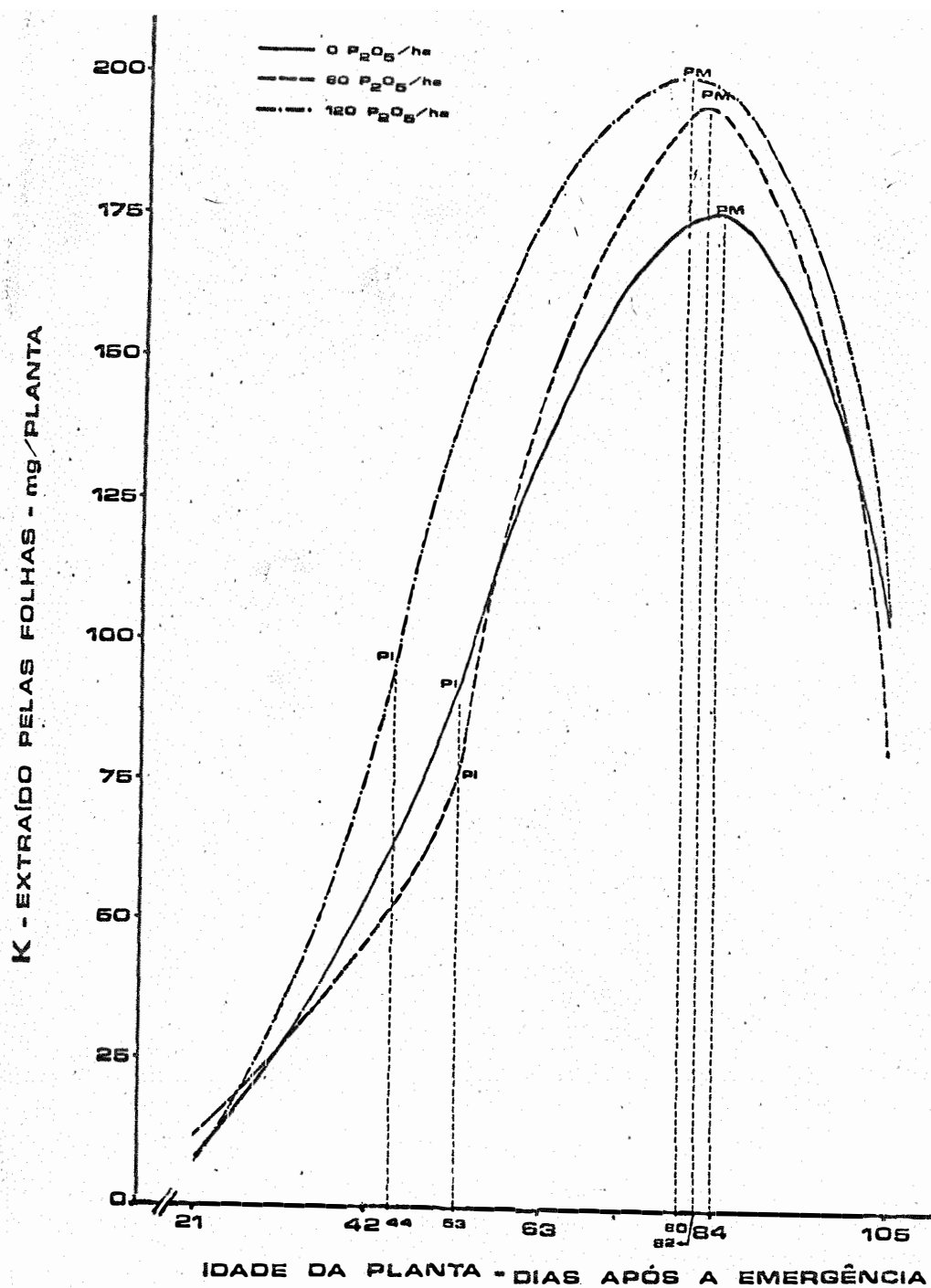


FIGURA 16. Pontos de máxima e de inflexão da extração de potássio pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

4.5.4. Cálcio

A extração de cálcio pelas folhas e caules em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta, está inserida na tabela 59.

TABELA 59. Extração de cálcio (mg/planta) pelas folhas e caules em função de três doses de fósforo aplicadas ao solo e idade da planta. (Média de três repetições):

kg/P ₂ O ₅ /ha	Idade da Planta*	Ca.extraído - mg/planta	
		Folhas	Caules
0	21	4,41	1,07
	42	35,36	7,76
	63	94,74	32,29
	84	172,09	63,76
	105	147,24	44,38
60	21	5,20	1,20
	42	39,71	9,62
	63	85,68	30,62
	84	161,09	54,88
	105	88,31	34,06
120	21	5,62	1,41
	42	48,53	11,67
	63	114,33	40,82
	84	149,25	75,46
	105	118,85	57,99

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na tabela 60.

TABELA 60. Análise da variância da extração de cálcio em função das doses de fósforo aplicadas e idade da planta:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	138655,86746	34663,99186	396,8945**
(b) Tratamento	2	2119,89355	1095,94677	12,5483**
(c) Partes	1	64552,12551	64552,12551	739,1066**
(a)x(b)	8	3529,36011	441,17001	5,0512**
(a)x(c)	4	23557,71583	5889,42895	67,4325**
(b)x(c)	2	608,94335	304,47167	3,4861*
Tratamentos	29	236025,87561	8138,82330	93,1876**
Blocos	2	683,19726	341,59863	3,9112*
Resíduos	58	5060,60645	87,33804	
TOTAL	89	241774,67938		

C.V. % = 16,13

A análise de regressão dos resultados obtidos, mostrou que a extração de cálcio pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade das plantas, obedece às equações apresentadas na tabela 61.

TABELA 61. Equações representativas da extração de cálcio pelas folhas e caules com seus respectivos coeficientes de determinação:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes	Equações	R ² %
0	Folhas	$\hat{Y}=100,14043+8,31274x+0,20701x^2-1,17556.10^{-3}x^3$	99,15
	Caules	$\hat{Y}=60,58712+4,82742x+0,10941x^2-6,17642.10^{-4}x^3$	98,83
60	Folhas	$\hat{Y}=120,66196-9,80287x+0,24151x^2-1,43649.10^{-3}x^3$	96,04
	Caules	$\hat{Y}=45,87421-3,74430x+8,90966.10^{-2}x^2-5,18753.10^{-4}x^3$	98,79
120	Folhas	$\hat{Y}=23,93907-3,08237x+0,12130x^2-7,93919.10^{-4}x^3$	99,96
	Caules	$\hat{Y}=58,81848-4,78760x+0,11226x^2-6,38939.10^{-4}x^3$	99,27

Os teores de cálcio, extraídos pelas folhas e caules, nos pontos de máxima, mínima e inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas, estão na tabela 62.

TABELA 62. Cálcio extraído pelas folhas e caules nos pontos de máxima, mínima e inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas e idade da planta:

kg/P ₂ O ₅ ha	Partes da Planta	MÁXIMA		MÍNIMO		INFLEXÃO	
		Idade*	Ca.extraído (mg/planta)	Idade	Ca.extraído (mg/planta)	Idade	Ca.extraído (mg/planta)
0	Folhas	91,69	172,18	25,70	3,28	58,70	87,73
	Caules	88,74	62,23	--,--	--,--	59,05	29,88
60	Folhas	85,46	150,17	26,61	3,75	56,04	76,96
	Caules	86,78	53,00	--,--	--,--	57,25	26,26
120	Folhas	86,97	151,10	14,87	2,31	50,92	76,70
	Caules	89,71	74,25	--,--	--,--	58,77	36,91

* DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

Pela figura 17, observa-se que a acumulação de cálcio pelas folhas, é lenta e semelhante até os 42 dias de idade, nos tratamentos com 0 e 60 kg/P₂O₅/ha; e, a acumulação é maior para as plantas que receberam 120 kg/P₂O₅/ha. A absorção de cálcio acelera até 51 a 58 dias (pontos de inflexão da curva), onde as quantidades (76,70 a 87,73mg) acumuladas correspondentes a 50,76 e 50,95% da extração máxima são semelhantes para as doses de 60 e 120 kg de P₂O₅/ha. Ocorre nessa idade uma maior extração pelas plantas que não receberam fósforo na adubação. A partir desse ponto as folhas continuam a acumular cálcio até atingir o ponto de máxima extração aos 84 e 85 dias com 150 e 151 mg de cálcio por planta, para os tratamentos de 60 e 120 kg de P₂O₅.

As folhas das plantas que não receberam fósforo na adubação, tiveram o ponto de máxima extração de cálcio, aos 91 dias de idade com 172 mg de cálcio por planta. O acúmulo de cálcio pelas folhas foi inibido pelas doses de fósforo aplicadas ao solo. EVANS *et alli* (1950) verificaram que a ausência ou teores insuficientes de cálcio na solução nutritiva causava aumentos de magnésio, fósforo, potássio e boro nas folhas de soja, evidenciando alguma interação entre o fósforo e o cálcio, na nutrição da soja.

O comportamento dos caules, conforme figura 18, é distinto das folhas. No início do crescimento (21 e 22 dias), o acúmulo de cálcio é lento, pouco influenciado pelos tratamentos com fósforo. A partir dos 57 a 59 dias (pontos de inflexão) as quantidades acumuladas 26,26 a 36,91 mg de cálcio/planta correspondem a 49,54 e 49,37% da máxima extração. O efeito dos tratamentos, nos teores acumulados, crescem até atingir os pontos de máxima extração aos 86 e 89 dias de idade. A dose de 60 kg de P₂O₅/ha foi inferior à dose zero de fósforo que por sua vez foi inferior à dose de 120 kg de P₂O₅/ha.

