

EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELA SOJA (*Glycine max* (L.)  
Merrill) EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE NPK\*

Daltro Silva Cordeiro\*\*  
José Renato Sarruge\*\*\*  
Henrique Paulo Haag\*\*\*  
Gilberto Diniz de Oliveira\*\*\*  
Ronaldo Ivan Silveira\*\*\*\*

*RESUMO*

O presente trabalho foi desenvolvido visando atingir os seguintes objetivos:

1. quantidade de nutrientes extraídos pelas diversas partes da planta;
2. quantidade exportada pela produção.

Foi instalado em fatorial  $3^3$  com três repetições em solo da série Guamium em

- 
- \* Entregue para publicação em 27.11.1979.  
Parte da tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.
- \*\* Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR.
- \*\*\* Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.
- \*\*\*\* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

Piracicaba, SP, usando-se a cultivar IAC-2 de hábito de crescimento indeterminado. Foram aplicados no sulco: 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. Foram colhidas amostras de plantas, em intervalos de 21 dias, a partir da emergência, até a queda parcial das folhas (105 dias) e analisadas para N, P, K, Ca, Mg e S. Os grãos, também foram analisados para os elementos citados.

O período de maior velocidade da absorção dos nutrientes pelas folhas e caules está entre 44 a 58 dias de idade para as folhas e entre 55-76 dias para os caules. As quantidades de nutrientes extraídos foram afetados pelas partes da planta, com exceção de N e Mg e pelas doses de P aplicados. O acúmulo de N, P, K e Mg nos grãos foi afetado somente pelas doses de P aplicados. O acúmulo de Ca e S nos grãos não sofreu influência da adubação NPK.

## INTRODUÇÃO

A demanda de óleos vegetais e produtos derivados no mercado internacional é um fato incontestável. Por outro lado, o consumo interno desses produtos acompanha 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 problemas da nutrição mineral da soja tem 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 MOOY *et alii* (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.

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 valor no período compreendido entre 100 e 120 dias.

A curva de acumulação de nutrientes, obtida por HANWAY & 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 mesmos 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, provocaram 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 de MOOY *et alii* (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.

O presente trabalho foi desenvolvido no sentido de atingir os seguintes objetivos:

- . Determinação da marcha de absorção de macronutrientes:
- . época de maior exigência da cultura;
- . quantidade de nutriente extraído pelas diversas partes da planta;
- . quantidade exportada pela produção.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Piracicaba, SP na série Guamium (RANZANI, 1966), utilizando-se a cultivar IAC-2 de crescimento indeterminado. Trata-se de um solo com fertilidade mediana, apresentando um baixo nível em  $PO_4^{3-}$  e um índice de pH baixo (5.2). Procedeu-se à correção do pH, mediante a calagem 80 dias antes da instalação do experimento. O delineamento experimental foi um fatorial  $3^3$  com três repetições constituído dos tratamentos:

Elemento	dose (kg/ha)			Fontes
N	0	20	40	sulfato de amônio (21% N)
P( $P_2O_5$ )	0	60	120	superfosfato triplo (19,8% P)
K( $K_2O$ )	0	30	60	cloreto de potássio (60% $K_2O$ )

Além da adubação nitrogenada, as sementes foram inoculadas com o *Rhizobium* específico. A unidade experimental constava de 10 metros por 6 metros, sendo que no sentido longitudinal, deixou-se 1 metro nos extremos como bordas. As 10 fileiras de plantas separadas por 0,60 metros foram distribuídas da seguinte forma: 4 fileiras de borda; 4 fileiras para amostragem de tecido; 2 fileiras centrais para medida da produção de grãos.

O adubo foi colocado no sulco, do lado e abaixo da semente, sendo que todo o fósforo e potássio adicionados no plantio. O nitrogênio, com um terço no plantio e dois terços 45 dias, após a germinação. Após o desbaste foram deixadas 24 plantas por metro linear. As amostras foram colhidas em intervalos de 21 dias a partir da emergência até a queda parcial das folhas (105 dias). O material coletado foi tratado de acordo com as instruções contidas em SARRUGE & HAAG (1974) e subdividido em:

Folhas superiores (terço superior da planta);

Folhas intermediárias;

Folhas inferiores (terço inferior da planta);

Caule (principal + hastes).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *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 1.

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na Tabela 2.

Os efeitos encontrados foram submetidos à análise de regressão e os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 1 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Idade da Planta*	N extraído	
		Folhas	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

Tabela 2 - 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.	Q.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

Tabela 3 - Equações representativas da extração de nitrogênio pelas folhas e caules com seus respectivos coeficientes de determinação

Partes	Equações	R <sup>2</sup> (%)
Folhas	$\hat{Y}=279,8916 - 23,70865x + 0,619682x^2 - 3,84470 \cdot 10^{-3} x^3$	99,07
Caules	$\hat{Y}=186,7998 - 14,6276x + 0,320725x^2 - 1,80217 \cdot 10^{-3} x^3$	98,05

Os pontos estimados de máxima, mínima e de inflexão da extração de nitrogênio em função da idade, aparecem na Tabela 4.

A extração de nitrogênio pelas folhas de soja, conforme a Figura 1, é crescente até os 83 dias de idade. Atinge o seu ponto máximo (maior acúmulo de nitrogênio) com um valor de 382,76 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 frutos. 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 & KAMPRATH (1968) afirmaram 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 & KAMPRATH (1971), HANWAY & 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 2. 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 pelo 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.



