

MARCHA DE ABSORÇÃO DE FERRO PELA CANA-DE-AÇÚCAR EM SOLOS
DO ESTADO DE SÃO PAULO*

José Orlando Filho**
Ernor Zambello Jr.**
Henrique Paulo Haag***

RESUMO

Objetivando estudar a absorção de ferro por colmos, folhas e "colmos + folhas" e a concentração de ferro na folha +3, em função da idade da cana-planta e da cana-soca, cultivou-se a variedade CB41-76, em 3 Grandes Grupos de Solos: Latossol Roxo (LR), Latossol Vermelho Escuro-orto (LE) e Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras (PVls). As amostragens, em intervalos de 2 meses, foram realizadas do 4º ao 16º mês (junho/74 - junho/75) para a cana-planta e do 4º ao 12º mês (dez./75 - agosto/76) para a cana-soca, utilizando-se para cada época e repetição, material vegetal proveniente de 3 metros lineares de sulco.

* Entregue para publicação em 22.10.1979.

** Seção de Nutrição e Fertilidade, PLANALSUCAR, Araras, SP.

*** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

a cana-planta e cana-soca, mostraram os seguintes resultados em relação ao ferro:

Ciclo	ppm Fe			
	LR	LE	PV1s	TE
Cana-Planta	507	398	420	245
Cana-Soca	134	140	89	86

Na Rodésia, GOSNELL & LONG (1971), amostrando a folha +1 da cana-soca do 1º ao 9º mês de idade, encontraram pequenas variações nas concentrações de ferro (extremos de 120 a 139 ppm Fe).

São os seguintes os padrões considerados normais para o ferro na diagnose foliar em cana-de-açúcar:

40 - 100 ppm Fe (EVANS *et alii*, 1956);

150 ppm Fe (EVANS, 1959);

80 - 100 ppm Fe (EVANS, 1965)

GALLO *et alii* (1968), realizando um levantamento do estado nutricional pela análise foliar, encontraram como faixa de maior frequência, os seguintes resultados:

300 - 400 ppm Fe (cana-planta) idade de 4 meses;

100 - 200 ppm Fe (cana-planta) idade de 9 meses;

100 - 200 ppm Fe (Cana-soca) idade de 4 meses.

O objetivo do presente trabalho é estudar, para cana-planta e cana-soca da variedade CB41-76, as concentrações (folhas, colmos e folha +3) e extrações (folhas, colmos e "folhas + colmos") do ferro, em função da idade da planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivou-se a variedade CB41-76, em 3 Grandes Grupos de Solos: Latossol Vermelho Escuro-orto (LE) na Estação do PLANALSUCAR em Araras, Latossol Roxo (LR) e Podzólico Vermelho Amarelo - var. Laras (PVls) na Usina Santa Bárbara S/A.

A cana-planta recebeu 90-90-120 kg/ha de N-P₂O₅ K₂O e a soqueira 90-30-120 kg/ha dos mesmos nutrientes na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio.

As amostragens foram realizadas a cada 2 meses, do 4º ao 16º mês para cana-planta (junho/74 a julho/75) e do 4º ao 12º mês para a cana-soca (dezembro/75 a agosto/76).

Para cada época e repetição, as amostragens constituiram de 3 m lineares de sulco (4,5 m²). Deste material retiravam-se ao acaso 15 folhas +3 (GALLO *et alii*, 1962), e separaram-se os colmos das folhas, os quais eram pesados e passados separadamente em desintegrador tipo forrageira, após o que tomava-se 1 kg de material para determinação de umidade (70°C). Em seguida, após a moagem, as amostras eram preparadas e analisadas, sendo o ferro determinado por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo-se o método descrito por SARRUGE & HAAG (1974).

O delineamento estatístico foi o de parcelas subdivididas no tempo, com 4 repetições, onde as diferentes épocas foram consideradas sub-parcelas.

Calcularam-se equações de regressão (*) para avaliar a extração do nutriente pelas diferentes partes da planta

(*) Nos estudos de regressão utilizou-se a seguinte codificação para os valores de x (idade):

1 = 4 meses; 2 = 6 meses; 3 = 8 meses; 4 = 10 meses;

5 = 12 meses; 6 = 14 meses e 7 = 16 meses.

e a concentração de ferro pela folha +3, em função da idade (x). O grau de regressão escolhido foi pelo maior significativo, tendo como limite o 3º grau. Maiores detalhes do material e métodos do presente trabalho são descritos em ORLANDO Fº (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cana-planta

As concentrações de ferro nos colmos, folhas e folha +3, para os diferentes solos e idades são mostradas na Tabela 1.

