

NUTRIÇÃO MINERAL DE SERINGUEIRA (*Hevea* spp). X.  
QUANTIDADE DE AL NO SUBSTRATO AFETANDO A  
CONCENTRAÇÃO E O ACÚMULO DE Fe, Mn e Zn

N. Bueno\*  
H.P. Haag\*\*  
J.da P. Pereira\*  
I.de J.M. Viêgas\*

---

RESUMO: Com o propósito de comparar os efeitos de doses crescentes de Al sobre a concentração e acúmulo de Fe, Mn e Zn conduziu-se um experimento usando-se separadamente solução nutritiva usada por BOLLE-JONES e soluções de doses de Al que consistiram de 0, 5, 10, 15 20 e 25ppm, em que as plantas passaram vinte e quatro horas na solução nutritiva (sem Al) e vinte e quatro horas nas soluções de Al. Após noventa e cinco dias de tratamento as plantas foram coletadas e separadas em raiz, caule, folhas dos verticilos inferiores e folhas do último verticilo. Determinou-se as concentrações de Fe, Mn e Zn no material coletado. Observou-se que o Al estimula a concentração de Fe e Mn em todos os níveis de Al enquanto que o acúmulo desses micronutrientes é afetado a partir de 20ppm de Al na solução. A concentração de Zn na raiz e folhas do último verticilo é afetado a partir de 15ppm de Al na solução e o acúmulo deste nutriente é afetado a partir de 20ppm de Al na solução.

Termos para indexação: *Hevea*, alumínio, ferro, manganês, zinco.

---

\* Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê. 69.000 - Manaus, AM.

\*\* Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP.

ALUMINUM AFFECTING THE CONCENTRATION AND ACCUMULATION  
OF Fe, Mn e Zn IN *Hevea* spp

ABSTRACT: Young rubber plants were cultivated in BOLLE JONES nutrient solution. A separate aluminum solution was prepared by dissolving a thin aluminum foil with HCl 1N. From this stock solution the following concentrations were prepared; none, 5, 10, 15, 20 and 25ppm of aluminum. The plants remained for 24 hours in nutrient solution and for another 24 hours in the aluminum solutions. This procedure was carried out during 95 days. After 95 days the plants were harvested and divided into top whorl, 2nd and 3rd whorls, stem and roots. The material was dried and analysed for Fe, Mn and Zn. Concentration and accumulation of Fe and Mn was affected by 20ppm of aluminum in the solution. The concentration and accumulation of Zn in the roots and leaves was affected by 15ppm of aluminum in the solution.

Index terms: *Hevea*, aluminum, iron, manganes, zinc.

---

## INTRODUÇÃO

A inexistência de esclarecimentos na literatura no que diz respeito a interação "seringueira x alumínio", conduziu a pesquisa à aplicação do cultivo com alternância de submissão da planta a solução nutritiva (sem Al) e a solução de Al (sem nutrientes), na tentativa de reproduzir as reais condições naturais da maioria dos solos dos trópicos onde se cultiva a *Hevea*. Plantas de seringueira, oriundas de sementes clonais ilegítimas foram usadas por CARVALHO *et alii* (1985) quando apresentavam as folhas do primeiro fluxo completamente maduras e foram transplantadas para solução

nutritiva usada por BOLLE-JONES (1957), onde permaneceram por quatro semanas com arejamento constante. Após esse período as plântulas foram submetidas a cinco doses de Al 0, 10, 20, 40 e 80ppm, fornecido como cloreto de Al, para comparação dos efeitos desse elemento no desenvolvimento, na composição mineral, na absorção e translocação de micronutrientes na seringueira. Os teores dos micronutrientes B e Zn foram afetados negativamente na raiz, quando comparados com o tratamento na ausência de Al, enquanto o teor de Cu nesse órgão, foi beneficiado pela presença daquele elemento. O teor de B nas folhas sofreu uma redução com o aumento da dose de Al aplicado. O acúmulo de Fe foi beneficiado na dose de 20ppm de Al, enquanto que o Mn e o Zn na ausência desse elemento, foram absorvidos em menores quantidades nas folhas quando comparados com os tratamentos em presença de Al. A aplicação de Al provocou decréscimo nas translocações de Mn e Cu. O presente trabalho foi realizado com o seguinte objetivo: Avaliar os efeitos do Al sobre a composição química de Fe, Mn e Zn nas diversas partes da planta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes clonais ilegítimas de seringueira (*Hevea* spp), coletadas em uma área de plantio comercial de pés francos no município de Poloni, no planalto paulista. As sementes foram postas a germinar em substrato de vermiculita. O substrato foi umedecido diariamente e a emergência das plantas teve início no oitavo dia após a sementeira. Foram descartadas as mudas que emergiram nos 14 dias após o início da germinação. As plantas selecionadas passaram por um período de pré-crescimento na vermiculita, até que aos quarenta e dois dias o primeiro fluxo de folhas atingisse a completa maturação com a gema apical em estado de dormência. As plantas foram coletadas do substrato de vermiculita, lavadas as raízes com jato de água de torneira e em seguida imersas em água desmineralizada para