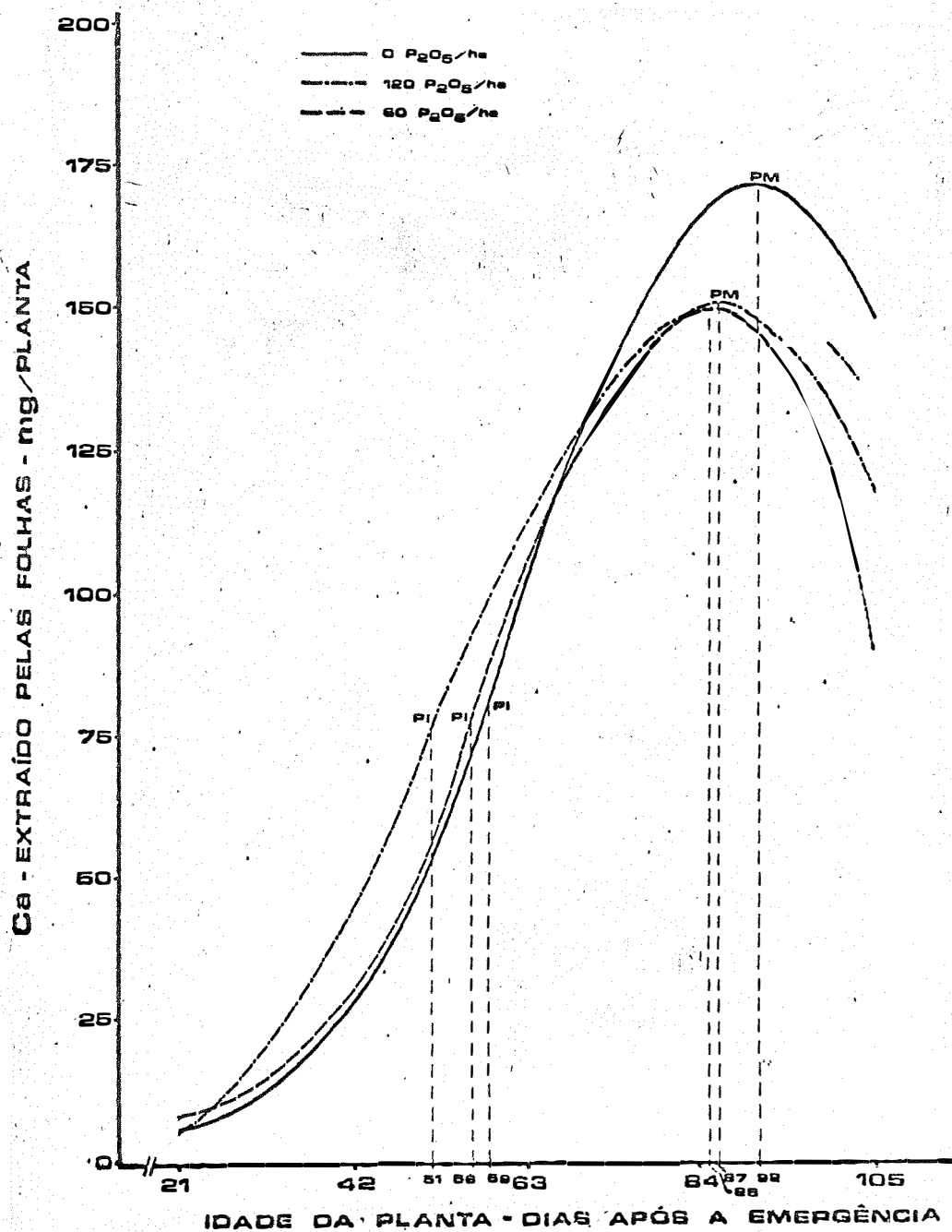


FIGURA 17. Pontos de máxima e de inflexão da extração de cálcio pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

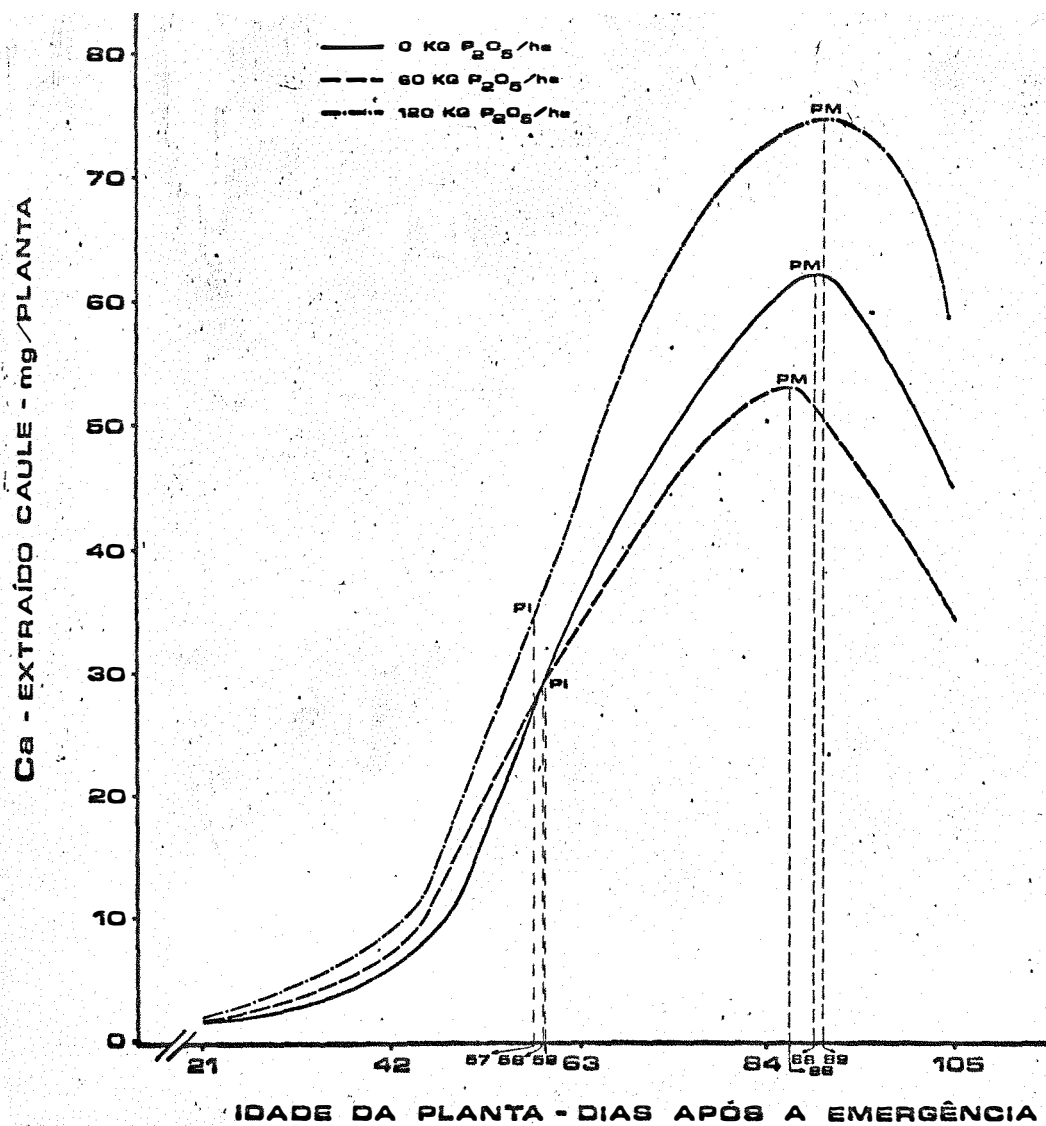


FIGURA 18. Pontos de máxima e de inflexão da extração de cálcio pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

Este resultado indica que o acúmulo de cálcio nos caules é influenciado pelas doses de fósforo, com comportamento diferente daquele ocorrido nas folhas. ISLAM (1966) verificou que a aplicação de adubação pesada de fósforo, como superfosfato triplo, promoveu a acumulação de cálcio e magnésio nos tecidos de soja.

Como se pode observar os trabalhos a respeito do acúmulo de cálcio, sob o efeito de adubação fosfatada, são escassos e ainda não bem definidos, quanto ao comportamento do cálcio no tecido das plantas de soja.

4.5.5. Magnésio

A extração de magnésio, pelas folhas e caules em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta, está apresentada na tabela 63.

TABELA 63. Extração de magnésio (mg/planta) pelas folhas e caules de soja, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta. (Média de três repetições);

kg/P ₂ O ₅ /ha	Idade da Planta *	Mg extraído-mg/planta	
		Folhas	Caules
0	21	2,09	0,70
	42	17,99	5,31
	63	44,78	21,68
	84	53,74	42,89
	105	53,95	39,51
60	21	2,77	0,85
	42	19,21	6,87
	63	44,02	24,82
	84	55,33	42,10
	105	34,87	34,79
120	21	2,96	0,93
	42	23,43	6,82
	63	45,32	25,18
	84	51,78	39,44
	105	40,41	52,19

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na tabela 64.