Tanto para colmos como para folha os teores mais elevados foram encontrados no 4º ou 6º mês de idade. Para todas as idades e solos, as folhas sempre apresentaram concentrações mais elevadas que os colmos. BITTENCOURT *et alii* (1963), de um modo geral, encontrou teores mais elevados para os colmos e mais baixos para as folhas, do que os obtidos no presente trabalho.

Os valores apresentados pela folha +3, ao 4º mês de idade são superiores aos níveis críticos sugeridos por EVANS *et alii* (1956), EVANS (1959 e 1965), sendo que para os solos LE e PV1s encontram-se abaixo da faixa de maior frequência determinada por GALLO *et alii* (1968). Os teores encontrados para a folha +3 por ORLANDO Fº & ZAMBELLO JR. (1977), foram bem superiores aos destes ensaios. Para a folha +3, a interação solo x época foi significativa e pode ser observada pela Tabela 1, que para o solo LR, houve declínio nos valores de ferro desde a 1ª amostragem até o 14º mês, apresentando leve subida após esta idade. Para o solo LE e PV1s após o 10º e 8º mês respectivamente, verificou-se queda nos teores de ferro.

As extrações de ferro (g/ha) por colmos, folhas e "colmos + folhas", nos 3 solos, encontram-se na Tabela 1. Com excessão do solo LE, que do 14º para o 16º mês apresentou

uma queda, encontramos para os demais, absorção crescente de ferro com o aumento da idade da planta.

BITTENCOURT *et alii* (1963), verificaram que uma tonelada de colmos removida do solo 78,71 g de Fe. No presente trabalho, encontrou-se que aos 16 meses de idade, 1 t de colmos retirava do solo as seguintes quantidades de ferro: 25,45 g para o solo LR; 27,12 g para o LE e 17,87 g para o PV1s.

A deficiência de ferro em cana-planta tem sido constatada em solos arenosos de taboleiro no nordeste brasileiro, exigindo correção, sem o que a produção é seriamente comprometida. Também em solos com alto teor de matéria orgânica no litoral do Estado de Santa Catarina, ocorre esporadicamente a deficiência de ferro. Em ambos os casos, a correção com pulverização de sulfato ferroso a 1%, tem oferecido bons resultados.

A Tabela 2 mostra as equações representativas e coeficientes de determinação da extração de ferro (colmos, folhas e "colmos + folhas") e da concentração de ferro (folha +3) em função da idade, para os 3 solos. A acumulação de ferro pelos colmos, independentemente do solo, foi crescente e seguiu a equação linear. As Figuras 1, 2, 3 e 4 representam as citadas equações.

Cana-soca

Na Tabela 3 são apresentadas as concentrações de ferro nos colmos, folhas e folha +3, tendo em vista os solos e as idades. Para os colmos nos 3 solos, os valores decresceram com o avançar da idade. Para as folhas as variações foram menores durante todo o ciclo da planta e para todas as épocas, os teores do nutriente nas folhas suplantaram os dos colmos.

Tabela 2 - Equações representativas e coeficientes de determinação de extração de ferro (colmos, folhas e "colmos + folhas") e concentração de ferro (folha +3), em função da idade da cana-planta para os diferentes solos

Solos	Partes da Planta	Equações	R ²
LR	Colmos	$\hat{Y} = -810,906 + 576,167X$	92,88
	Folhas	$\hat{Y} = 1794,068 + 1606,565X$	88,58
	"Colmos+Folhas"	$\hat{Y} = 1026,019 + 2161,303X$	91,64
	Folha +3	$\hat{Y} = 287,393 + 72,396X - 31,976X^2 + 3,021X^3$	87,25
LE	Colmos	$\hat{Y} = -935,845 + 664,721X$	90,43
	Folhas	$\hat{Y} = 13607,791 - 14715,294X + 5101,943X^2 - 444,199X^3$	80,16
	"Colmos+Folhas"	$\hat{Y} = 14670,620 - 15953,380X + 5573,692X^2 - 478,281X^3$	83,30
	Folha +3	$\hat{Y} = 70,214 + 82,530X - 9,345X^2$	68,78
PV1s	Colmos	$\hat{Y} = -510,280 + 336,016X$	91,39
	Folhas	$\hat{Y} = 414,913 + 559,019X$	95,88
	"Colmos+Folhas"	$\hat{Y} = -95,366 + 895,035X$	94,73
	Folha +3	$\hat{Y} = 163,893 + 36,089X - 6,036X^2$	85,04

TABELA 3 - Concentrações e Extrações médias de ferro, variedade CB41-76, cana-soca, nos diferentes solos em função da idade.