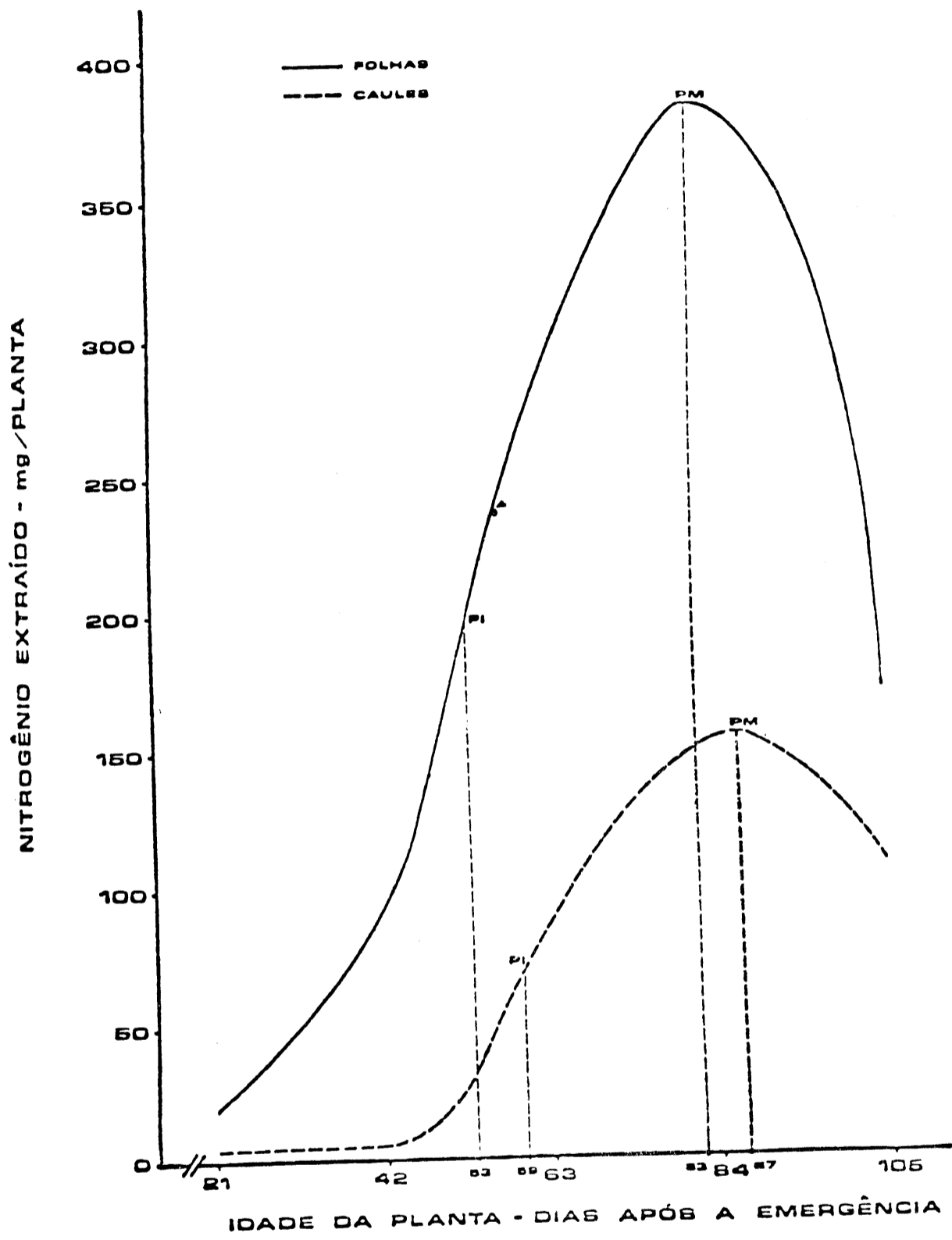


FIGURA 1.- Pontos de máxima e de inflexão da extração de nitrogênio, pelas folhas e caules de soja em função da idade da planta.

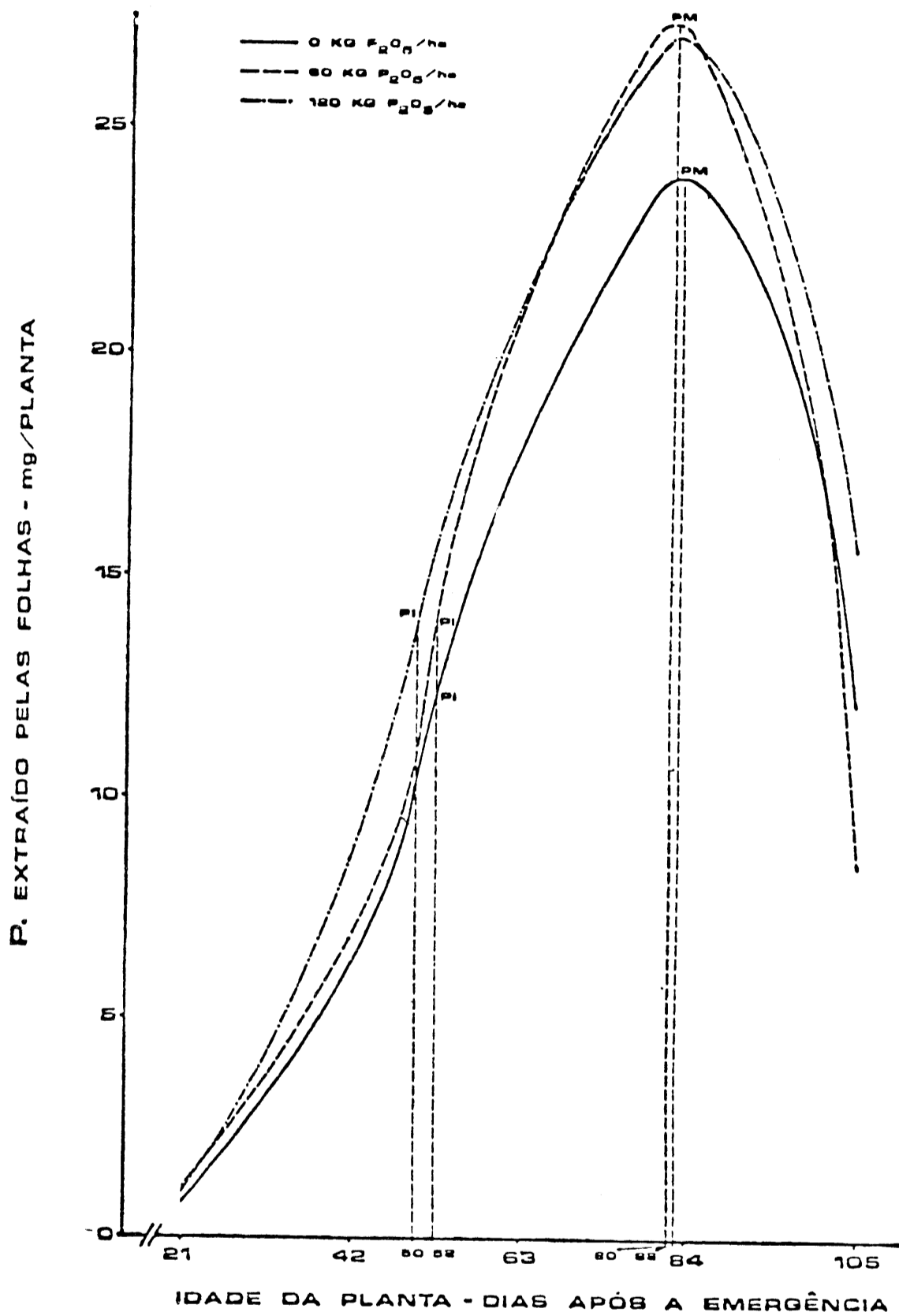


FIGURA 2 . Pontos de máxima e de inflexão da extração de fósforo pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

Tabela 4 - 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

*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 5.

Tabela 5 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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 aparece na Tabela 6.

Tabela 4 - 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

Tabela 7 - Equações representativas da extração de fósforo pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação

kg/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Partes	Equações	R <sup>2</sup> (%)
0	Folhas	$\hat{Y}=13,07011-1,20013x+3,37472 \cdot 10^{-2}x^2-2,13230 \cdot 10^{-4}x^3$	99,97
	Caules	$\hat{Y}=18,99348-1,49559x+3,28916 \cdot 10^{-2}x^2-1,887615 \cdot 10^{-4}x^3$	97,70
60	Folhas	$\hat{Y}=20,00583-1,74970x+4,66876 \cdot 10^{-2}x^2,95832 \cdot 10^{-4}x^3$	99,56
	Caules	$\hat{Y}=26,15676-2,03616x+3,28916 \cdot 10^{-2}x^2,87615 \cdot 10^{-4}x^3$	94,22
120	Folhas	$\hat{Y}=8,39595-0,88877x+2,97444,10^{-2}x^2-1,96373 \cdot 10^{-4}x^3$	99,42
	Caules	$\hat{Y}=15,32127-1,25511x+2,90294,10^{-2}x^2-1,59151 \cdot 10^{-4}x^3$	99,93

Tabela 8 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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 3, é relativamente lenta no início do crescimento, acelerando até o período entre 50 a 52.7 dias (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 decresceram 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 3, que a extração de fósforo pelo caule da planta foi proporcional às doses de fósforo aplicados. WELCH *et alii* (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 3, 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, provavelmente, devido à maior disponibilidade de fósforo pelo tratamento. A maior velocidade de absorção de fósforo, sob as doses zero e 60kg/ $P_2O_5$ /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 acumulada corresponde a 47,67% da quantidade extraída pela planta. A maior velocidade de extração influenciada pela dose de 120 kg/ $P_2O_5$ /ha, ocorreu aos 50 dias de idade, com valor de 10,51 mg de fósforo, correspondendo a 48,67% da extração calculada. Semelhante ao nitrogênio, acúmulo de fósforo na planta, segue um esquema semelhante de matéria seca; isto é, o acúmulo