TABELA 64. Análise da variância da extração de magnésio em função das doses de fósforo aplicadas e idade da planta:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	28498,07008	7124,51752	322,7220**
(b) Tratamentos	2	105,13281	52,56640	2,3871
(c) Partes	1	2389,39648	2389,39648	108,2334**
(a) x (b)	8	589,66326	73,70790	3,3387**
(a) x (c)	4	1343,74145	355,93536	15,2169**
(b) x (c)	2	137,37109	69,68554	3,1112
Tratamentos	29	33489,69755	1154,81715	52,3101**
Blocos	2	53,86248	26,93124	1,2199
Resíduo	58	1280,42712	22,07832	
TOTAL	89	34823,98716		

C.V. % = 16,72

A análise de regressão dos resultados obtidos, mostrou que a extração de magnésio pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta, obedece às equações apresentadas na tabela 65.

TABELA 65. Equações representativas da extração de magnésio pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação:

kg/P ₂ O ₅ ha	Partes	Equações	R ² %
0	Folhas	$\hat{Y} = 8,74191 - 1,14222x + 4,48422 \cdot 10^{-2}x^2 - 2,84581 \cdot 10^{-4}x^3$	99,88
	Caules	$\hat{Y} = 32,79846 - 2,62936x + 6,00362 \cdot 10^{-2}x^2 - 3,77207 \cdot 10^{-4}x^3$	99,51
60	Folhas	$\hat{Y} = 13,67416 - 1,49845x + 5,41018 \cdot 10^{-2}x^2 - 3,61073 \cdot 10^{-4}x^3$	99,98
	Caules	$\hat{Y} = 28,41665 - 2,37150x + 5,76896 \cdot 10^{-2}x^2 - 3,28677 \cdot 10^{-4}x^3$	99,85
120	Folhas	$\hat{Y} = 10,82112 + 0,30512x + 1,98910 \cdot 10^{-2}x^2 + 1,73039 \cdot 10^{-4}x^3$	99,80
	Caules	$\hat{Y} = 10,26531 - 0,97156x + 2,72602 \cdot 10^{-2}x^2 - 1,35544 \cdot 10^{-4}x^3$	99,65

Os teores de magnésio extraído pelas folhas e caules, nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas, estão na tabela 66.

TABELA 66. Magnésio extraído pelas folhas e caules nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas e idade da planta:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes da Planta	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
		Idade*	Mg.extraído (mg/planta)	Idade	Mg.extraído (mg/planta)	Idade	Mg.extraído (mg/planta)
0	Folhas	90,21	61,70	14,82	0,73	52,52	31,22
	Caules	93,74	44,34	28,57	-,--	61,16	21,69
60	Folhas	83,28	55,55	16,61	2,05	49,94	28,80
	Caules	90,41	42,66	26,60	-,--	58,50	21,31
120	Folhas	83,66	52,60	--,--	-,--	38,31	20,34
	Caules	112,91	52,98	21,15	0,62	67,03	26,80

* DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

Conforme a tabela 66 e a figura 19, a extração de magnésio pelas folhas sob tratamento 0 e 60 de P_2O_5 é contínuo e semelhante até aos 63 dias de idade. A extração de magnésio dentro do mesmo período, sob a influência da dose de 120 kg de P_2O_5 é paralela e superior à primeira. Após o estágio citado começa haver uma inversão na extração de magnésio, isto é, na medida que aumenta a concentração de fósforo no solo, os teores de magnésio diminuem nas folhas. Aos 83 dias de idade, ocorreram os pontos de máximo acúmulo de magnésio nas folhas de plantas que receberam 60 e 120 kg de P_2O_5 , sendo que o maior valor de magnésio acumulado (55,55 mg/planta) pertenceu ao tratamento com maior quantidade de fósforo. As folhas das plantas que não receberam fósforo, acumularam maior teor de magnésio (61,70 mg/planta) no ponto de máxima extração aos 90 dias de idade. A partir desse ponto os teores de magnésio decrescem independentemente dos tratamentos com fósforo, até os 105 dias de idade.

Muitos investigadores, como Beeson, Truog e Zimmerman, citados por WEBB et alli (1954), afirmam que o magnésio funciona como vetor na absorção do fósforo na planta. Os resultados obtidos no presente trabalho confirmam a existência de uma possível interação entre os dois íons. Quanto maior o teor de fósforo absorvido, menor é o acúmulo de magnésio nas mesmas. Formula-se a hipótese de que o magnésio acumulado até os 63 dias de idade é translocado para os órgãos reprodutivos que apareceram em maior quantidade nas plantas que receberam doses maiores de fósforo. WEBB et alli (1954), verificaram que plantas deficientes em magnésio absorveram mais fósforo, e por outro lado, verificaram também, que o movimento do fósforo para as sementes é restringido em plantas deficientes em magnésio. Quanto à extração de magnésio pelos caules (fig. 20) verifica-se que é semelhante para todos os tratamentos, envolvendo o fósforo até os 84 dias. Após esse período as quantidades acumuladas passam a ser maiores para tratamentos sem fósforo, alcançando o ponto de máxima extração aos 90 e 93 dias de idade. Convém notar que o

acúmulo de magnésio nos caules sob efeito da dose de 120 kg de P_2O_5 , somente atingiria o ponto de máxima extração por cálculos, aos 113 dias de idade com um valor de 52,98 mg/planta.

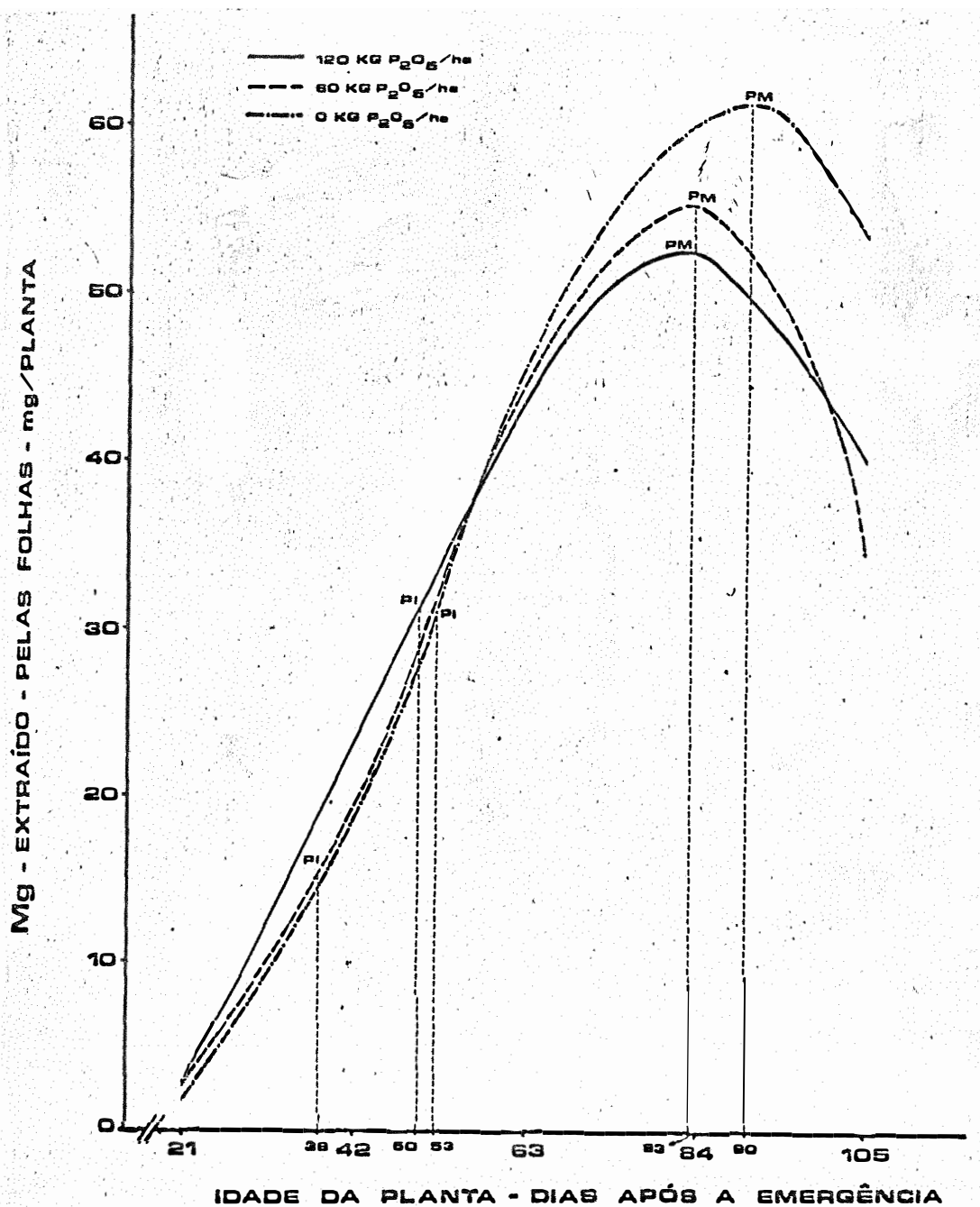


FIGURA 19. Pontos de máxima e de inflexão da extração de magnésio pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