completa limpeza. Após esse procedimento o material foi selecionado procurando-se uniformizar ao máximo o ensaio através da escolha de plântulas que apresentassem parte aérea e sistema radicular nas mesmas condições de crescimento. Nestas circunstâncias as plantas transferidas para vasos com capacidade para 8 litros com solução nutritiva usada por BOLLE-JONES (1957), diluída para duas vezes em água desmineralizada, onde permaneceram por 4 semanas com arejamento constante. A solução foi renovada a cada 2 semanas. Após este período de aclimação as raízes foram lavadas com jato de água de torneira e imersas em água desmineralizada. São então as plantas foram submetidas aos tratamentos de 0, 5, 10, 15, 20 e 25ppm de Al, dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 repetições. A solução estoque de Al foi preparada a partir de folhas de Al dissolvidas em solução de HCl N. Nesta fase as plantas passaram vinte e quatro horas na solução nutritiva (sem Al) e vinte e quatro horas nas soluções de Al correspondentes aos tratamentos. Antes da transferência de um substrato para o outro, as raízes foram lavadas com jato de água de torneira e imersas em água desmineralizada para completa limpeza. As soluções (nutritiva e de Al) foram renovadas semanalmente. O índice de pH da solução nutritiva variou entre 4,0 e 5,0.

Aos noventa e cinco dias após a instalação as plantas foram coletadas. Feita a colheita, as plantas foram separadas em folhas do último verticilo, folhas dos verticilos inferiores, caules e raízes, sendo então lavadas, cada parte individualmente com água de torneira e quatro vezes com água desmineralizada. As diferentes partes de cada planta isoladamente, foram acondicionadas em saco de papel e colocadas em estufa de circulação forçada com temperatura de 60°C-70°C por cerca de 72 horas consecutivas, sendo o material moído para determinações químicas de Fe, Mn e Zn, segundo técnica descrita em SARRUGE & HAAG (1974).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Ferro**

## Concentração:

A concentração de Fe na planta, com base no peso da matéria seca, em função das doses de Al, está representada na Tabela 1. Depreende-se que para todas as variáveis estudadas houve variação na concentração com o aumento das doses de Al. A menor concentração ocorreu na ausência de Al e, à medida que se incrementou a dose desse elemento a concentração de Fe acompanhou. Estes resultados não coincidem com aqueles encontrados por CARVALHO *et alii* (1985) que observaram menores valores de concentração de quando aumentaram as doses de Al. A equação de regressão que melhor se ajustou à variação da concentração de Fe, com base no peso da matéria seca, em função das doses de Al foi a linear, para estudar as concentrações nas folhas do último verticilo e nas folhas dos verticilos inferiores. As equações são assinaladas juntamente com as retas correspondentes nas Figuras 1A e 1B. Percebe-se que a concentração de Fe acompanhou o incremento das doses de Al. Já para a variação de concentração de Fe no caule e nas raízes, as equações de regressão ajustadas foram as quadráticas, assinaladas juntamente com as curvas correspondentes nas Figuras 1C e 1D. Nota-se através da figura 1D, a evolução na concentração de Fe na raiz, com início da diminuição a partir da dose de 20ppm de Al, sugerindo que substrato contendo Al pode comprometer o desenvolvimento da planta ainda que esta contenha suficiente suprimento de Fe nos cloroplastos na forma de ferridoxina, proteína que contém Fe e de grande importância na fosforilação cíclica, (MENGEL & KIRKBY, 1982).