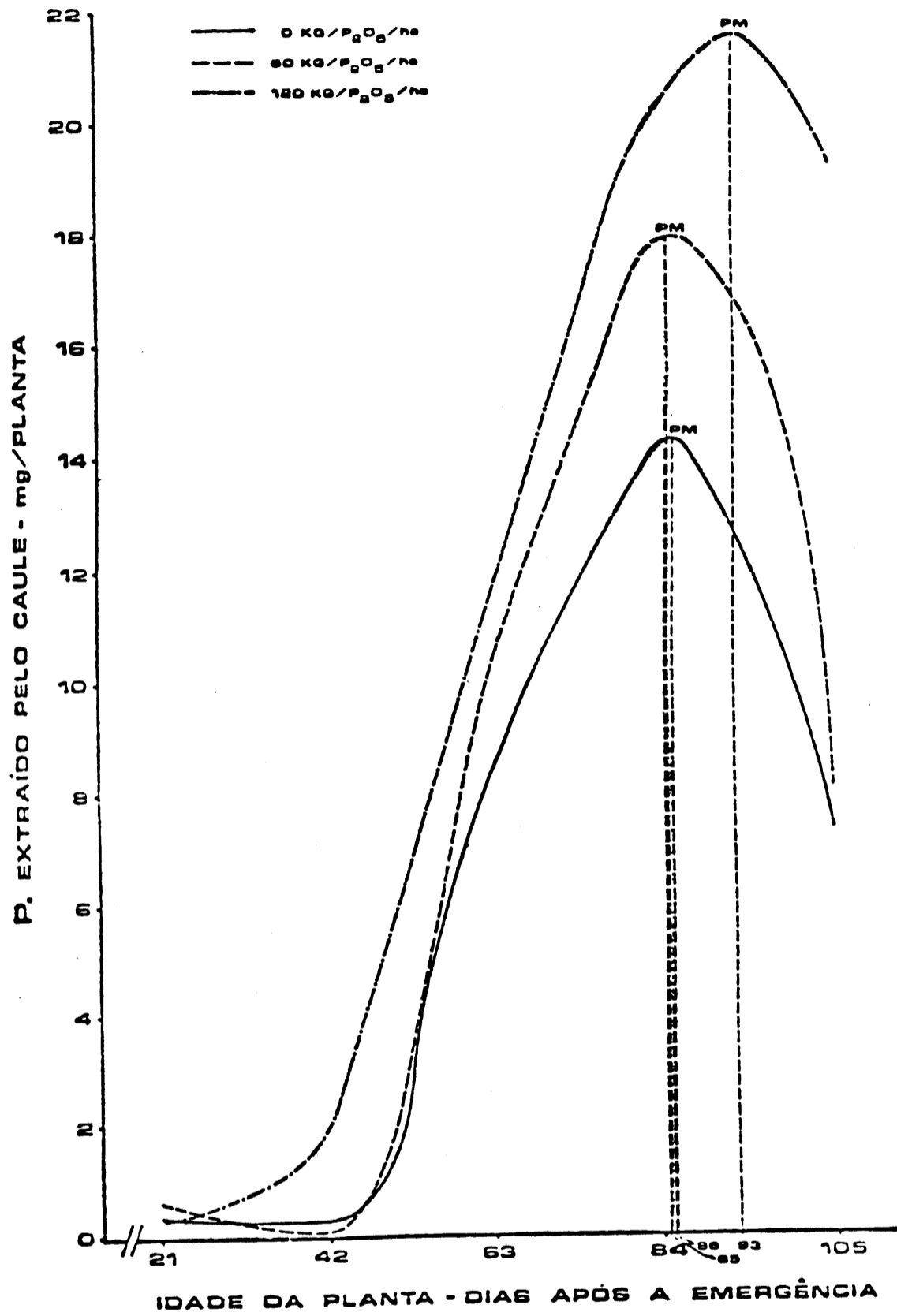


FIGURA 3. Pontos de máxima e de inflexão da extração de fósforo pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

inicial lento vai crescendo mais rapidamente até o início do enchimento do grão, o que concorda com HANWAY & 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  $P_2O_5$  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. OHL ROGGE (1960), HENDERSON & CAMPRATH (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.

### *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 9.

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na Tabela 10.

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 11.

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 12.

A análise da Figura 4 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.

Tabela 9 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Idade da Planta*	K. extraído	
		Folhas	mg/planta 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

Tabela 10 - 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**
(z) 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	362332,93005	12494,23897	61,9437**
Blocos	2	1717,16406	858,58203	4,2566**
Resíduo	58	11698,77930	201,70309	
Total	89	375748,87341		

Tabela 11 - Equações representativas da extração de potássio pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação

kg/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Partes	Equações	R <sup>2</sup> (%)
0	Folhas	$\hat{Y}=93,50944-8,33817x+0,23362x^2-1,45940 \cdot 10^{-3}x^3$	98,97
	Caules	$\hat{Y}=121,85884-10,11060x+0,23945x^2-1,42047 \cdot 10^{-3}x^3$	99,98
60	Folhas	$\hat{Y}=156,80517-13,00398x+0,33370x^2-2,06352 \cdot 10^{-3}x^3$	95,78
	Caules	$\hat{Y}=176,33598-14,24509x+0,32949x^2-1,936165 \cdot 10^{-3}x^3$	98,14
120	Folhas	$\hat{Y}=1,25065-2,44965x+0,14459x^2-1,15835 \cdot 10^{-3}x^3$	99,55
	Caules	$\hat{Y}=82,71993-7,82716x+0,21445x^2-1,29188 \cdot 10^{-3}x^3$	98,33

Tabela 12 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Partes da Planta	Máximo		Mínimo		Inflexão	
		Idade*	K. extraído (mg/planta)	Idade	K. extraído (mg/planta)	Idade	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