Solos	Partes da Planta	Concentração(ppm)						Extração (g./ha)								
		Idade em Meses						Idade em Meses								
		4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
LR	Colmos	1151	576	114	70	51	125,83	2979,22	1770,72	1550,91	1790,08					
	Folhas	1721	1729	1059	1024	797	4774,61	13714,07	11399,45	10730,10	9868,60					
	"Colmos+Folhas"	-	-	-	-	-	4900,44	16693,29	13170,17	12281,01	11658,60					
	Folha +3	174	144	241	108	276	-	-	-	-	-					
LE	Colmos	1466	545	158	52	43	341,28	4745,93	2538,39	1327,74	1350,48					
	Folhas	1816	1725	1128	752	343	6720,04	16703,13	9816,64	8458,80	3521,69					
	"Colmos+Folhas"	-	-	-	-	-	7061,32	20950,08	12355,03	9786,54	4872,17					
	Folha +3	392	211	115	76	80	-	-	-	-	-					
PV1s	Colmos	316	102	79	59	39	17,23	398,62	1201,14	929,73	987,04					
	Folhas	548	224	184	242	239	965,65	1278,64	1997,55	2608,76	2910,56					
	"Colmos+Folhas"	-	-	-	-	-	982,88	1675,46	3198,69	3538,49	3897,60					
	Folha +3	213	98	94	43	131	-	-	-	-	-					

TABELA 4 - Equações representativas e coeficientes de determinação da extração de ferro (colmos, folhas e "colmos + folhas") e concentração de ferro (folha +3), em função da idade da cana-soca para os diferentes solos.

Solos	Partes da Planta	Equações	R ²
LR	Colmos	$Y = -7375,806 + 10898,113X - 3693,497X^2 + 376,740X^3$	80,50
	Folhas	$Y = -16528,675 + 30171,250X - 9579,070X^2 + 921,628X^3$	92,86
	"Colmos+Folhas"	$Y = -23883,892 + 41037,720X - 13260,900X^2 + 1297,330X^3$	92,01
	Folha +3	$Y = -24,100 + 289,910X - 119,277X^2 + 14,562X^3$	41,25
LE	Colmos	$Y = -10989,386 + 16491,675X - 5654,831X^2 + 570,637X^3$	94,46
	Folhas	$Y = -17325,980 + 35092,900X - 11704,315X^2 + 1107,529X^3$	85,14
	"Colmos+Folhas"	$Y = -28315,367 + 51584,576X - 17359,147X^2 + 1678,162X^3$	87,49
	Folha +3	$Y = 615,550 - 258,782X + 30,518X^2$	99,74
PV1s	Colmos	Y = não significativa ao nível de 5% de probabilidade	
	Folhas	$Y = 385,249 + 522,194X$	98,04
	"Colmos+Folhas"	$Y = 350,886 + 769,247X$	92,81
	Folha +3	$Y = 369,650 - 185,086X + 27,214X^2$	92,41

planta e aos 12 meses para a cana-soca são :

Solo	cana-planta	cana-soca
LR	15540	11658
LE	10626	4872
PV1s	6157	3897

- As quantidades (gramas) de ferro exportadas por hectare pelos colmos, aos 16 meses de idade pela cana-planta e aos 12 meses para a cana-soca são:

Ao 4º mês de idade, os teores de ferro na folha +3 do presente trabalho foram superiores aos de ORLANDO Fº & ZAMBELLO JR. (1977), e GALLO *et alii* (1968), e encontram-se acima dos níveis críticos sugeridos por EVANS *et alii* (1956) e EVANS (1959 e 1965). GOSNELL & LONG (1971), verificaram através da diagnose foliar, a não influência da idade nos teores de ferro na folha +1. Constatou-se significância estatística para solos, épocas, solos x épocas, onde as concentrações de Fe na folha +3 permaneceram mais ou menos constantes até o 10º mês, crescendo em seguida, enquanto para os solos LE e PVls houve queda até o 10º mês, seguida de elevação.