## Acúmulo:

Os resultados analíticos do acúmulo de Fe na planta com base no peso de matéria seca, em função das doses de Al encontram-se na Tabela 1. O menor acúmulo

Tabela 1. Influência das doses de Al sobre a concentração e acúmulo de Fe nas folhas do último verticilo (UV), nas folhas dos verticilos inferiores (VI), no caule (C), nas raízes (R) e acúmulo total (T) nas plantas

Doses de Al <sup>3+</sup> (ppm)	Concentração de ferro (ppm)				Acúmulo de ferro (mg/planta)				
	UV	VI	C	R	UV	VI	C	R	T
0	67,25b*	80,50c	35,50b	227,00b	484,40a	439,12a	241,95b	1573,25a	2488,72c
5	94,25b	103,50bc	42,75b	405,25a	515,80a	470,52a	318,25b	2920,92a	4225,50ab
10	95,75b	123,00ab	70,50b	409,75a	488,13a	493,05a	587,25ab	3267,35a	4835,77a
15	111,25b	121,25a	74,50b	435,00a	475,50a	551,70a	561,60ab	2999,93a	4588,72a
20	130,25ab	-	152,50a	452,50a	505,38a	-	721,32a	2126,55a	3353,07abc
25	186,50a	-	155,50a	475,25a	628,37a	-	780,23a	1597,17a	2930,77bc
Tukey (5%)	70,88	31,31	41,13	169,98	333,23	205,83	382,30	1522,72	1553,10
C.V. (%)	27,54	12,93	20,61	18,80	28,67	20,06	31,75	31,71	18,47

\* Médias seguidas de letras não comuns nas colunas representam significância ao nível de 5% de probabilidade.

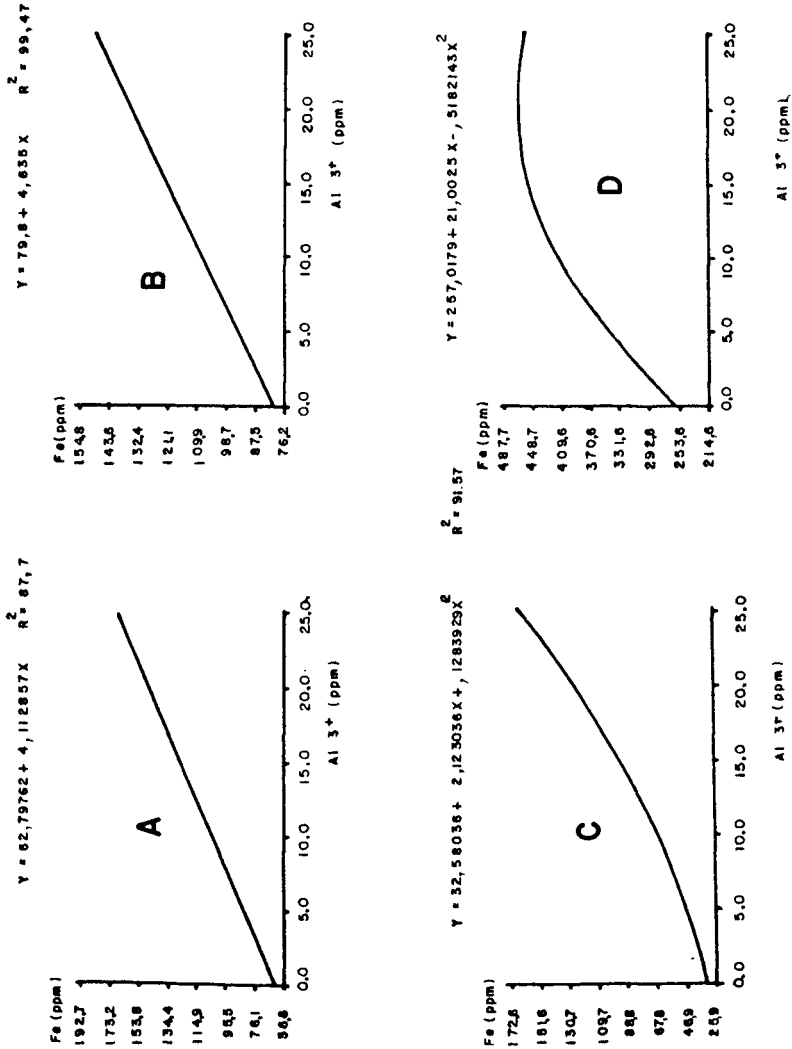


Fig. 1. Concentração de ferro. A-Nas folhas do último verticilo; B-Nas folhas dos verticilos inferiores; C-No caule; D-Nas raízes, em função das doses de alumínio

total ocorreu na ausência de Al, à semelhança da concentração, mas tendo um aumento até a presença de 10ppm do elemento, na solução, quando se iniciou um declínio. Estes resultados são semelhantes àqueles que CARVALHO *et alii* (1985) encontraram nas folhas. Ajustou-se regressão quadrática para este tipo de variação nas folhas do último verticilo, na raiz e acúmulo total, assinaladas nas Figuras 2A, 2C e 2D. Para o acúmulo de Fe no caule ajustou-se regressão linear assinalada juntamente com a reta na Figura 2B. Não se ajustou regressão para o acúmulo de Fe nas folhas do último verticilo, pois não houve diferenças significativas nas doses de Al para esse tipo de variação.