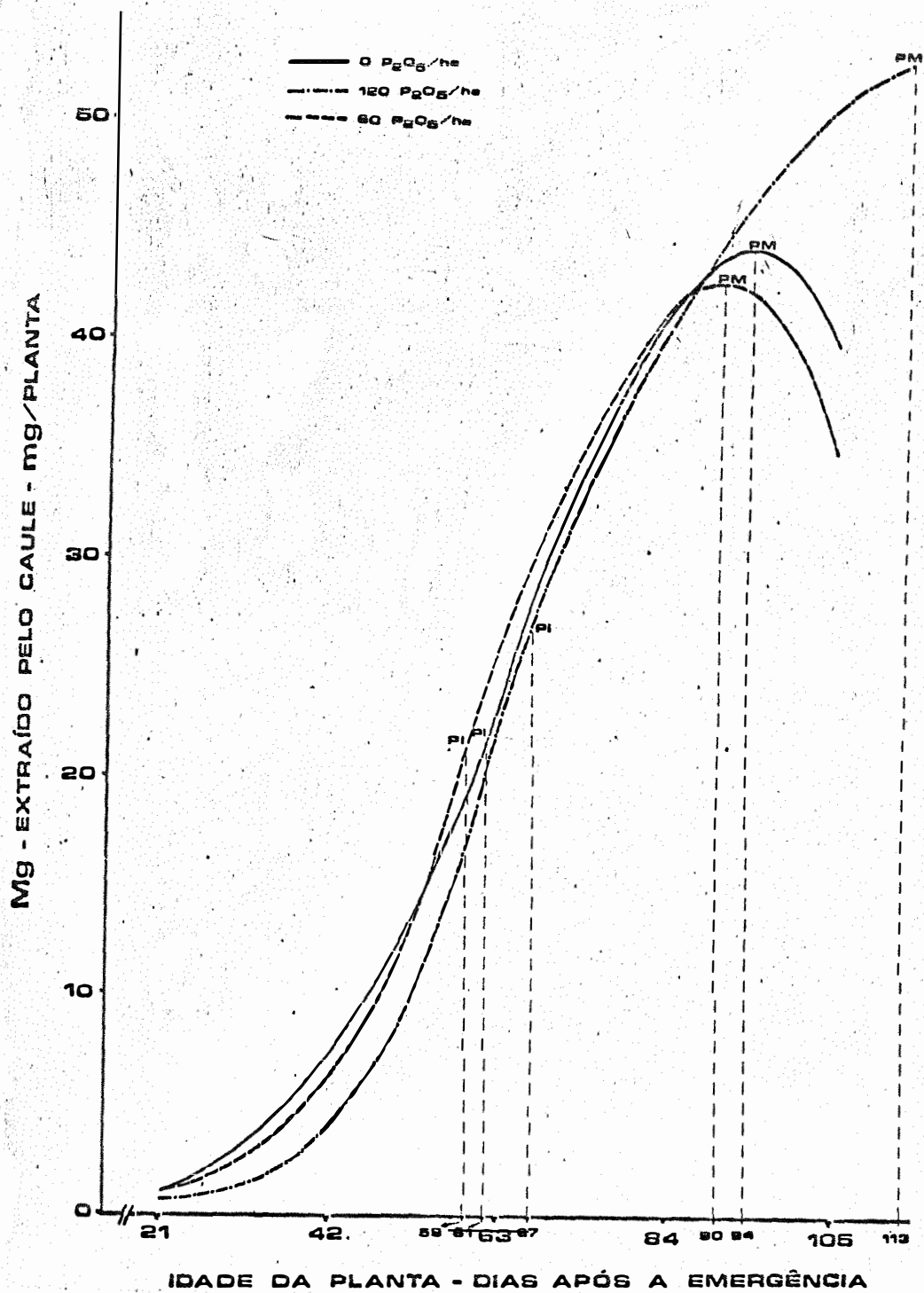


FIGURA 20. Pontos de máxima e de inflexão da extração de magnésio pelos caules de soja em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

4.5.6. Enxofre

Extração de enxofre pelas folhas e caules em função das doses de fósforo aplicados ao solo e da idade da planta, está apresentada na tabela 67.

TABELA 67. Extração de enxofre (mg/planta) pelas folhas e caules de soja, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade da planta. (Média de três repetições):

kg/P ₂ O ₅ /ha	Idade da Planta	S.extraído	
		Folhas	mg/planta Caules
0	21	0,75	0,20
	42	4,38	1,48
	63	12,67	8,70
	84	16,80	20,23
	105	12,24	16,67
60	21	0,72	0,23
	42	4,42	1,58
	63	12,89	9,02
	84	8,66	24,05
	105	8,66	20,05
120	21	0,88	0,30
	42	17,09	9,98
	63	17,09	9,98
	84	15,54	24,01
	105	12,25	34,07

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na tabela 68.

TABELA 68. Análise da variância da extração de enxofre em função das doses de fósforo aplicadas e da idade das plantas:

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
(a) Épocas	4	5307,66415	1326,91603	178,4982**
(b) Tratamentos	2	115,36978	57,68489	7,7598**
(c) Partes	1	82,94422	82,94422	11,1577**
(a) x (b)	8	261,60956	32,70119	4,3990**
(a) x (c)	4	917,87018	229,46754	30,8682**
(b) x (c)	2	53,76399	26,88199	3,6161
Tratamentos	29	6945,57610	239,50262	32,2181**
Blocos	2	17,77023	8,88511	1,1952
Resíduo	58	431,15902	7,43377	
Total	89	7394,50535		

C.V. % = 25,79.

A análise de regressão dos resultados obtidos, mostrou que a extração de enxofre pelas folhas e caules, em função das doses de fósforo aplicadas ao solo e da idade das plantas, obedece às equações apresentadas na tabela 69.

TABELA 69 .- Equações representativas da extração de enxofre pelas folhas e caules com seus respectivos coeficientes de determinação:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes	Equações	R ² %
0	Folhas	$\hat{y}=7,17195-0,666294x+1,93908.10^{-2}x^2-1,20216.10^{-4}x^3$	99,85
	Caules	$\hat{y}=20,73504-1,61503x+3,49150.10^{-2}x^2-1,89323.10^{-4}x^3$	98,58
60	Folhas	$\hat{y}=16,03855-1,33502x+3,34363.10^{-2}x^2-2,03601.10^{-4}x^3$	99,37
	Caules	$\hat{y}=2,67944-2,06711x+4,36913.10^{-2}x^2-2,34225.10^{-4}x^3$	97,29
120	Folhas	$\hat{y}=0,69398-0,15367x+1,16183.10^{-2}x^2-8,59338.10^{-5}x^3$	91,88
	Caules	$\hat{y}=13,37679-1,02952x+2,16711.10^{-2}x^2-9,50230.10^{-5}x^3$	99,86

Os teores de enxofre extraído pelas folhas e caules, nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas, estão na tabela 70.

TABELA 70. Enxofre extraído pelas folhas e caules nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas e idade da planta:

kg/P ₂ O ₅ /ha	Partes da Planta	MÁXIMO		MÍNIMO		INFLEXÃO	
		Idade*	S. extraído (mg/planta)	Idade	S. extraído (mg/planta)	Idade	S. extraído (mg/planta)
0	Folhas	86,21	17,10	21,32	0,68	53,76	8,89
	Caules	20,25	20,25	--,--	--,--	61,47	9,41
60	Folhas	83,21	19,21	26,26	0,35	54,75	9,75
	Caules	92,58	24,22	--,--	--,--	62,17	11,05
120	Folhas	82,94	17,45	--,--	--,--	45,06	8,11
	Caules	122,78	37,46	--,--	--,--	76,02	18,60

*DIAS APÓS A EMERGÊNCIA.

A extração de enxofre pelas folhas de acordo com a figura 21, aumenta a partir dos 21 dias de idade, com quantidades semelhantes para as plantas dos tratamentos 0 e 60 kg de P_2O_5 /ha. Os pontos de inflexão encontram-se em torno dos 53 e 54 dias de idade. As plantas que receberam 120 kg de P_2O_5 , tiveram um acúmulo de enxofre mais acentuado após os 21 dias, atingindo o ponto de inflexão aos 45 dias de idade, com um teor de 8,11mg de enxofre por planta. A partir dos pontos de inflexão, as plantas aceleram a absorção de enxofre, atingindo os pontos de máxima extração em torno dos 82 a 86 dias de idade. Neste período entretanto, observa-se o tratamento com dose de 60 kg de P_2O_5 - foi o que provocou maior acúmulo de enxofre nas folhas. Os pontos de máximo acúmulo são compatíveis com os resultados de MAS CARENHAS (1972) que encontrou a maior concentração de enxofre, aos 80 dias de idade, na parte vegetativa da planta de soja.