As extrações de ferro (g/ha) por colmos, folhas e "colmos+folhas", nos diferentes solos e idades, são reveladas na Tabela 3. Para todas as partes estudadas, o máximo de acumulação ocorreu ao 6º mês de idade para os solos LR e LE. Para o solo PVls as extrações foram sempre crescentes. LONG (1972), verificou que a parte aérea removida 12 kg de Fe/ha. Em todas as épocas, as quantidades absorvidas pelas folhas suplantaram as dos colmos.

Uma tonelada de colmos frescos, aos 12 meses de idade, absorveu as seguintes quantidades de ferro: 13,66 g para o solo LR, 11,44 g para o LE e 10,97 para o PVls.

Na região centro sul do Brasil, a deficiência de ferro em cana-soca, geralmente aparece no início do desenvolvimento da soqueira, em solos argilosos, principalmente na Terra Roxa Estruturada (TE), porém é de ocorrência efêmera, desaparecendo sem necessidade de correção.

Na Tabela 4 são apresentadas as equações representativas da extração de ferro (colmos, folhas e "colmos + folhas") e da concentração de ferro (folha +3), em função da idade, para os 3 solos. Para colmos no solo PVls, a mesma não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. As Figuras 5, 6, 7 e 8 expressam as referidas equações.

CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu as seguintes conclusões:

- Há influência do solo nas concentrações de ferro (colmos, folhas e folha +3) e na extração de ferro (colmos, folhas e "colmos + folhas") para cana-planta e cana-soca, sendo os valores do solo PV1s inferiores aos dos solos LR e LE.

- As quantidades (gramas) de ferro extraídas por hectare por "colmos + folhas" aos 16 meses de idade para a cana

Solo	cana-planta	cana-soca
LR	3130	1790
LE	3607	1350
PV1s	1822	987

- A época de amostragem influenciou significativamente nos teores de ferro na folha +3.

SUMMARY

UPTAKE OF IRON, ACCORDING TO THE AGE, BY SUGARCANE IN SOILS OF THE STATE OF SÃO PAULO

Three field trials were carried out to study the uptake of iron by stalks, leaves and "stalks + leaves" by sugarcane. The trials were carried out on the 3 great groups of soils, which were: Latossolic B "Terra Roxa" - LR, Ortho Dark Red Latossol - LE and Red Yellow Podzolic - Laras variation - PV1s, in the State of São Paulo. Variety under investigation was CB41-76.

Harvests were made every two months, from the 4 th to the 16 th month for plant cane, and 4 th to 12 th month for ratoons. At each harvest and for each replicate, samples

were drawn from a furrow 3 metres in length. The experimental design was a split-plot, and each time of sampling constituted a sub-plot. It was concluded that there is a soil influence on iron concentration (stalks, leaves and leaf +3) and on the iron uptake (stalks, leaves and "stalks + leaves") for plant cane and ratoons on, where the values of PVIs soil were lower than LR and LE soils. The concentration of iron in the leaf +3 behave differently, according to the age.

LITERATURA CITADA

- ANDREIS, H.J., 1975. Macro and micronutrient content of millable Florida sugarcane. *The sugar J.*, 37(8):10-12.
- DILLEWIJN, C. Van., 1952. Botany of sugarcane. Waltham. *Chronica Botanica*, 371 p.
- EVANS, H.; AUSTIN, R.B.; YATES, R.A.; FORTE, L.A., 1956. Some considerations affecting interpretation of foliar diagnostic analyses under British Guiana conditions. In: Congr. Int. Soc. Sugarcane Tech, 9, Indian, Proceedings, New Delhi, Prasad, 1956, p. 157-171.
- EVANS, H., 1959. Elements other than nitrogen, potassium and phosphorus in the mineral nutrition of sugarcane. In: Congr. Int. Soc. Sugarcane Tech, 10, Hawaii, Proceedings, Amsterdam, Elsevier, 1960, p. 473-508.
- EVANS, H., 1963. Tissue diagnostic analyses and their interpretation in sugarcane. In: Congr. Int. Sugar Cane Tech, 12, P.Rico. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, p. 156-180.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; ALVAREZ, R., 1962. Amostragem de cana-de-açúcar para fins de análise foliar. *Bragantia* 21(54):899-921.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; ALVAREZ, R., 1968. Levantamento do estado nutricional de canaviais do Estado de São Paulo pela análise foliar. *Bragantia* 27(3):365-82.