### Manganês

#### Concentração:

Os valores da concentração de Mn na planta, com base no peso da matéria seca, em função das doses de Al, estão apresentados na Tabela 2. Percebe-se que ocorreu variação na concentração desse nutriente e estes resultados concordam com os encontrados por LAU (1979) enquanto diferem daqueles encontrados por CARVALHO *et alii* (1985). As considerações de FOY (1971) indicam que a toxicidade de Al tem sido caracterizada por baixas concentrações de Mn na planta, enquanto que para MENGEL e KIRKBY (1982) frequentemente altos níveis de Mn nos tecidos das plantas estão associados a toxicidade de Al. No presente experimento ocorreu estímulo na concentração de Mn até 15ppm de Al na solução, verificando-se uma diminuição dessa concentração a partir da aplicação de 20ppm desse elemento. Uma explicação para a ocorrência de altas concentrações de Mn nas plantas é dada pela frequência de renovação das soluções. Por outro lado, para MARSCHNER (1986) citando Heeman (1981), para plantas que se multiplicam por enxertia os mecanismos de tolerância a Mn são localizados nos ramos e governados pela interação porta-enxerto x enxerto de genótipos tolerantes e não tolerantes, sendo o genótipo do enxerto quem determina a tolerância da planta a altas concentrações desse nutriente no substrato e nas



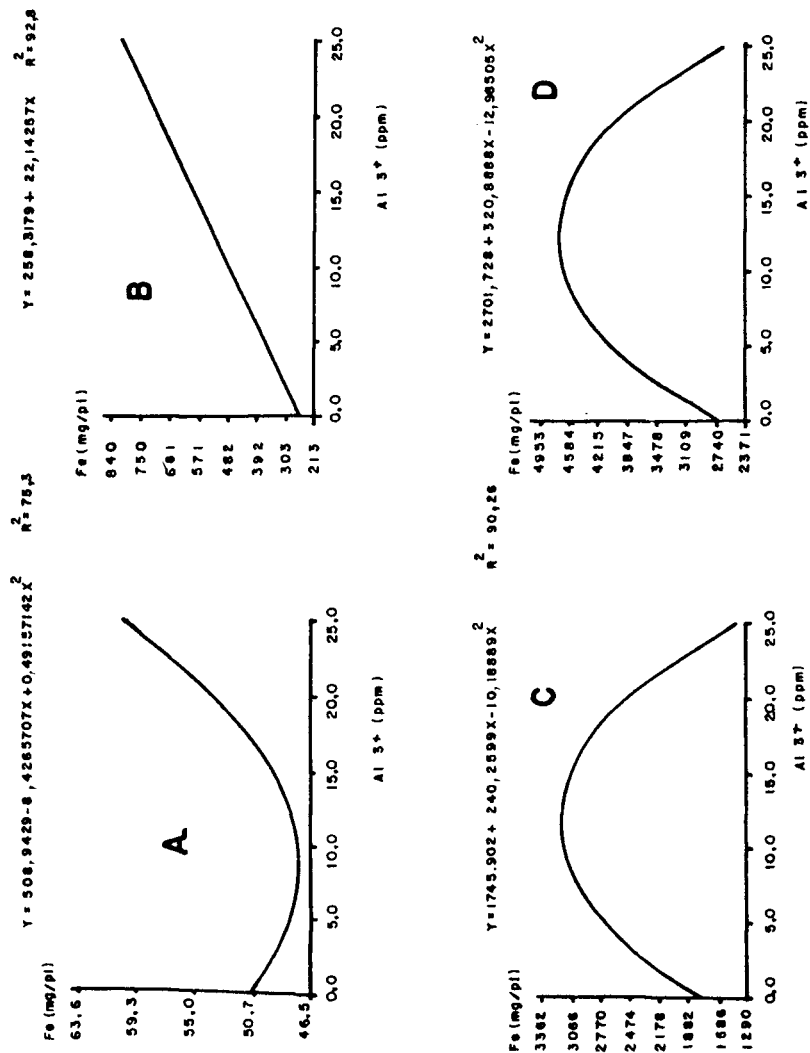


Fig. 2. Acúmulo de ferro. A- Nas folhas do último verticilo; B- No caule; C- Nas raízes; D- Acúmulo total de ferro na planta, em função das doses de alumínio