A extração de enxofre pelos caules, conforme figura 22, no início do crescimento da planta, é pequena (21 a 42 dias de idade), acentuando-se após, independente dos tratamentos com fósforo, até os 83 dias. A partir dessa idade, o acúmulo de enxofre é comandado pelas doses de fósforo aplicadas; sendo que o ponto de máxima extração foi alcançado aos 92 dias de idade, para os tratamentos 0 e 60 kg de P_2O_5 . O ponto de máxima extração de enxofre condicionado pelo tratamento 120 kg de P_2O_5 foi atingido aos 122 dias de idade (ponto estimado) com um teor de 37,78 mg/planta, superior ao proporcionado pela dose de 60kg de P_2O_5 . A absorção de enxofre por folhas e caules, sob o efeito de diferentes tratamentos com fósforo, são diferentes. a maior dose de fósforo teve efeito no acúmulo de enxofre pelo caule, proporcionando inclusive uma absorção constante do elemento até o final do ciclo da planta. Infelizmente, a literatura a respeito do comportamento do enxofre na planta, em presença de diferentes do

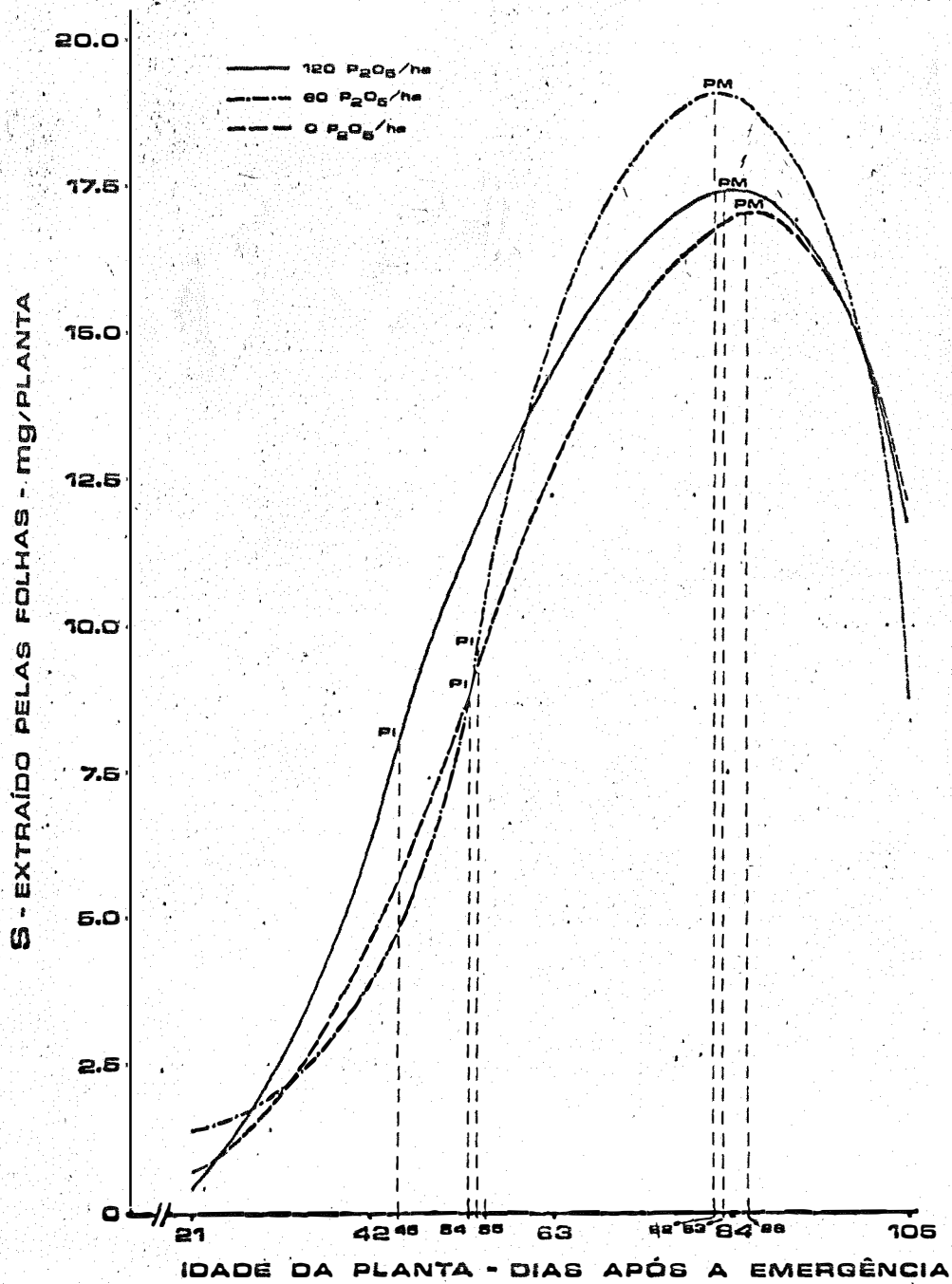


FIGURA 21. Pontos de máxima e de inflexão da extração de enxofre pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

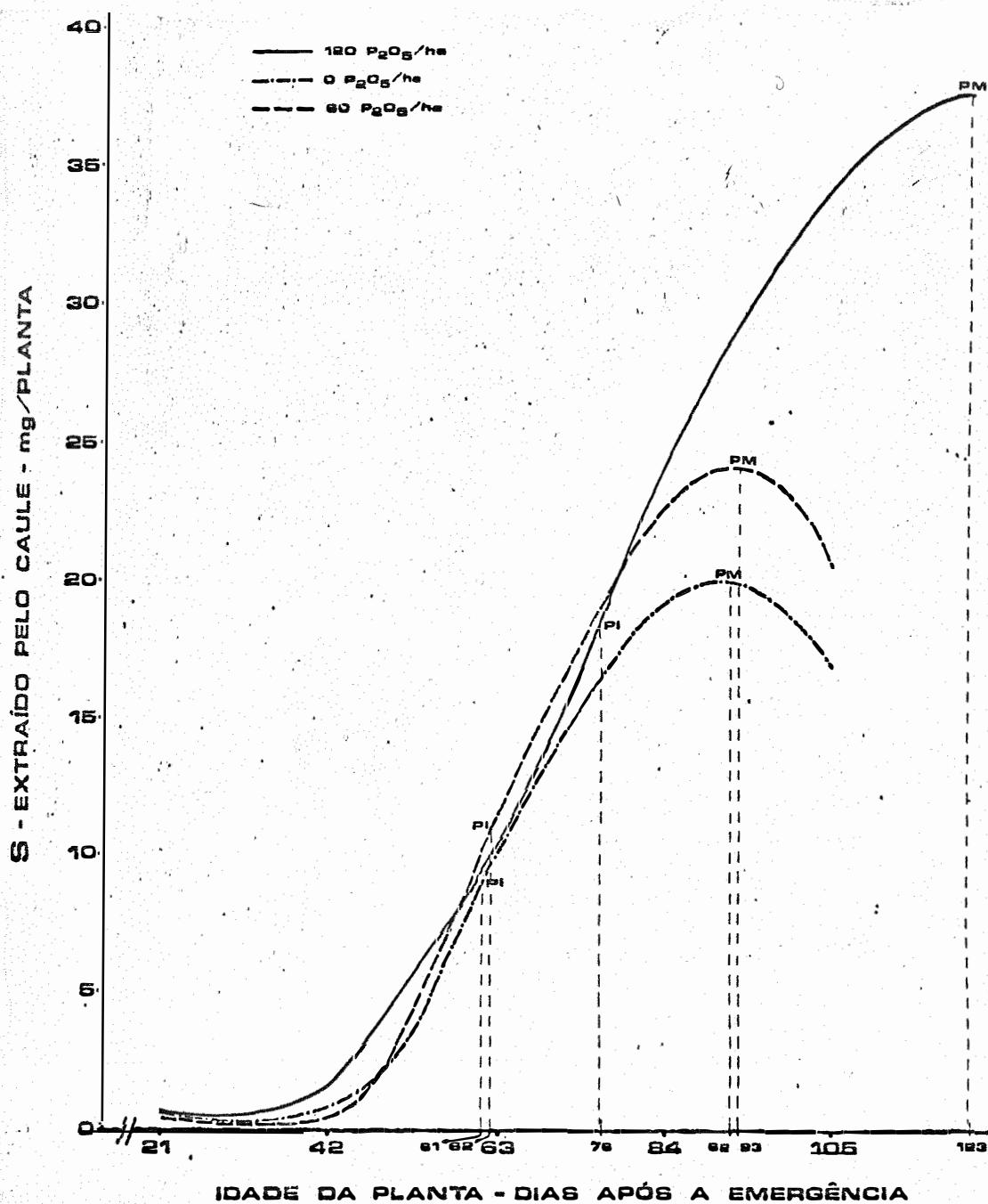


FIGURA 22. Pontos de máxima e de inflexão da extração de enxofre pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

ses de fósforo, é escassa. Entretanto, WOODING et alli (1972) verificaram em solução nutritiva que a deficiência de fósforo, pro vocou uma redução na concentração de enxofre na parte vegetati va da planta.

4.6. Concentração de Nutrientes nos Grãos

As concentrações de nutrientes nos grãos aparecem na tabela 71.

TABELA 71. Concentração de N, P, K, Ca, Mg e S nos grãos de soja sob o efeito das doses de N P K aplicadas (Média de três repetições):

NPK	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %
000	5,44	0,42	1,63	0,33	0,22	0,23
001	6,85	0,51	1,79	0,37	0,25	0,26
002	6,51	0,41	1,46	0,29	0,22	0,23
010	6,32	0,47	1,62	0,32	0,23	0,23
011	6,51	0,50	1,70	0,30	0,23	0,24
012	6,28	0,49	1,65	0,28	0,23	0,22
020	6,95	0,49	1,72	0,26	0,21	0,24
021	7,05	0,48	1,58	0,27	0,22	0,23
022	6,43	0,46	1,74	0,40	0,24	0,23
100	6,67	0,47	1,66	0,28	0,23	0,22
101	6,26	0,41	1,58	0,36	0,22	0,21
102	6,45	0,45	1,60	0,28	0,22	0,25
110	6,30	0,44	1,55	0,31	0,21	0,23
111	6,48	0,53	1,71	0,28	0,23	0,23
112	6,48	1,67	0,33	0,20	0,20	0,22
120	6,41	0,48	1,67	0,39	0,22	0,24
121	6,39	0,44	1,68	0,28	0,21	0,22
122	6,38	0,48	1,61	0,34	0,24	0,22
200	6,27	0,48	1,69	0,30	0,22	0,21
201	6,77	0,43	1,52	0,36	0,21	0,23
202	6,46	0,42	0,65	0,37	0,22	0,24
210	6,82	0,47	1,73	0,27	0,21	0,24
211	5,94	0,47	1,64	0,34	0,23	0,25
212	5,91	0,42	1,57	0,38	0,23	0,22
220	6,61	0,52	1,75	0,43	0,25	0,25
221	6,19	0,51	1,69	0,36	0,23	0,22
222	6,38	0,47	1,61	0,31	0,23	0,23

Pela tabela 72, pode-se observar que não houve efeitos significativos, na concentração dos grãos, a nenhum dos macronutrientes estudados.