LONG, A.C., 1972. Distribution of major and trace elements in sugarcane. *Rhodésia Agr. J.* 69(6):119.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JR., E., 1977. Diagnose foliar de cobre, ferro, manganês e zinco, em 16 variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivadas em diferentes grandes Grupos de Solos. *Brasil Açucareiro* 90(4):28-37.

ORLANDO FILHO, J., 1978. Absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) variedade CB41-76, em três grandes grupos de solos no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado apresentada à ESALQ-USP, 154 p.(mim.).

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. Análise química em plantas, Piracicaba, ESALQ/USP, 56 p.

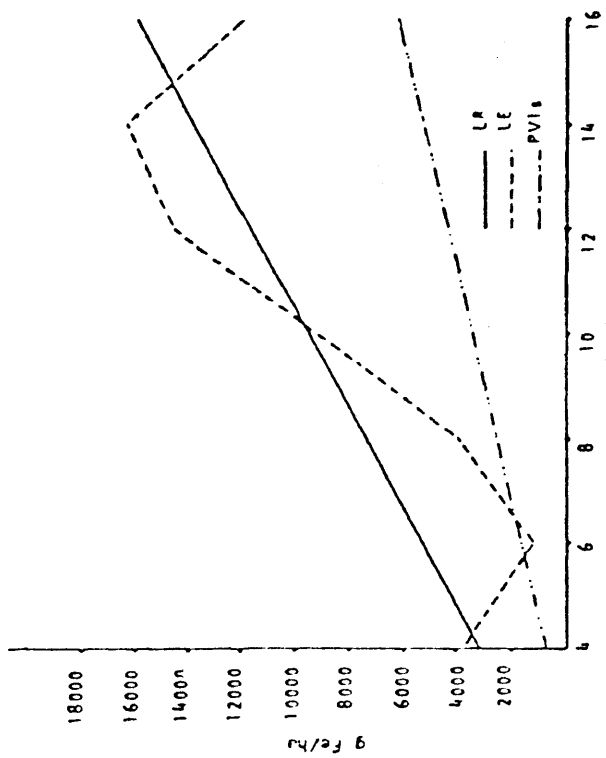


Fig. 2 - Regressões representativas da acumulação de ferro por "colmos + folhas" da cana-planta (Y), em função da idade (X), para os 3 solos.

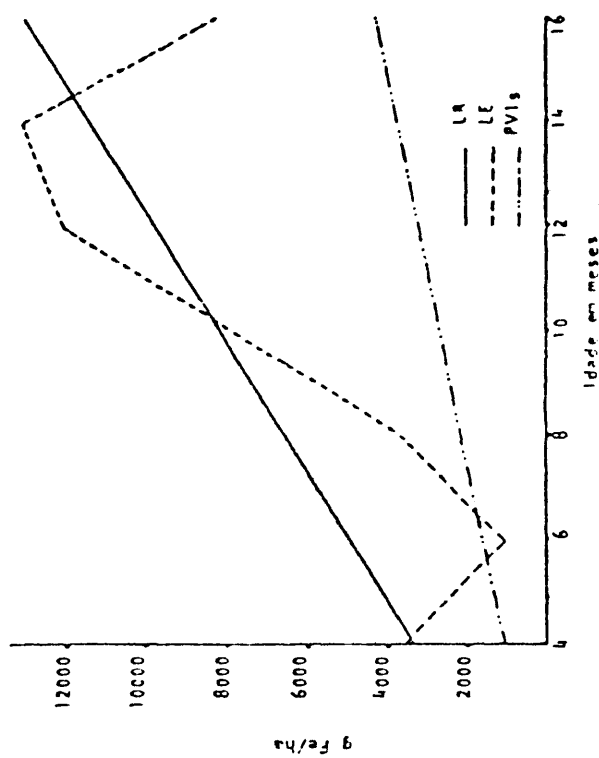


Fig. 4 - Regressões representativas da acumulação de ferro pelas folhas da cana-planta (Y), em função da idade (X), para os 3 solos.