Tabela 2. Influência das doses de Al sobre a concentração e acúmulo de Mn nas folhas do último verticilo (UV), nas folhas dos verticilos inferiores (VI), no caule (C), nas raízes (R) e acúmulo total (T) nas plântulas

Doses de Al <sup>3+</sup> (ppm)	Concentração de manganês (ppm)				Acúmulo de manganês (mg/pl)				
	UV	VI	C	R	UV	VI	C	R	T
0	64,50b*	199,75a	45,26b	31,75c	467,82a	1041,72a	307,79a	207,00a	2024,35ab
5	90,50ab	228,00a	54,00ab	37,00bc	481,54a	1040,55a	425,12a	272,92a	2219,95a
10	102,26ab	250,25a	58,00ab	39,00bc	495,25a	1002,20a	485,00a	311,20a	2324,48a
15	112,75ab	260,75a	66,50ab	47,00abc	526,00a	956,80a	487,10a	327,67a	2304,03a
20	132,00a	-	71,00a	55,25ab	532,45a	-	362,50a	250,94a	1137,70bc
25	146,75a	-	76,00a	62,75a	533,25a	-	350,25a	350,25a	1051,28c
Tukey (5%)	58,91	112,77	25,67	20,12	354,17	523,60	321,72	184,27	737,62
C.V. (%)	24,21	22,83	18,46	19,67	31,10	24,67	35,48	31,19	17,78

\* Médias seguidas de letras não comuns nas colunas representam significância ao nível de 5% de probabilidade.

folhas. A julgar pelas caracterizações dos efeitos tóxicos do Mn descritas por FOY (1976), as concentrações desse nutriente encontradas neste experimento não determinaram injúria nas plantas de seringueira. As retas correspondentes à variação de concentração de Mn na planta, com base no peso da matéria seca, em relação às doses de Al são apresentadas nas Figuras 3A, 3B, 3C, juntamente com as equações de regressão linear.

### Acúmulo:

A Tabela 2 apresenta a quantidade de Mn acumulada na planta em função das doses de Al. Nota-se que não houve variação para o acúmulo nas folhas do último verticilo, nas folhas dos verticilos inferiores, no caule e nas raízes, ocorrendo diferenças no acúmulo total desse nutriente. Essas diferenças nas quantidades são semelhantes aos dados encontrados por CARVALHO *et alii* (1985) quando analisaram as folhas das plantas. Por outro lado, fazendo-se uma comparação entre as quantidades acumuladas pela seringueira, verifica-se que na presença de Al os dados do presente experimento são inferiores àqueles encontrados por CARVALHO *et alii* (1985), enquanto são semelhantes na ausência desse elemento. Essa diferença pode ter sido causada, provavelmente pela utilização de metodologias diferentes. Ajustou-se regressões quadráticas para este tipo de variação, sendo apresentadas, juntamente com as curvas correspondentes, nas Figuras 4A, 4B, 4C, 4D. Na Figura 4B observa-se um ponto máximo de 5.322,7  $\mu\text{g/pl}$  na dose de 15ppm de Al. Para a raiz, observa-se na Figura 4C um ponto de máximo de 3.138 $\mu\text{g/ml}$  na dose de 12,6ppm de Al.

### Zinco

#### Concentração:

Os efeitos dos fatores de variação, estudados sobre os valores de concentração de Zn na planta, com base no peso de matéria seca, em função das doses de Al, são apresentados na Tabela 3. Registra-se que as