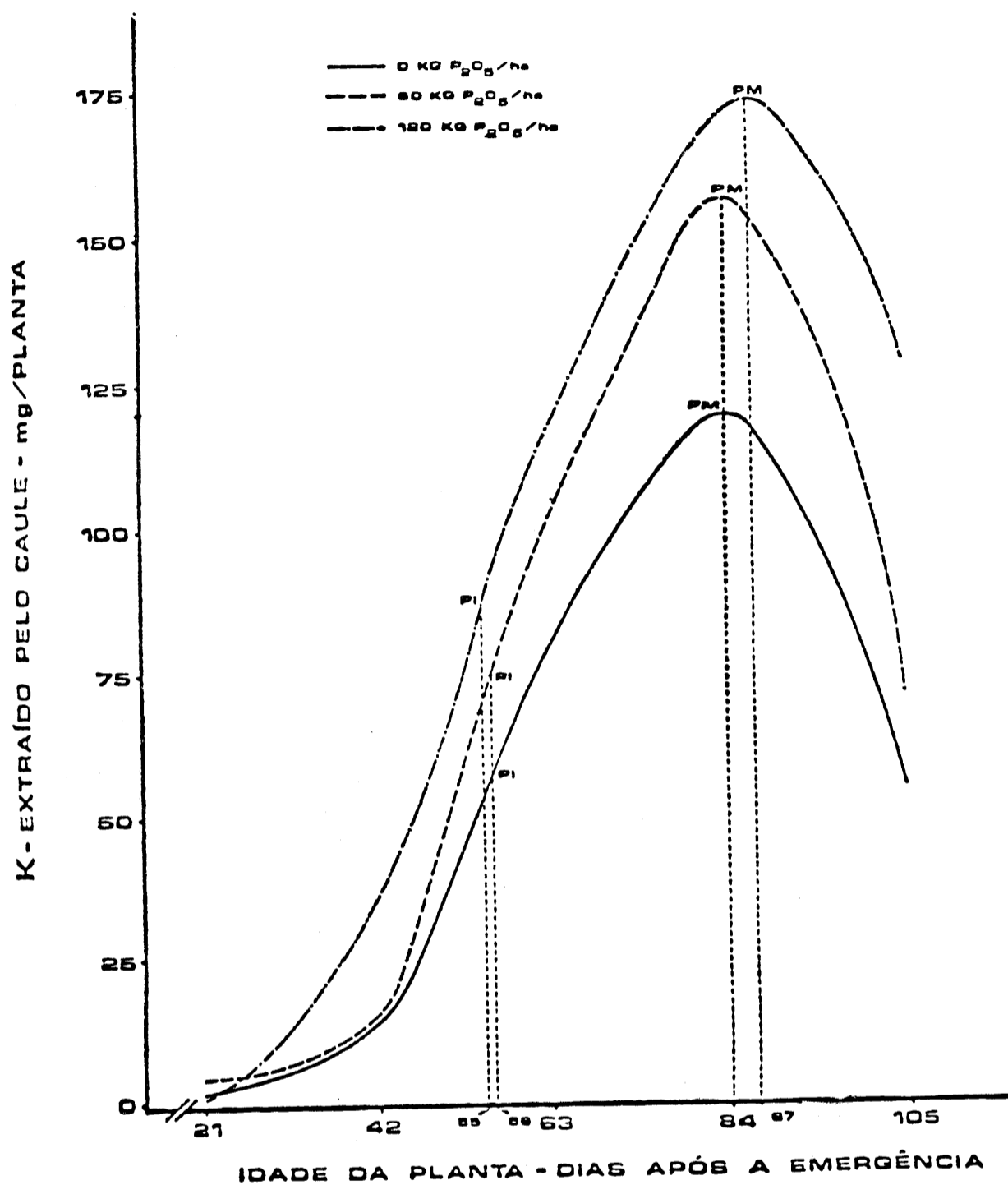


FIGURA 4 - Pontos de máxima e de inflexão da extração de potássio pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

MILLER *et alii* (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 5, 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/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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 e 196 mg/planta), com vantagem em favor da dose de 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que por sinal, é semelhante no ponto de máxima extração, à dose de 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (200 mg/planta).

Depois desse ponto, os teores de potássio decresceram, devido a translocação do elemento para os grãos, em formação (GARCIA & HANWAY, 1976). Pelos resultados obtidos, verificou-se que os pontos de máxima extração, tanto pelas folhas 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 & 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.



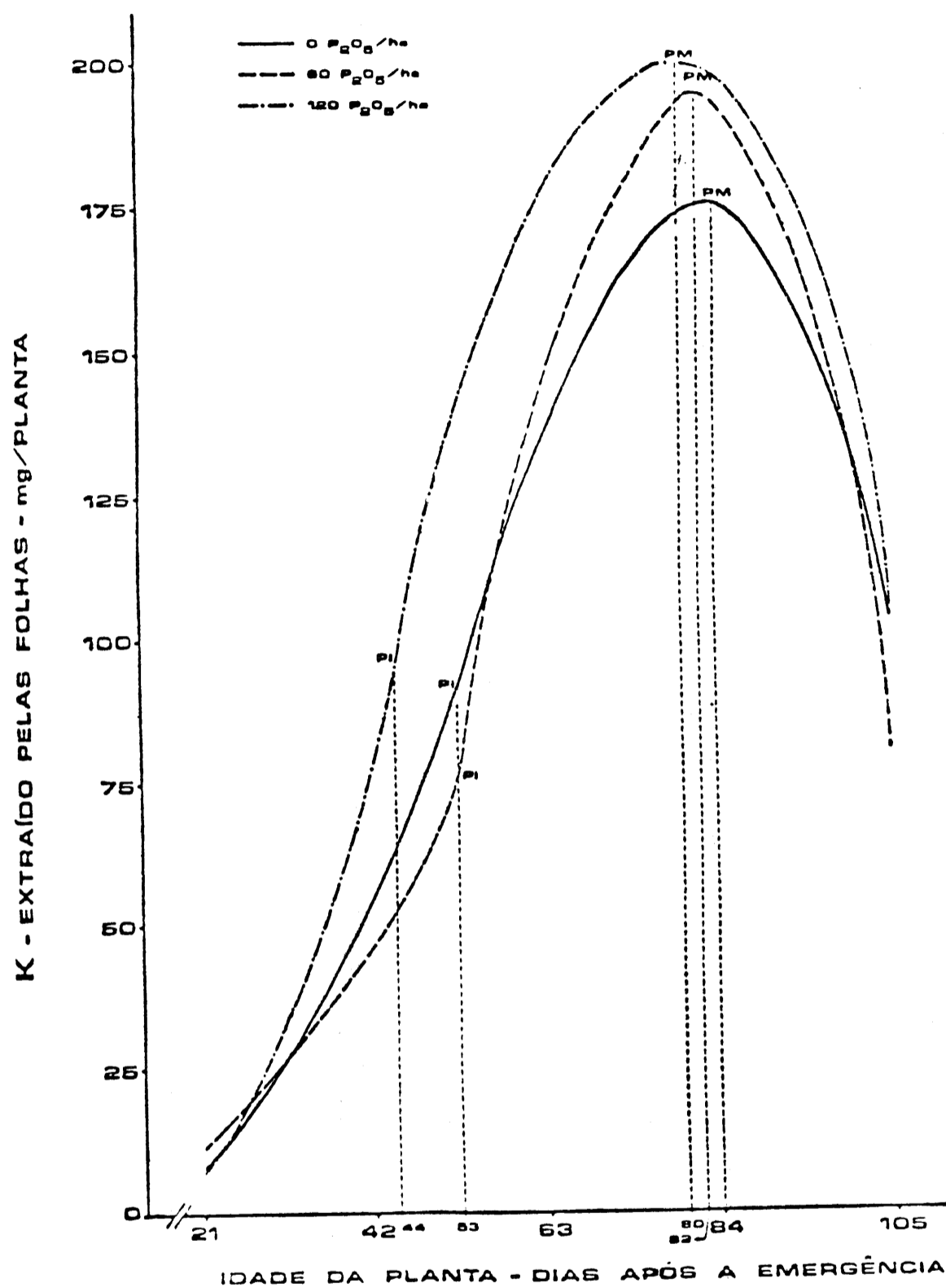


FIGURA 5 - Pontos de máxima e de inflexão da extração de potássio pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

*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 13.

Tabela 13 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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
63	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 14.

Tabela 14 - 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) Época	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 15.

Tabela 15 - Equações representativas da extração de cálcio pelas folhas e caules com seus respectivos coeficientes de determinação

kg/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Partes	Equações	R <sup>2</sup> (%)
0	Folhas	$\hat{Y}=100,14043+8,31274x+0,20701x^2-1,17556 \cdot 10^{-3}x^3$	99,15
	Caulles	$\hat{Y}=60,58712+4,82742x+0,10941x^2-6,17642 \cdot 10^{-4}x^3$	98,83
60	Folhas	$\hat{Y}=120,66196-9,80287x+0,24151x^2-1,43649 \cdot 10^{-3}x^3$	96,04
	Caulles	$\hat{Y}=45,87421-3,74430x+8,90966 \cdot 10^{-2}x^2-5,18753 \cdot 10^{-4}x^3$	98,79
120	Folhas	$\hat{Y}=23,93907-3,08237x+0,12130x^2-7,93919 \cdot 10^{-4}x^3$	99,96
	Caulles	$\hat{Y}=58,81848-4,78760x+0,11226x^2-6,38939 \cdot 10^{-4}x^3$	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 16.

Pela figura 6, 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/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; e, a acumulação é maior para as plantas que receberam 120 kg/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. A absorção de cálcio acelera até 51 a 58 dias (pontos de inflexão da curva), onde as quantidades (76,70 a 87,73 mg) acumuladas correspondentes a 50,76 e 50,95% da extração máxima são semelhantes para as doses de 60 e 120 kg/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

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 alii* (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 7, 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 (ponto de inflexão) as quantidades acumuladas 26,26 e 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha foi inferior à dose zero de fósforo que por sua vez foi inferior à dose de 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Este resultado indica que o acúmulo de cálcio nos caules é influenciado pelas doses de fósforo, com comportamento diferente daquele ocorrido nas folhas.