TABELA - 72 Análise da variância das concentrações de N.P.K.Ca, Mg e S nos grãos de soja, sob o efeito das doses de N P K aplicadas.

ANÁLISE DE NITROGÊNIO

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	0.181041	0.090520	0.1041
P	2	0.378316	0.189158	0.2175
K	2	0.138744	0.069372	0.0798
N x P	4	1.546495	0.386623	0.4447
N x K	4	2.039134	0.509783	0.5864
P x K	4	1.522661	0.380665	0.4379
TRATAM.	18	5.806266	0.322565	0.3985
BLOCOS	2	8.157100	4.078550	4.6917
RESTOUO	60	27.600013	0.460000	0.5500
TOTAL	80	41.563381	0.519292	0.6488
COEFICIENTE DE VARIACÃO=14,47%				

ANÁLISE DE CÁLCIO

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	0.018565	0.009282	0.4985
P	2	0.008491	0.004245	0.2280
K	2	0.013150	0.006575	0.0362
N x P	4	0.008360	0.002090	0.1122
N x K	4	0.004923	0.001230	0.0660
P x K	4	0.039486	0.009871	0.5301
TRATAM.	18	0.081177	0.004510	0.3493
BLOCOS	2	0.054669	0.027334	1.4679
RESTOUO	60	0.484548	0.018092	0.2250
TOTAL	80	0.620395	0.007756	0.3062
COEFICIENTE DE VARIACÃO=41,38%				

ANÁLISE DE MAGNÉSIO

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	0.000602	0.000301	0.2710
P	2	0.000424	0.000212	0.1910
K	2	0.000091	0.000045	0.0411
N x P	4	0.002515	0.000628	0.5657
N x K	4	0.000804	0.000201	0.1809
P x K	4	0.001649	0.000412	0.3708
TRATAM.	18	0.006088	0.000338	0.3486
BLOCOS	2	0.001780	0.000890	0.8007
RESTOUO	60	0.035874	0.001111	0.1250
TOTAL	80	0.043743	0.000545	0.2500
COEFICIENTE DE VARIACÃO=14,63%				

ANÁLISE DE FÓSFORO

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	0.000447	0.000223	0.0402
P	2	0.022254	0.011127	2.0020
K	2	0.007810	0.003905	0.7026
N x P	4	0.011500	0.002875	0.5173
N x K	4	0.017145	0.004286	0.7712
P x K	4	0.010960	0.002740	0.4929
TRATAM.	18	0.003755	0.000375	0.6757
BLOCOS	2	0.019662	0.009831	1.7688
RESTOUO	60	0.137600	0.005557	0.1150
TOTAL	80	0.227380	0.002842	0.3553
COEFICIENTE DE VARIACÃO=15,84%				

ANÁLISE DE POTÁSSIO

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	0.005496	0.002748	0.0611
P	2	0.034866	0.017433	0.3881
K	2	0.036785	0.018392	0.4094
N x P	4	0.002177	0.000544	0.0121
N x K	4	0.065703	0.016425	0.3879
P x K	4	0.039666	0.009916	0.2207
TRATAM.	18	0.186685	0.010371	0.3692
BLOCOS	2	0.012576	0.006288	0.1399
RESTOUO	60	1.001810	0.016850	0.4491
TOTAL	80	1.203072	0.015039	0.3258
COEFICIENTE DE VARIACÃO=12,83%				

ANÁLISE DE ENXOFRE

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	0.000550	0.000275	0.2762
P	2	0.000009	0.000004	0.0050
K	2	0.000165	0.000082	0.0830
N x P	4	0.001634	0.000408	0.4099
N x K	4	0.002567	0.000641	0.6440
P x K	4	0.004797	0.001199	1.2033
TRATAM.	18	0.009725	0.000492	0.4946
BLOCOS	2	0.001869	0.000934	0.9377
RESTOUO	60	0.034822	0.000596	0.1500
TOTAL	80	0.046417	0.000582	0.2500
COEFICIENTE DE VARIACÃO=13,41%				

4.6.1. Exportação de macronutrientes por 1000 kg de grãos

Os resultados da concentração média dos diversos macronutrientes, estudados nos grãos de soja, permitem o cálculo da exportação desses elementos em quilos por uma tonelada de produção. A quantidade dos macronutrientes, exportados por uma tonelada de grãos, aparece na tabela 73.

TABELA 73. Exportação dos diversos macronutrientes em quilos por tonelada de grãos de soja:

N	P	K	Ca	Mg	S
64,40	4,70	16,50	3,20	2,20	2,30

As quantidades dos elementos, exportados por uma tonelada de grão, são semelhantes aos encontrados por ROGER HANSON* (Comunicação Pessoal) em seus trabalhos de pesquisa, com soja, nas principais regiões produtoras do Brasil.

4.7. Extração de Nutrientes pelos Grãos de Soja.

A extração dos nutrientes, pelos grãos, aparece na tabela 74.

*Pesquisador do projeto nacional da soja - Convênio DNPEA-USAID WISCOISIN.

TABELA 74. Extração de N,P,K,Ca,Mg e S pelos grãos de soja sob o efeito das doses de NPK aplicadas (Média de três repetições):

NPK	Quantidades extraídas					
	N	P	K	Ca	Mg	S
g/planta						
000	0,78	0,06	0,23	0,04	0,03	0,03
001	0,12	0,08	0,29	0,06	0,04	0,04
002	1,19	0,07	0,27	0,05	0,04	0,04
010	1,22	0,09	0,27	0,06	0,04	0,04
011	1,17	0,08	0,30	0,05	0,04	0,04
012	1,07	0,08	0,28	0,04	0,03	0,03
020	1,74	0,12	0,43	0,06	0,05	0,06
021	1,43	0,09	0,32	0,05	0,04	0,04
022	1,41	0,10	0,38	0,09	0,05	0,05
100	1,24	0,08	0,31	0,05	0,04	0,04
101	1,19	0,08	0,30	0,07	0,04	0,04
102	1,12	0,07	0,27	0,04	0,03	0,04
110	1,28	0,09	0,31	0,06	0,04	0,04
111	1,23	0,10	0,32	0,05	0,04	0,04
112	1,29	0,09	0,32	0,06	0,03	0,04
120	1,34	0,10	0,35	0,08	0,04	0,05
121	1,17	0,08	0,31	0,05	0,03	0,14
122	1,17	0,08	0,29	0,06	0,04	0,04
200	1,03	0,80	0,28	0,05	0,03	0,03
201	1,08	0,06	0,24	0,05	0,03	0,03
202	1,19	0,07	0,20	0,06	0,04	0,04
210	1,11	0,08	0,31	0,04	0,03	0,04
211	1,23	0,09	0,33	0,07	0,05	0,05
212	1,13	0,08	0,03	0,07	0,04	0,04
220	1,32	0,10	0,34	0,08	0,04	0,05
221	1,34	0,11	0,36	0,07	0,05	0,04
222	1,34	0,10	0,35	0,06	0,05	0,05

TABELA 75. Análise da variância da extração de N,P,K,Ca,Mg e S pelos grãos de soja, sob o efeito das doses de NPK aplicadas.

<u>NITROGÊNIO</u>					<u>FÓSFORO</u>				
C.V.	G.L.	S. Q.	Q. M.	F.	C.V.	G.L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	12434.187511	6217.093755	0.0591	N	2	12.240234	6.120117	0.0085
P	2	980489.063232	454234.531616	4.3242*	P	2	8170.419437	4085.209718	5.7049**
K	2	13111.437511	6555.718755	0.0624	K	2	342.268554	171.134177	0.2389
N * P	4	573744.937988	143436.234497	1.3654	N * P	4	2369.466310	592.366577	0.8272
N * K	4	51127.437530	12781.859382	0.1216	N * K	4	202.300293	50.575073	0.0706
P * K	4	267619.812744	66904.953186	0.6369	P * K	4	1398.441895	349.610473	0.4882
TRATAM.	18	1826522.938964	83924.406311	0.7989	TRATAM.	18	12495.112800	571.429819	0.7979
BLOCOS	2	94633.250091	47316.625045	0.4504	BLOCOS	2	99.135253	49.567626	0.0692
RESÍDUO	60	3507089.751953	105046.224853		RESÍDUO	60	24245.173355	716.086868	
TOTAL	80	5428245.941406		C.V. % = 26,40	TOTAL	80	36839.421417		C.V. % = 29,68

<u>CÁLCIO</u>					<u>POTÁSSIO</u>				
C.V.	G.L.	S. Q.	Q. M.	F.	C.V.	G.L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	706.439697	353.219848	0.3594	N	2	239.964843	119.982421	0.0157
P	2	3472.185549	1736.092774	1.7669	P	2	69784.015686	34892.007843	4.5760*
K	2	104.307617	52.153808	0.0530	K	2	1373.734376	686.867188	0.0900
N * P	4	343.293701	85.823701	0.0873	N * P	4	27008.492210	6752.123052	0.8855
N * K	4	875.653565	218.913391	0.2227	N * K	4	3341.007914	835.251953	0.1095
P * K	4	2387.468997	596.867249	0.6074	P * K	4	13041.410167	3260.352541	0.4.75
TRATAM.	18	7889.338628	464.210139	0.4724	TRATAM.	18	114788.339904	5420.891231	0.7109
BLOCOS	2	2168.829347	1084.414673	1.1036	BLOCOS	2	6969.214849	6072.607224	0.4569
RESÍDUO	60	28182.355979	982.558528		RESÍDUO	60	252648.511840	7625.001693	
TOTAL	80	38160.523971		C.V. % = 49,77	TOTAL	80	373406.066772		C.V. % = 27,79