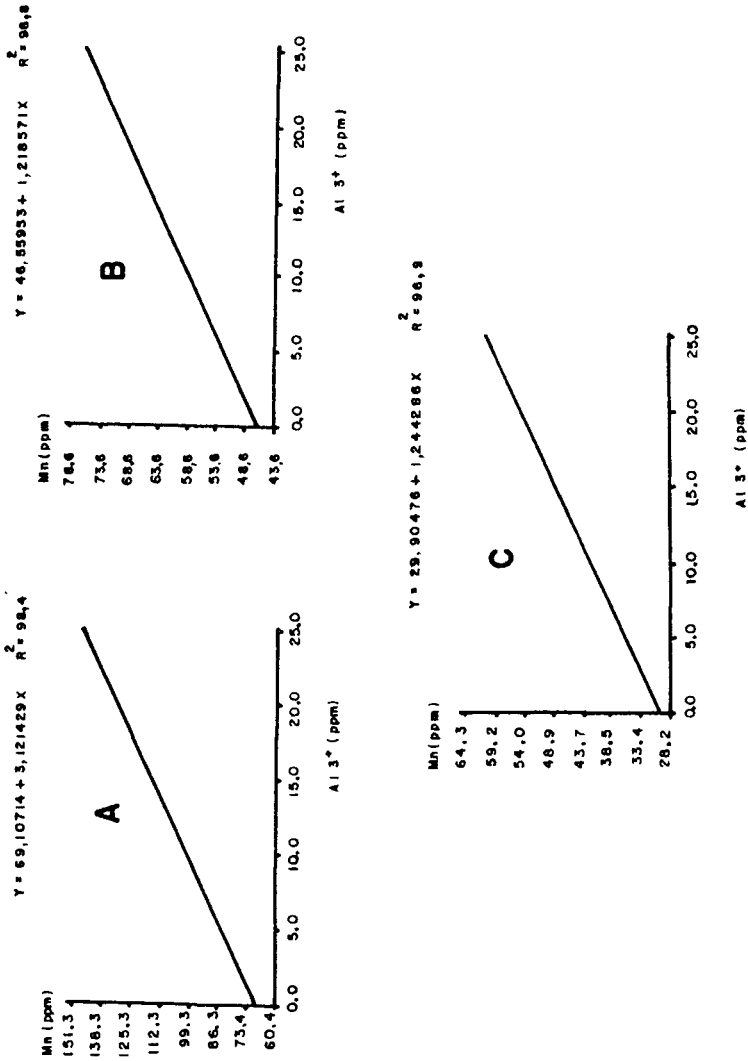


Fig. 3. Concentração de Manganês. A-Nas folhas do último verticilo; B-No caule; C-Nas raízes, em função das doses de alumínio