Tabela 16 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Partes da Planta	Máximo		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	76,78	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

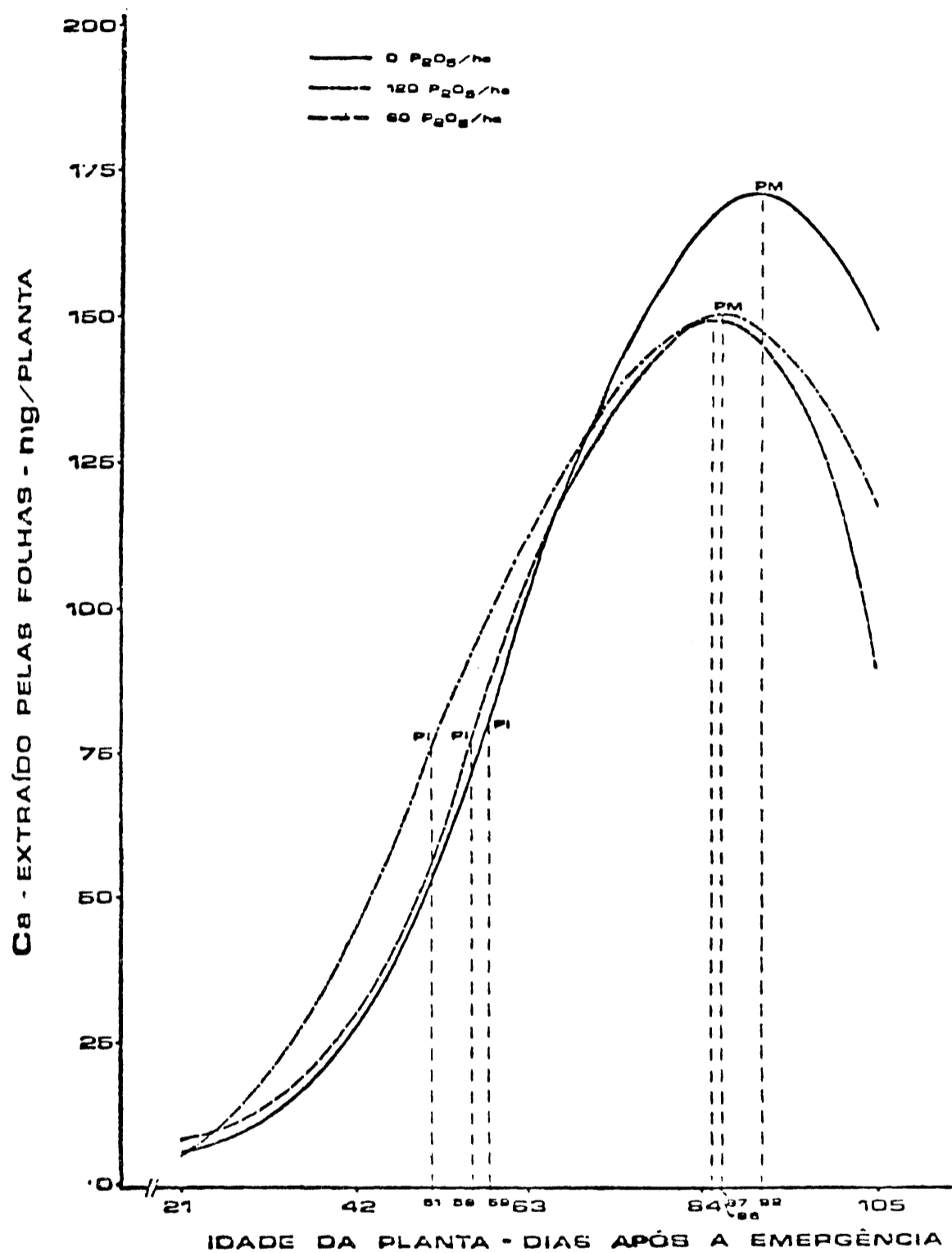


FIGURA 6 - Pontos de máxima e de inflexão da extração de cálcio pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

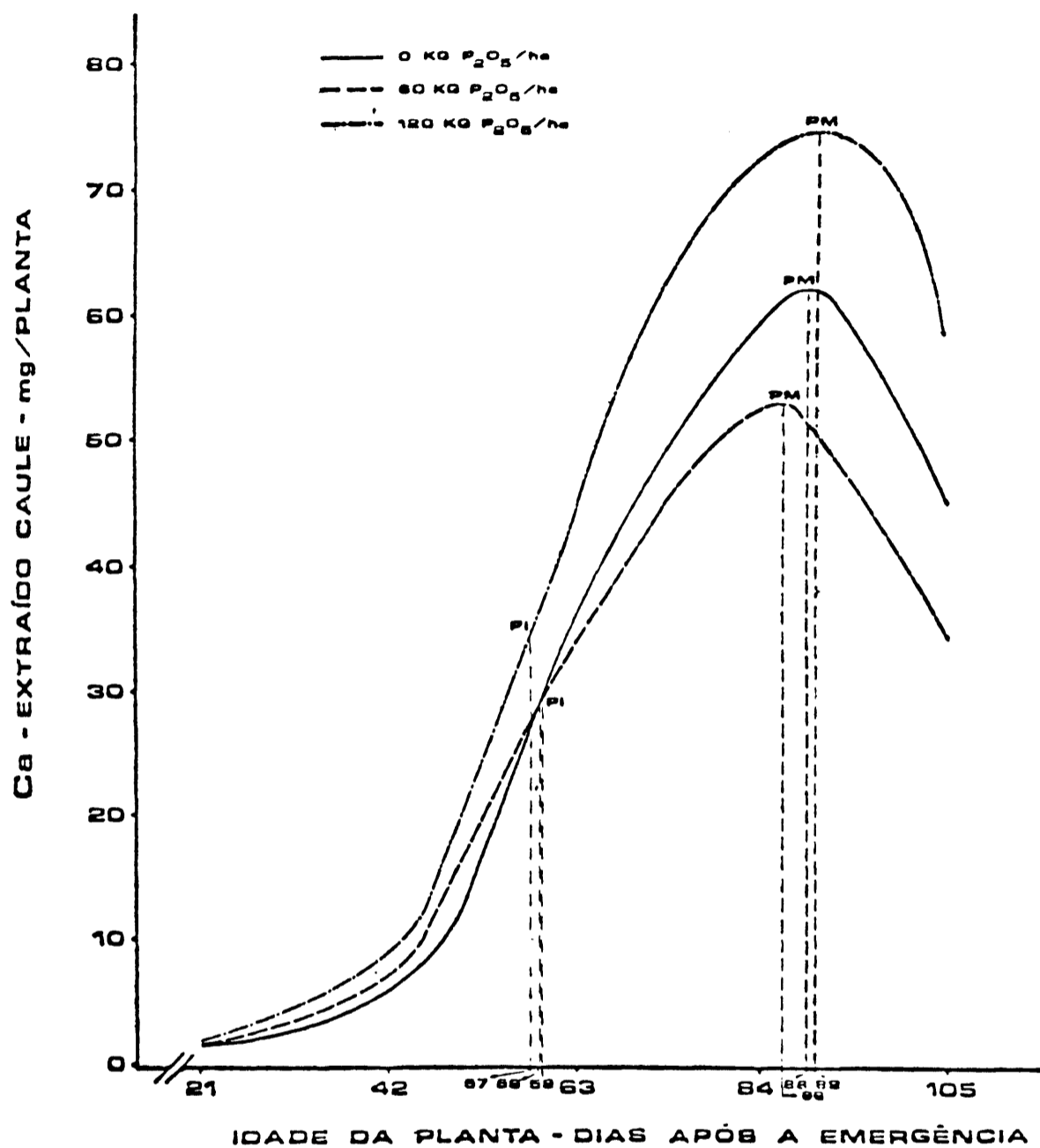


FIGURA 7 - Pontos de máxima e de inflexão da extração de cálcio pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.