<u>MAGNÉSIO</u>					<u>ENXOFRE</u>				
C.V.	G.L.	S. Q.	Q. M.	F.	C.V.	G.L.	S. Q.	Q. M.	F.
N	2	16.136596	8.068298	0.0570	N	2	2079.647829	1039.823914	0.4250
P	2	1120.332398	560.166199	3.9577*	P	2	6184.044681	3092.022340	1.2638
K	2	2.274658	1.137329	0.0080	K	2	1915.731934	957.865967	0.3915
N * P	4	389.541870	97.385467	0.6880	N * P	4	2311.345950	577.836487	0.2361
N * K	4	160.672485	40.168121	0.2837	N * K	4	3584.089235	896.022308	0.3662
P * K	4	293.408691	73.352172	0.5182	P * K	4	3012.259401	753.064850	0.3078
TRATAM.	18	1982.360719	92.360719	0.6529	TRATAM.	18	19087.110122	1127.536410	0.4608
BLOCOS	2	15.520629	7.760314	0.0548	BLOCOS	2	3518.880006	1759.440003	0.7191
RESÍDUO	60	5047.765018	141.538153		RESÍDUO	60	70957.331512	2446.460239	
TOTAL	80	7045.646366		C.V. % = 27,24	TOTAL	80	93563.321624		C.V. % = 101,70

N * P = N x P
 N * K = N x K
 P * K = P x K

Os efeitos da adubação NPK aplicada ao solo, na extração de N, P, K e Mg pelos grãos de soja, se devem provavelmente à maior produção de grãos provocada pela dose de 120kg de P_2O_5 /ha, quando comparada com a dose 0 kg de P_2O_5 /ha, uma vez, que não houve efeitos significativos para as concentrações de nutrientes nos grãos.

5. CONCLUSÕES

Considerando as condições em que foi conduzido o experimento, foi possível chegar, às seguintes conclusões:

5.1. Crescimento e produção:

- Os tratamentos com NPK afetaram o crescimento das plantas de soja;
- A maior velocidade de crescimento ocorreu ao redor dos 61 dias de idade da planta;
- A produção de grãos foi afetada somente pelas doses de fósforo aplicadas.

5.2. Concentração de nutrientes:

a. Na época de maior exigência da cultura:

- A dose de 40 kg de Nitrogênio, por hectare, aumentou a concentração do mesmo nas folhas superiores;
- A dose de 120 kg de P_2O_5 , por hectare, aumentou as concentrações de fósforo e potássio nas folhas superiores;
- As maiores concentrações de cálcio e magnésio foram encontradas nas folhas inferiores, enquanto as de enxofre apareceram nas folhas superiores, independente da adubação NPK aplicada.

b. Durante o período estudado:

- As maiores concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre foram encontradas nas folhas superiores;
- As maiores concentrações de cálcio e magnésio localizaram-se nas folhas inferiores;
- As variações nas concentrações de fósforo e magnésio com a idade das plantas, foram afetadas pelas doses de fósforo aplicadas ao solo;
- Não houve diferenças nas concentrações dos nutrientes analisados nos grãos.

5.3. Extração de nutrientes:

a. Pelas plantas:

- O período de maior velocidade da absorção dos nutrientes estudados, pelas folhas e caules, estão entre 44 à 58 dias de idade para as primeiras e entre 55 à 76 dias de idade para os últimos;
- As quantidades de nutrientes extraídos foram afetadas pelas partes das plantas e, com exceção de nitrogênio e magnésio, pelas doses de fósforo aplicadas.

b. Pelos grãos:

- A acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio nos grãos de soja foi afetado, somente pelas doses de fósforo aplicadas. O acúmulo de cálcio e enxofre nos grãos não sofreu influência da adubação NPK;
- A exportação de nutrientes através da colheita foi afetada apenas pelo efeito dos tratamentos na produção de grãos.

6. RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido visando atingir os seguintes objetivos:

a. Efeito da adubação com níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, no crescimento e na produção da soja;

b. Determinação das concentrações de macronutrientes, nas partes da planta, em função de níveis de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio;

c. Determinação da marcha de absorção de macronutrientes, subdividida em três sub-ítem:

c.1. Época de maior exigência da cultura;

c.2. Quantidade de nutrientes extraídos pelas diversas partes da planta;

c.3. Quantidade exportada pela produção:

Para verificar os parâmetros propostos, foi instalado um fatorial 3^3 - com três repetições em solo da série Guamium - nos campos experimentais ESALQ usando-se a cultivar IAC-2 de hábito de crescimento indeterminado. Foram aplicados no sulco, os seguintes níveis de adubação NPK: 0, 20 e 40 kg de N por

ha; 0, 60 e 120 kg de P_2O_5 por ha; e 0, 30 e 60 kg de K_2O por ha. Entretanto, visando a determinação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S, foram colhidas amostras de plantas para análise, em intervalos de 21 dias, a partir da emergência, até a queda parcial das folhas (105 dias de idade). Os grãos provenientes da produção de cada unidade experimental, também foram analisados para todos os elementos acima citados.

Da apreciação geral dos resultados obtidos, chegou-se as seguintes conclusões:

a. Crescimento e produção:

a.1. Os tratamentos com NPK afetaram o crescimento das plantas de soja;

a.2. A maior velocidade do crescimento ocorreu em torno dos 61 dias de idade da planta;

a.3. A produção de grãos foi afetada somente pelas doses de fósforo aplicadas ao solo.

b. Concentração de nutrientes:

b.1. Na época de maior exigência da cultura, a dose de 40 kg de nitrogênio por ha, aumentou a concentração do mesmo, nas folhas superiores; e, a dose de 120 kg de P_2O_5 por ha, aumentou as concentrações de fósforo e potássio nas folhas superiores; e, as maiores concentrações de cálcio e magnésio foram encontradas nas folhas inferiores, enquanto as de enxofre apareceram nas folhas superiores, independentes da adubação NPK aplicada ao solo;

b.2. Durante o período estudado, as maiores concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre foram encontradas nas folhas superiores; e as maiores concentrações de

cálcio e magnésio localizaram-se nas folhas inferiores; e, as variações nas concentrações de fósforo e magnésio com a idade das plantas, foram afetadas pelas doses de fósforo, aplicadas ao solo; entretanto, não houve diferenças nas concentrações dos nutrientes analisados nos grãos.

c. Extração de nutrientes:

c.1. O período de maior velocidade da absorção dos nutrientes estudados, pelas folhas e caules, estão entre 44 à 58 dias de idade para as primeiras e entre 55 à 76 dias de idade para os últimos; e as quantidades de nutrientes extraídos foram afetadas pelas partes das plantas - com exceção de nitrogênio e magnésio e pelas doses de fósforo aplicadas ao solo;

c.2. O acúmulo de nitrogênio e fósforo, potássio e magnésio nos grãos de soja, foi afetado somente pelas doses de fósforo aplicadas ao solo.

O acúmulo de cálcio e enxofre nos grãos, não sofreu influência da adubação NPK, A exportação de nutrientes através da colheita, foi afetada apenas pelo efeito dos tratamentos na produção de grãos.

7. SUMMARY

This study was conducted with the objectives of:

- a. Determining the effects of levels of nitrogen, phosphorus and potassium applied to the soil on growth and yield of soybean (Glycine max (L) Merrill);
- b. Determining the concentration of macronutrients in the plant as a function of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium;
- c. Determining the rate of macronutrient absorption, considering the following items:
 - c.1. periods of greatest need for macronutrient nutrition;
 - c.2. amount of macronutrients accumulated in the different parts of the plant;
 - c.3. amount of macronutrients exported in seeds.

A 3^3 factorial experiment with three replications was used in this study. The experimental area was located at Piracicaba (ESALQ). The soil belongs to the Guamium series. IAC-2, an indeterminate soybean cultivar, was used. N, P and K were applied in the rows at the levels of 0, 20 and 40 kg/ha (N), 0,

60 and 120 kg/ha(P_2O_5) and 0, 30 and 60 kg/ha (K_2O). Plant samples were taken at 21-day intervals starting at emergence and continuing until partial fall of the leaves (105 days after emergence). The several plant parts were analysed for macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and S). At maturity the seeds from each plant were harvested and analysed for macronutrients.