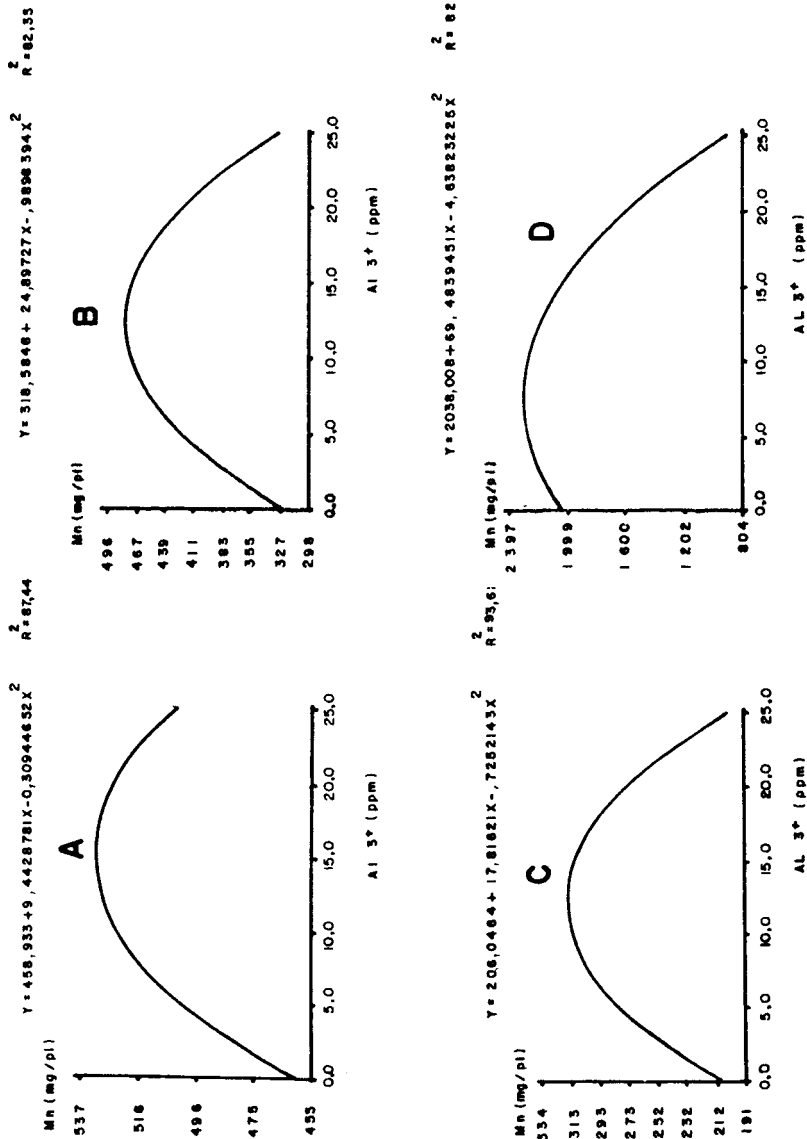


Fig. 4. Acúmulo de Manganês. A-Nas folhas do último verticilo; B-No caule; C-Nas raízes; D-Acúmulo total de manganês na planta, em função das doses de alumínio

Tabela 3. Influência das doses de Al sobre a concentração e acúmulo de Zn nas folhas do último verticilo (UV), nas folhas dos verticilos inferiores (VI), no caule (C), nas raízes (R) e acúmulo total (T), nas plântulas

Doses de Al <sup>3+</sup> (ppm)	Concentração de zinco (ppm)					Acúmulo de zinco (mg/pl)				
	UV	VI	C	R		UV	VI	C	R	T
0	32,00a*	37,25a	14,00a	20,00ab		227,77a	203,37a	95,30ab	189,00ab	715,45a
5	29,75ab	42,50a	17,00a	52,50a		160,57b	193,80ab	117,25ab	384,62a	856,25a
10	29,00ab	45,00a	23,25	29,50ab		148,62b	180,30ab	166,42a	239,52ab	737,12a
15	24,75b	20,00a	23,00a	27,50b		115,55bc	105,84b	176,30a	190,20ab	587,90a
20	18,50c	-	18,75a	26,75b		71,12cb	-	87,65ab	128,22b	287,15b
25	13,00d	-	13,25a	25,25b		43,62d	-	61,05b	77,37b	182,05b
Tukey (5%)	5,20	16,57	16,48	24,13		65,54	93,21	99,02	200,86	275,03
C.V. (%)	9,45	20,53	40,23	33,78		22,78	25,98	77,50	44,30	21,78

\* Médias seguidas de letras não comuns nas colunas representam significância ao nível de 5% de probabilidade.

concentrações de Zn na planta, nos diferentes tratamentos foram influenciadas de distintas maneiras. Estes resultados são semelhantes àqueles encontrados por CARVALHO *et alii* (1985) quando estudaram o efeito do Al na concentração de Zn na raiz. Por outro lado, os valores de concentrações desse nutriente encontrados no presente experimento foram superiores aos encontrados por aqueles autores, julgando-se serem estas diferenças reflexos das diferenças de metodologias utilizadas. Observa-se ainda uma forte queda na concentração do nutriente nas doses mais altas de Al, atingindo cerca de 55% do valor alcançado na ausência desse elemento. Ajustou-se a regressão quadrática para esse tipo de variação nas folhas do último verticilo, nas folhas dos verticilos inferiores e no caule, estando apresentada juntamente com as curvas correspondentes nas Figuras 5A, 5B e 5C. Como o nível de pH das soluções foi mantido entre 4,0 e 5,0, e a disponibilidade de Zn só é afetada em valores de índice de pH superiores a esses, MENGEL e KIRKBY (1982), é provável que a diminuição na concentração desse nutriente no presente experimento seja conseqüência de efeitos secundários, como injúria das raízes e queda das folhas dos fluxos inferiores nas doses mais elevadas de Al.

#### Acúmulo:

A variação na quantidade de Zn na planta, com base no peso da matéria seca, em função das doses de Al, é apresentada na tabela 3. Observa-se que o acúmulo foi alto nas doses mais baixas, não apresentando variação entre a ausência de Al e a dose de 15ppm do elemento, mas tendo uma diminuição significativa nas doses mais altas. Este resultado coincide com aquele apresentado por CARVALHO *et alii* (1985), que obteve um grande aumento no acúmulo de Zn nas doses intermediárias de Al. Nota-se ainda no presente experimento que o acúmulo de Zn pela planta na dose mais alta de Al foi 75%, inferior àquela observada na ausência desse elemento. A equação de regressão que melhor se ajustou à variação do acúmulo de Zn em relação às doses de Al foi a