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.

### *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 17.

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na Tabela 18.

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 19.

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 20.

Conforme a Tabela 20 e a Figura 8 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

Tabela 17 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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

Tabela 18 - 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%

Tabela 19 - Equações representativas da extração de magnésio pelas folhas e caules, com seus respectivos coeficientes de determinação

kg/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Partes	Equações	R <sup>2</sup> (%)
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

Tabela 20 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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

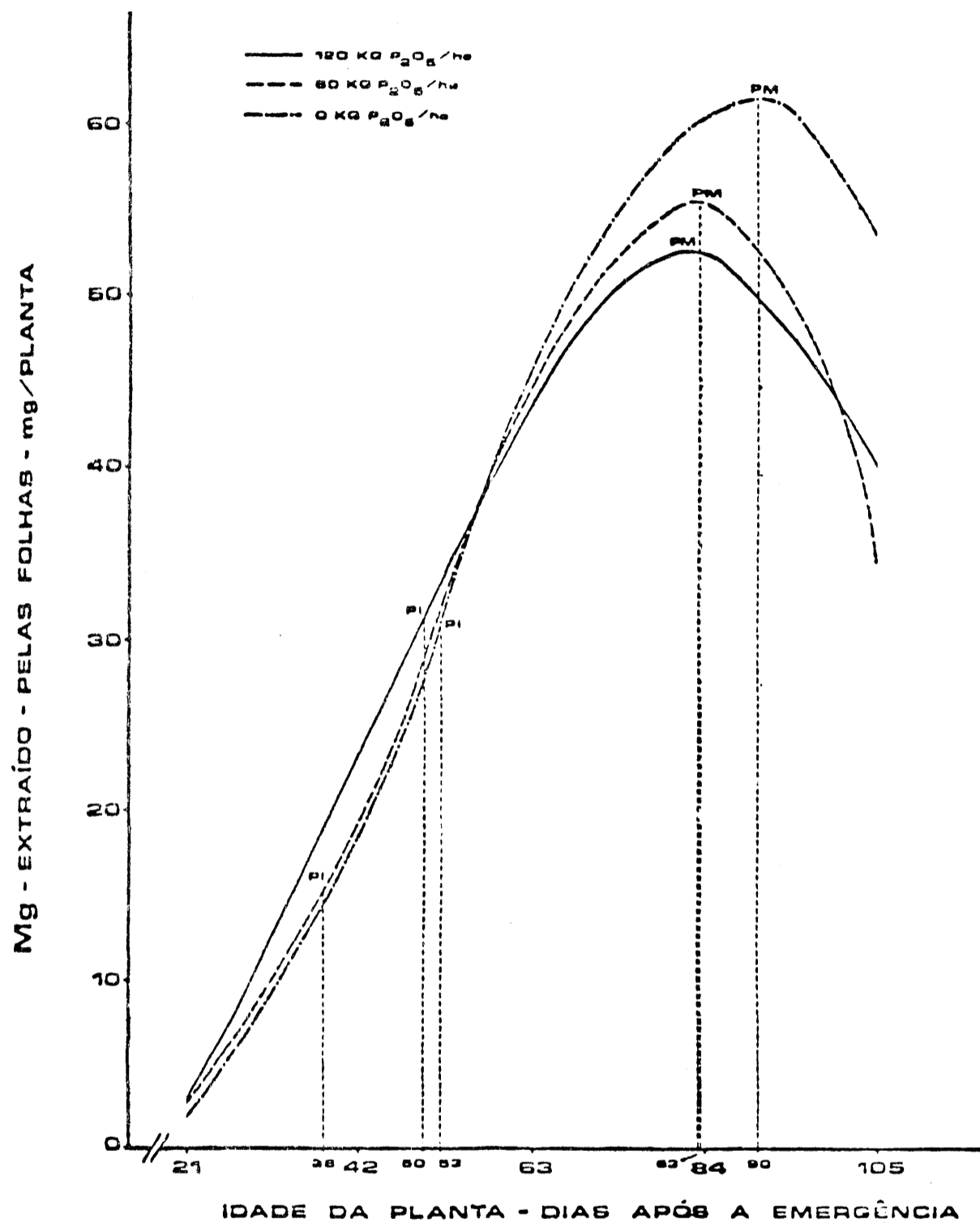


FIGURA 8 - Pontos de máxima e de inflexão da extração de magnésio pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

fósforo, acumularam maior teor de magnésio (61,70mg/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 alii* (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 alii* (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 (Figura 9) 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.

### *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 21.

A análise estatística dos resultados obtidos aparece na Tabela 22.

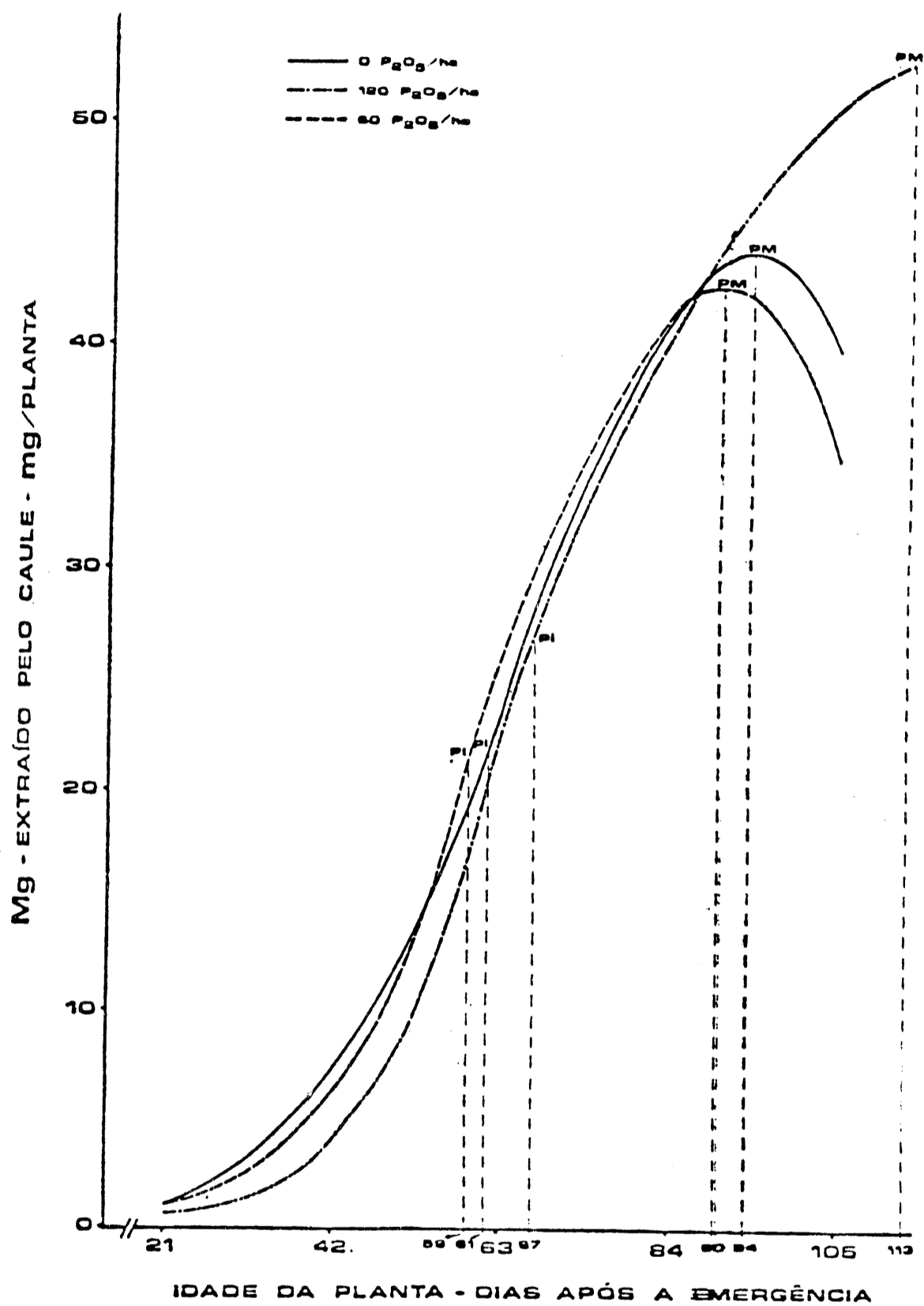


FIGURA 9 - Pontos de máxima e de inflexão da extração de magnésio pelos caules de soja em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.