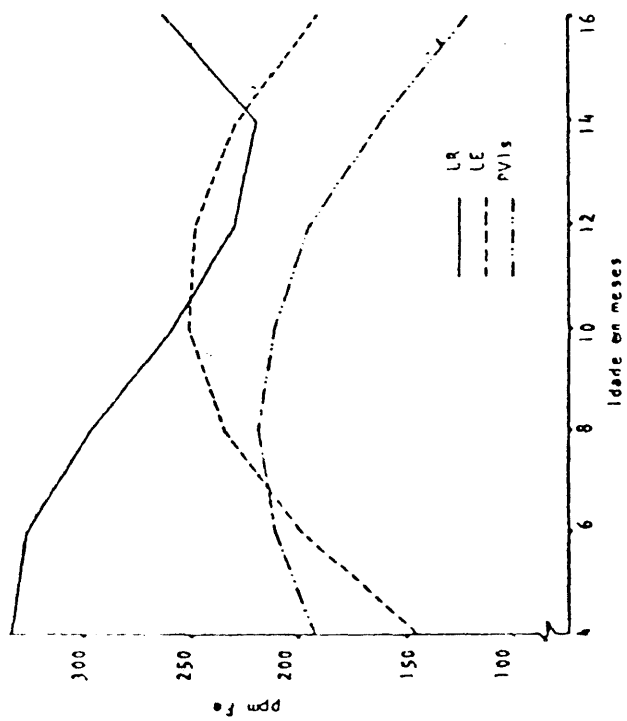


Fig. 1 - Regressões representativas da concentração de ferro na folha +3 da cana-planta (Y) em função da idade (X), para os 3 solos.

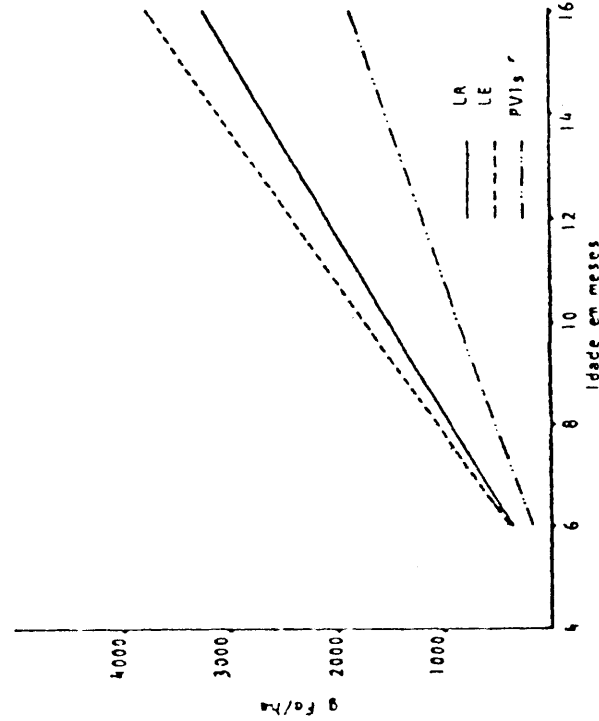


Fig. 3 - Regressões representativas da acumulação de ferro pelos colmos da cana-planta (Y), em função da idade (X), para os 3 solos.

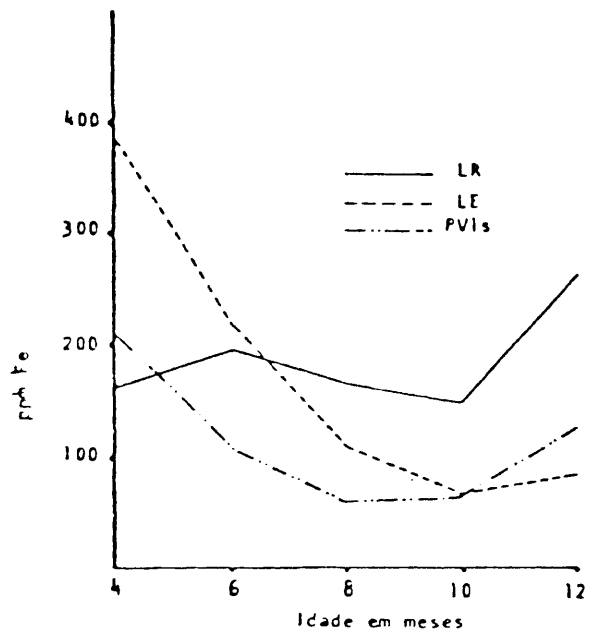


Fig. 5 - Regressões representativas da concentração de ferro na folha +3 da cana-soca (Y), em função da idade (X) para os 3 solos.