The following conclusions were reached:

a. Growth and yield:

- a.1. N, P and K had effect on the growth of the soy bean plants;
- a.2. The plants had their highest rate of growth 61 days after emergence;
- a.3. The production of grains was affected only by the levels of phosphorus applied to the soil;

b. Concentration of nutrients:

- b.1. During the period of greatest efficiency of the crop, the level of 40 kg/ha of nitrogen increased the nitrogen concentration in the upper leaves. The level of 120 kg/ha of P_2O_5 increased the concentration of phosphorus and potassium in the upper leaves. The highest concentration of calcium and magnesium were found in the lower leaves, while the highest concentrations of sulphur were found in the upper leaves, independent of the levels of N, P and K applied to the soil.
- b.2. In this study the highest concentration of N, P, K and S were found in the upper leaves. The concentrations of P and Mg varied with the age of the plants and were affected by the levels of P applied

to the soil, but there was no difference in concentration of the nutrients in the grains.

c. Absorption of nutrients:

c.1. The period of highest rate of absorption of the nutrients under study by leaves and stems occurred between 44 and 55 days of age for the leaves, and between 55 and 76 days for the Stems. The amounts of nutrients removed, with exception of N and Mg, were affected by the levels of phosphorus applied to the soil, with exception of N and Mg, the nutrient content varied among plant parts:

c.2. The accumulation of N, P, K and Mg in the soybean seeds was influenced only by the levels of phosphorus applied to the soil. The accumulation of Ca and S in the seeds were not affected by the levels of N, P and K. The removal of nutrients through harvest was influenced only by the effects of the treatments on yield of seeds.

8.

L I T E R A T U R A C I T A D A

BAGAEV, V.B. 1958. The effect of the condition of phosphorus nutrition on the growth of the soya plant and the quality of the crop. Soils and Fertilizers 1958 (21).

CORDEIRO, O.S. 1975. Níveis de umidade em um solo hidromórfico (RS) e seus efeitos no desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L) Merrill) Piracicaba, ESALQ/USP, 84p. (Dissertação de Mestrado).

de MOOY, C.J., J. PESEK., E. SPALDON. 1973. Mineral nutrition In: CALDWELL, B.E. Soybean: improvement, production and uses. Madison, American Society of Agronomy 9: 267-334.

EVANS, C.E., O.J. LATHWELL., H.J. MEDERSKI. 1950. Effect of deficient or toxic levels of nutrients in solution on foliar symptoms and mineral content of soybean leaves as measured by spectrographic methods. Agronomy Jour. 42: 25-32.

GARCIA, R. e J. HANWAY. 1976. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. Agronomy Jour. 68: 653-657.

GARGANTINI, H., F.A.S. COELHO., F. VERLENGIA e S. SOARES. 1970. Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Campinas, IAC-32p.

GOEPFERT, C.F. 1971. Importância do fósforo na nodulação e no rendimento da soja (*Glycine max* (L) Merrill), Agronomia

- GOEPFERT, C.F. e J.R.J. FREIRE. 1972. Experimento sobre o efeito da calagem e do fósforo em soja (*Glycine max.* (L) Merrill). Agronomia Sulriograndense 8 (2): 181-186.
- HAMMOND, L.C., C.A. BLACK. A.G. NORMAN 1951. Nutrient Uptake by soybeans on two Iowa soils. Iowa Agric. Expt. Sta. Res. Bull. 384: 463-512.
- HANWAY, J. e H.E. THOMPSON. 1971. 1971. How a soybean plant develops. Special report 53. Iowa State University.
- HANWAY, J.J. e C.R. WEBER. 1971. Accumulation of N, P, and K by soybean (*Glycine max* (L) Merrill) plants. Agronomy Jour. 63:406-408.
- HANWAY, J.J. e C.R. WEBER. 1971. N,P and K percentages in soybean (*Glycine max* (L) Merrill) plant parts. Agronomy Jour. 63: 286-290.
- HANWAY, J.J. e C.R. WEBER. 1971 a. Dry matter Accumulation in soybean (*Glycine max* (L) Merrill) plants as influenced by N,P and K fertilization. Agron. Jour. 63: 263-266.
- HANWAY, J.J. e C.R. WEBER. 1971. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L) Merrill) varieties. Agron. Jour. 63: 277-230.
- HENDERSON, J.B. e E.J. KAMPRATH. 1970. Nutrient and dry matter accumulation by soybeans. N.C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. n° 197.
- HOWELL, R.W. 1954. Phosphorus nutrition of soybeans. Plant. Physiol. 29: 477-483.
- HOWELL, R.W. 1960. Physiology of the soybean. Advances in Agronomy 12: 265-309.
- ISLAM. A. 1964. The yield and chemical composition of soybeans as affected by three levels of complementary nutrients as associated with five levels of phosphorus. Soils and Fertilizers 1966 (29).

lizers 1966 (29).

KAMPRATH, E. J., e E. V. MILLER. 1958. Soybean yields as a function of the Soil phosphorus level. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 22: 317-219.

KEOGH, J.L.R. MAPLES. 1970. Soybean fertilization: timing and placement of phosphorus and potassium. Soils and Fertilizers. 1971.

LATHWELL, D.J., e C.E. EVANS. 1951. Nitrogen uptake from solution by soybeans at successive stages of growth. Agronomy Jour. 43: 264-270.

LIMA, L.A. de P., C. VIEIRA., T. SEDIYAMA., C.S. SEDIYAMA 1974. Resposta diferencial de quatro variedades de soja a adubação fosfatada e potássica em três localidades do Estado de Minas Gerais. Experimentiae 17 (4): 63-83.

LORENZ, E.O. 1974. The importance of soybean in Brazil. Span 17.3. 121-123.

MANDAL, S.C. e S.N. TEWARI: 1970. Effect of Mg and K supply on the uptake of Mn and Mo by soybean plants. Soil and Fertilizers (34) 1971.

MASCARENHAS, H. A.A. 1972. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja, durante o seu ciclo vegetativo. Piracicaba, ESALQ/USP, 100 p. (Tese de Doutorado).

MASCARENHAS, A.A.A. e S. MIYASAKA. 1968. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo latossolo roxo com vegetação de cerrado recém desbravado. Bragantia 27 (25): 279-289.

McALISTER, D.F., e D.A. KROBER. 1951. Translocation of food reserves from soybean cotyledons and their influence on the development of the plant. Plant Physiol. 26: 525-528.

- MIYASAKA, S., E.S. FREIRE., H.A.A. MASCARENHAS. 1964. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia 23(5): 45-54.
- MIYASAKA, S., C. ALENCAR., E.S. FREIRE. 1966. Resposta da soja para N,P,K,S e micronutrientes em solos pobres de Itararé (São Paulo). Bragantia, 25: XXIX-XXXIII.
- MILLER, R.J., J.T. PESEK e J.J. HANWAY. 1961. Relationships between soybean yield and concentration of phosphorus and potassium fertilizers. Agronomy Jour. 53: 393-396.
- NEUNYLOV, B.A. e Y.I. SLABKO. 1967. The nitrogen fertilization of soybeans. Agrokhimiya, 11: 45-51.
- OHLROGGE, A.J. 1960. Mineral nutrition of soybeans. Advances in Agronomy 12: 229-263.
- OHLROGGE, A.J. 1966. Mineral nutrition of soybeans. Plant Food Rev. 12 (4): 6-7.
- OHLROGGE, A.J., e E.J. KAMPRATH. 1968. Fertilizer use on soy bean. In: NELSON, L.B. Ed. Changing Patterns in Fertilizer use. Soil. Sci. Soc. Amer. 273-295.
- PESEK, J. 1968. Potassium nutrition of soybeans and corn. In: The Role Potassium in Agriculture. Amer. Soc. of Agronomy. Madison. 447-468.
- RANZANI, G., O. FREIRE, T. KINJO. 1966. 1966. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba - Centro de Estudo de Solos. 85 p.
- RIOS G.P., H.L. SANTOS 1973. Adubação nitrogenada na soja (Glycine max (L) Merrill) Em solos sob vegetação de cerrado. Pesquis. Agropec. Bras. Agron. 816: 63-67.
- ROSS, J.P. 1959. Nitrogen fertilization on the response of soy beans infected with Heterodera glycines. Soils And Fertilizers. 1960 (23).

- RUBES, L. 1974. The effect of nitrogen and molybdenum on nodule formation in soybean (*Glycine max* (L) Merrill) Soils and Fertilizers. 1974 (37): 10.
- SARRUGE, J.R. H.P. HAAG. 1974. Análise químicas em plantas. Piracicaba. ESALQ/USP - 55p.
- SINHA, H. 1962. Effects of potassium-boro interactions upon growth and composition of soybean and vegetable crops. Soils and Fertilizers Diss. Abstr. 22, 1343-1344.
- TEWARI, S.N. e S.C. MANDAL. 1972. Effect of calcium and magnesium on Mg-P relationship in soybean plant. Soils and Fertilizers (36): 11.
- VIDOR, C., J.R.J. FREIRE. 1971. Calibração de Análise de solo para a cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill). Agronomia Sulriograndense. 7: 63-72.
- VIDOR, C. J.R. J. FREIRE, H. M. GONÇALVES., J.E. GOMES, J.P. GUTERRES e J. GONÇALVES. 1973. Análise de um grupo de experimentos de adubação com fósforo, potássio e calcário em soja (*Glycine max* (L) Merrill). Agronomia Sulriograndense 9 (1): 33-39.
- WEBB, J. R., A.J. OHLROGGE e S.A. BARBER. 1954. the effect of magnesium upon the growth and the phosphorus content of soybean plant. Soil. Sci. Amer. Proc. 18 458-462.
- WEBER, J.B. e A.C. CALDWELL. 1962. Soybean chlorosis from heavy fertilization. Agronomy Jour. 54: 425-427.
- WELCH, C.D., N.S. HALL., and W.L. NELSON. 1949. Utilization of fertilizer and soil phosphorus by soybeans. Soil. Sci. Amer. Proc. 14: 231-235.
- WOODING, F.J. G.M. PAULSEN., L.S. MURPHY. 1972. Sulphur composition of soybeans as affected by macronutrient deficiencies. Soils and Fertilizers. 1972 (35): 5.