Tabela 21 - 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Idade da Planta	S. extraído	
		Folhas	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

Tabela 22 - 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 23.

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 24.

Tabela 23 - Equações representativas da extração de enxofre pelas folhas e caules com seus respectivos coeficientes de determinação

kg/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Partes	Equações	R <sup>2</sup> (%)
0	Folhas	$\hat{y}=7,17195-0,666294x+1,93908 \cdot 10^{-2}x^2-1,20216 \cdot 10^{-4}x^3$	99,85
	Caules	$\hat{y}=20,73504-1,61503x+3,49150 \cdot 10^{-2}x^2-1,89323 \cdot 10^{-4}x^3$	98,58
60	Folhas	$\hat{y}=16,03855-1,33502x+3,34363 \cdot 10^{-2}x^2-2,03601 \cdot 10^{-4}x^3$	99,37
	Caules	$\hat{y}=2,67944-2,06711x+4,36913 \cdot 10^{-2}x^2-2,34225 \cdot 10^{-4}x^3$	97,29
120	Folhas	$\hat{y}=0,69398-0,15367x+1,16183 \cdot 10^{-2}x^2-8,59338 \cdot 10^{-5}x^3$	91,88
	Caules	$\hat{y}=13,37679-1,02952x+2,16711 \cdot 10^{-2}x^2-9,50230 \cdot 10^{-5}x^3$	99,86

Tabela 24 - Enxofre extraído pelas folhas e caules nos pontos de máxima e mínima extração e de inflexão, em função das doses de fósforo aplicadas a idade da planta

kg/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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 10, 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 8,11 mg de enxofre por planta. A partir dos pontos de inflexão, as plantas aceleram a absorção de enxofre, atingindo 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 MASCARENHAS (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 11, no início do crescimento da planta, é pequena (21 a 42 dias de idade), acentuando-se após, independente dos tratamentos com fósforo, até os 63 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 60 kg de  $P_2O_5$ . A absorção de enxofre por folhas e caules, sob o efeito do 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 doses de fósforo, é escassa. Entretanto WOODING *et alii* (1972), verificaram em solução nutritiva que a deficiência de fósforo, provocou uma redução na concentração de enxofre na parte vegetativa da planta.

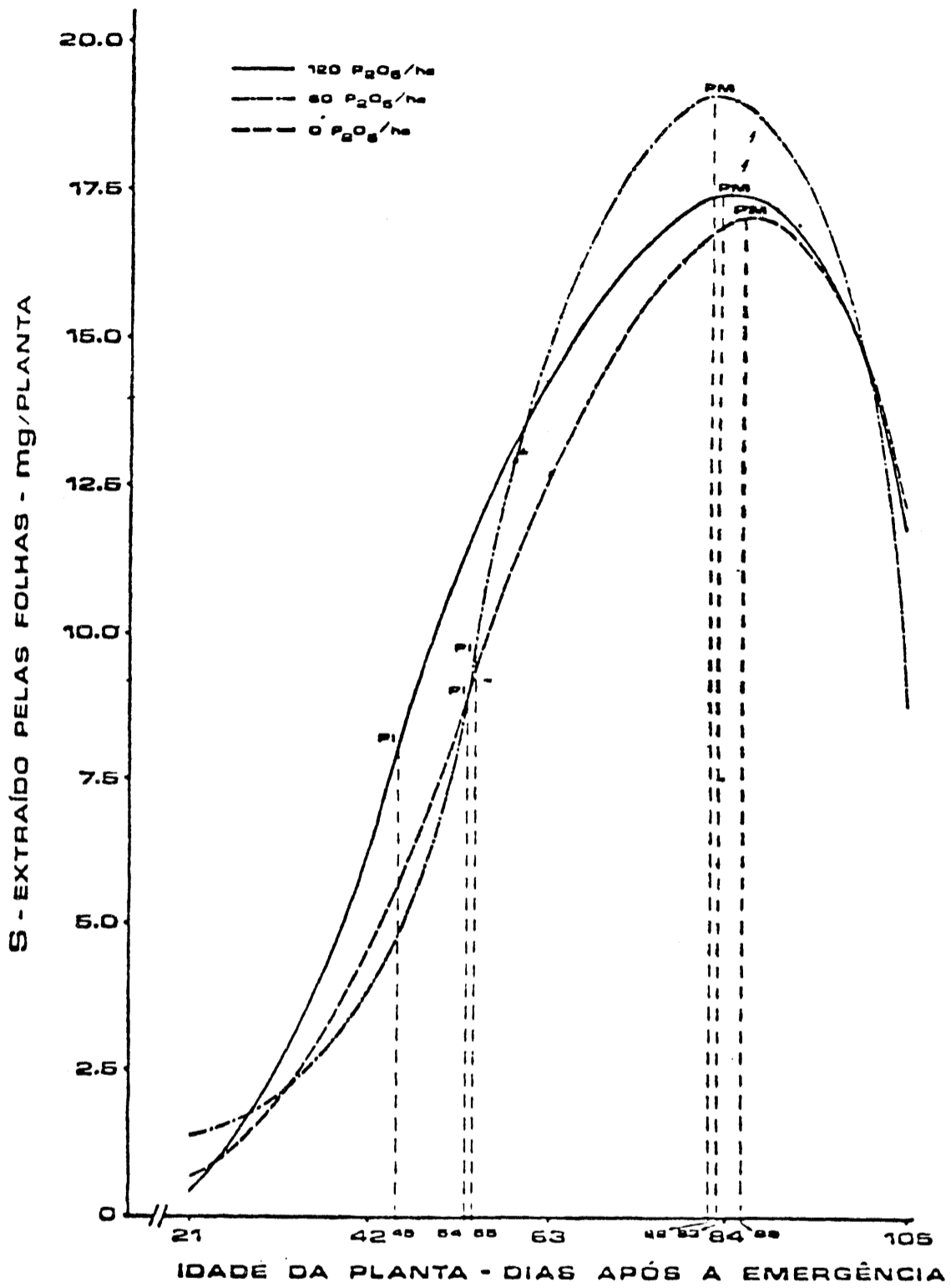


FIGURA 10. Pontos de máxima e de inflexão da extração de enxofre pelas folhas de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