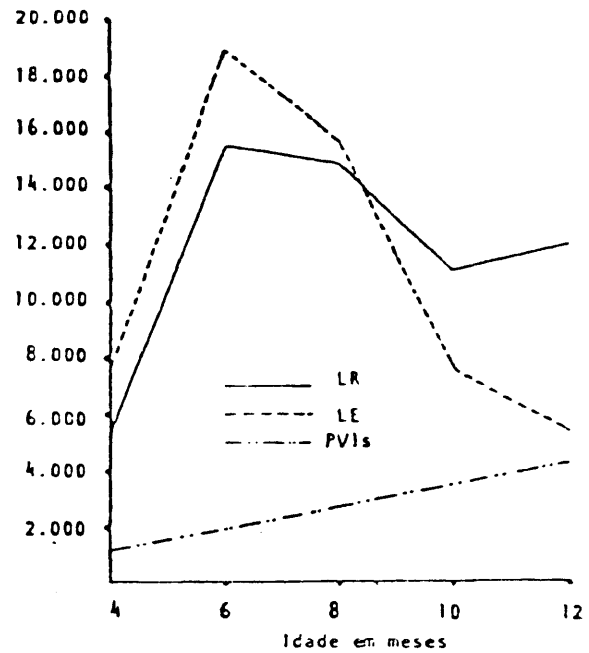


Fig. 6 - Regressões representativas da acumulação de ferro por "colmos + folhas" da cana-soca (Y), em função da idade (X), para os 3 solos.

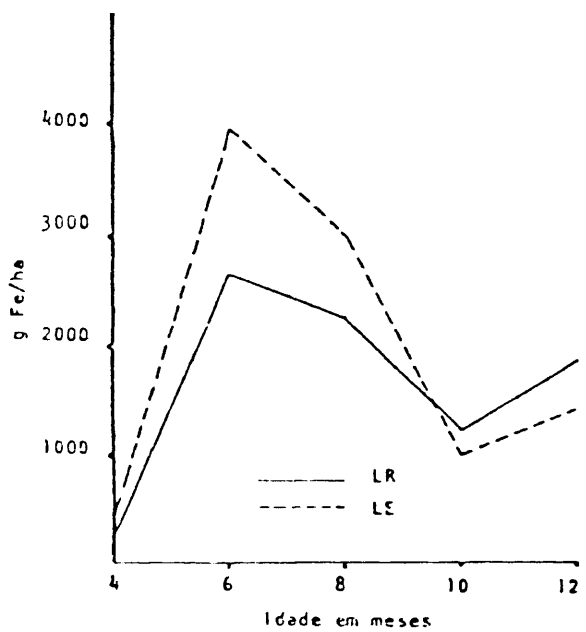


Fig. 7 - Regressões representativas da acumulação de ferro pelos colmos da cana-soca (Y), em função da idade (X) para os solos LR e LE.

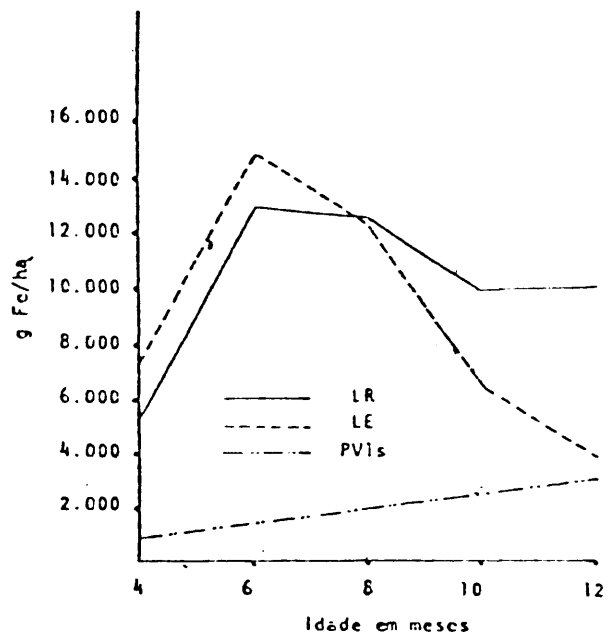


Fig. 8 - Regressões representativas da acumulação de ferro pelas folhas da cana-soca (Y), em função da idade (X), para os 3 solos.