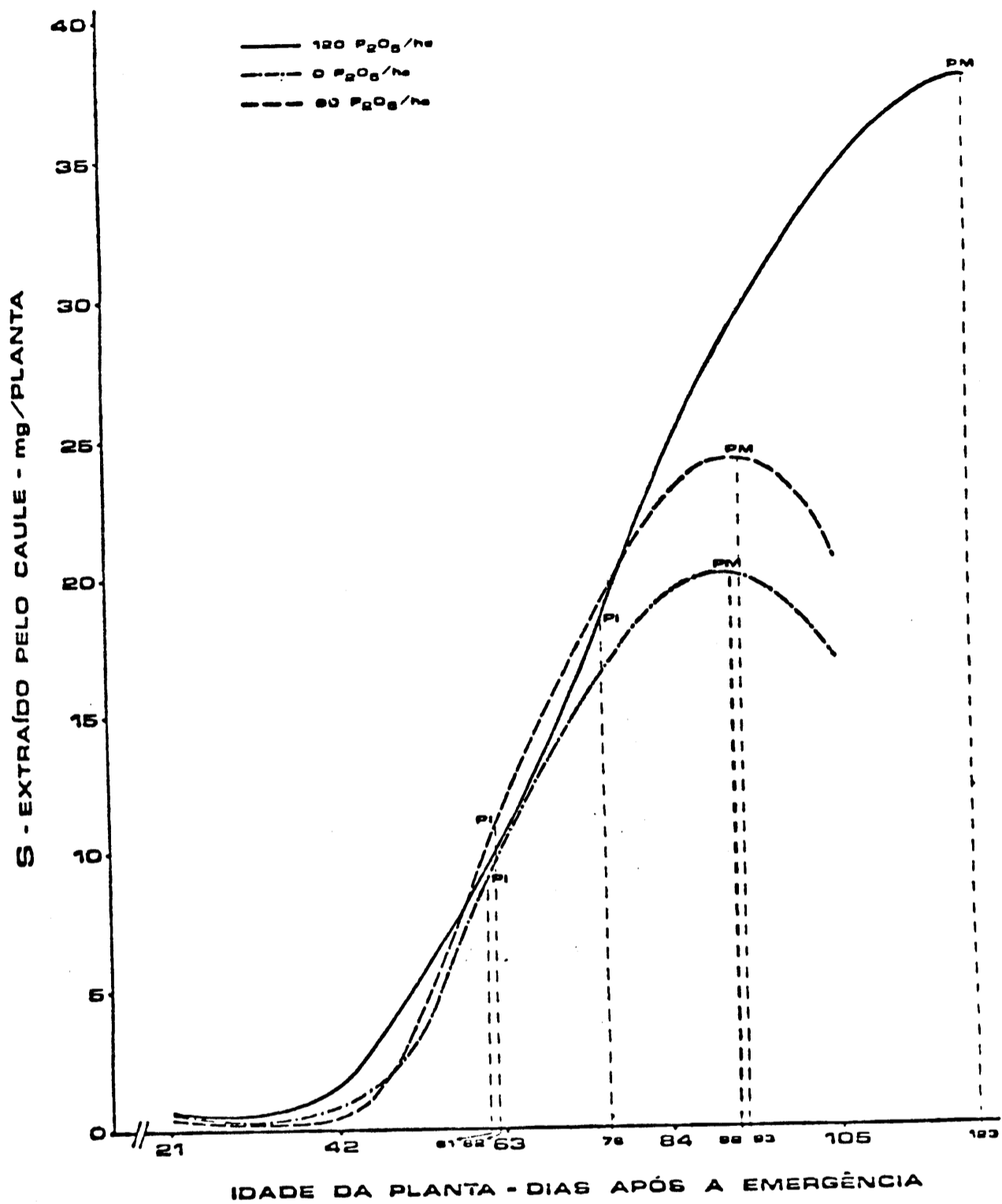


FIGURA 11. Pontos de máxima e de inflexão da extração de enxofre pelos caules de soja, em função da idade da planta nas três doses de fósforo aplicadas.

*Concentração de nutrientes nos grãos*

As concentrações de nutrientes nos grãos aparecem na Tabela 25.

Tabela 25 - 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	0,33	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 análise de variância, observa-se que não houve efeitos significativos, na concentração dos grãos, a nenhum dos macronutrientes estudados.

*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 26.

Tabela 26 - Exportação dos diversos macronutrientes em quilos por toneladas 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.

*Extração de nutrientes pelos grãos de soja*

A extração dos nutrientes, pelos grãos, aparece na Tabela 27.

---

\* Pesquisador do projeto nacional da soja - Convênio DNPEA-USAIDWISCONSIN.

Tabela 27 - 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

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 120 kg 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.

## CONCLUSÕES

### 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:

- . o 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.

*SUMMARY*ABSORPTION OF MACRONUTRIENTS BY SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill) AS A FUNCTION OF FERTILIZATION WITH N, P AND K

This study was conducted with the objectives of determining the rate of macronutrient absorption considering the following items:

- . periods of greatest need for macronutrient nutrition;
- . amount of macronutrients accumulated in the different parts of the plant;
- . amount of macronutrients exported in seeds.

A 3<sup>3</sup> factorial experiment with three replications was used in this study. The experimental area was located at Piracicaba, SP, Brazil. 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), and 0, 30 and 60 kg/ha (K<sub>2</sub>O). 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 plants were analysed for macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and S). At maturity, seeds from each plant were harvested and analysed for macronutrients.

The following conclusions were drawn:

- . The period of highest rate of absorption of the nutrients by leaves and stems occurred between 44 and 55 days of age for the leaves, and between 55 and 76 days for 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 contents varied according to plant parts;

- . 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 was 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.

## LITARATURA CITADA

- de MOOY, C.J.; PESEK, J.; SPALDON, E., 1973. Mineral nutrition. In: CALDWELL, B.E. Soybean: improvement, production and uses, Madison, American Society of Agronomy 9:267-334.
- EVANS, C.E.; LATHWELL, D.J.; MEDERSKI, H.J., 1950. Effect of deficient or toxic levels of nutrients in solution on foliar symptoms and mineral contents of soybean leaves as measured by spectrographic methods. Agron. Jour. 42: 25-32.
- GARCIA, R.; HANWAY, J., 1976. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. Agron. Jour. 68:653-657.
- HANWAY, J.J.; WEBER, C.R., 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.; WEBER, C.R., 1971. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. Agron. Jour. 63:277-330.
- HENDERSON, J.B.; KAMPRATH, E.J., 1970. Nutrient and dry matter accumulation by soybeans. N.C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. n<sup>o</sup> 197.
- ISLAM, A., 1964. The yield and chemical composition of soybeans as affected by three levels of complementary nutrients associated with five levels of phosphorus. Soils and Fertilizers 1966 (29).

- 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.; MIYASAKA, S., 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.
- MILLER, R.J.; PESEK, J.T.; HANWAY, J.J., 1961. Relationships between soybean yield and concentration of phosphorus and potassium fertilizers. *Agronomy Jour.* 53:393-396.
- OHLROGGE, A.J., 1960. Mineral nutrition of soybeans. *Advances in Agronomy* 12:229-263.
- OHLROGGE, A.J.; KAMPRATH, E.J., 1968. Fertilizer use on soybean. In: NELSON, L. B. ed., Changing Patterns in Fertilizer use., Soil Sci. Soc. Amer. 273-295.
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T., 1966. Carta de solos do município de Piracicaba, Piracicaba, Centro de Estudos de Solos, 85 p.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. Análises químicas em plantas, Piracicaba, ESALQ/USP, 55 p.
- WEBB, J.R.; OHLROGGE, A.J.; BARBER, S.A., 1954. The effect of magnesium upon the growth and the phosphorus content of soybean plant. *Soil. Sci. Amer. Proc.* 18:458-462.
- WELCH, C.D.; HALL, N.S.; NELSON, W.L., 1949. Utilization of fertilizer and soil phosphorus by soybeans. *Soil Sci. Amer. Proc.* 14:231-235.
- WOODING, F.J.; PAULSEN, G.M.; MURPHY, L.S., 1972. Sulphur composition of soybeans as affected by macronutrient deficiencies. *Soils and Fertilizers* (35):5.