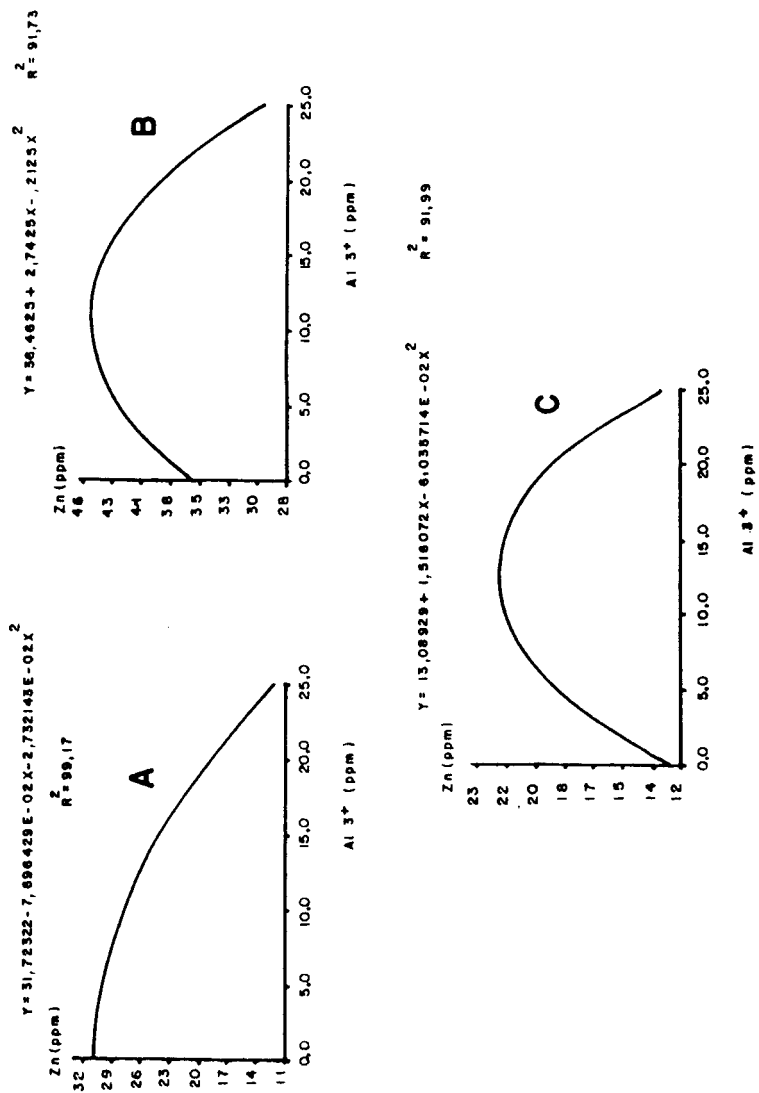


Fig. 5. Concentração de zinco. A-Nas folhas do último verticilo; B-Nas folhas dos verticilos inferiores; C-No caule, em função das doses de alumínio.



quadrática, assinalada, juntamente com a curva correspondente na Figura 6B e 6C, para folhas dos verticilos inferiores e caule. Para o acúmulo nas folhas do último verticilo ajustou-se regressão linear, sendo apresentada juntamente com a reta correspondente na Figura 6A. Para o acúmulo nas raízes e acúmulo total de Zn ajustou-se regressão cúbica, sendo apresentada, juntamente com as curvas correspondentes, nas Figuras 6D e 6E. A curva do acúmulo total apresenta um ponto de máximo de  $8,70\mu\text{g/pl}$  na dose de 5ppm de Al e um ponto de mínimo de  $1,79\mu\text{g/pl}$ , na dose de 25ppm de Al, enquanto para o acúmulo na raiz o ponto máximo é de  $3,31\mu\text{g/pl}$  na dose de 6,2ppm de Al e o ponto de mínimo é de  $0,78\mu\text{g/pl}$  na dose de 22,9ppm de Al.

### CONCLUSÕES

O desenvolvimento da seringueira é afetado a partir de 15ppm de Al no substrato.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOOLE-JONES, E.W. Copper, its effects on the growth of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). *Plant and Soil*. The Hague. 10(2):150-78, 1957.
- CARVALHO, J.G.de; VIÉGAS, I.de J.M.; BUENO, N.; HAAG, H.P. Efeito do Al sobre o desenvolvimento, absorção e translocação de nutrientes pela seringueira (*Hevea brasiliensis*) em solução nutritiva. (Em preparação).
- FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerance of plant species and varieties in acid soils. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(2):150-5, 1976.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1971. p.601-42.

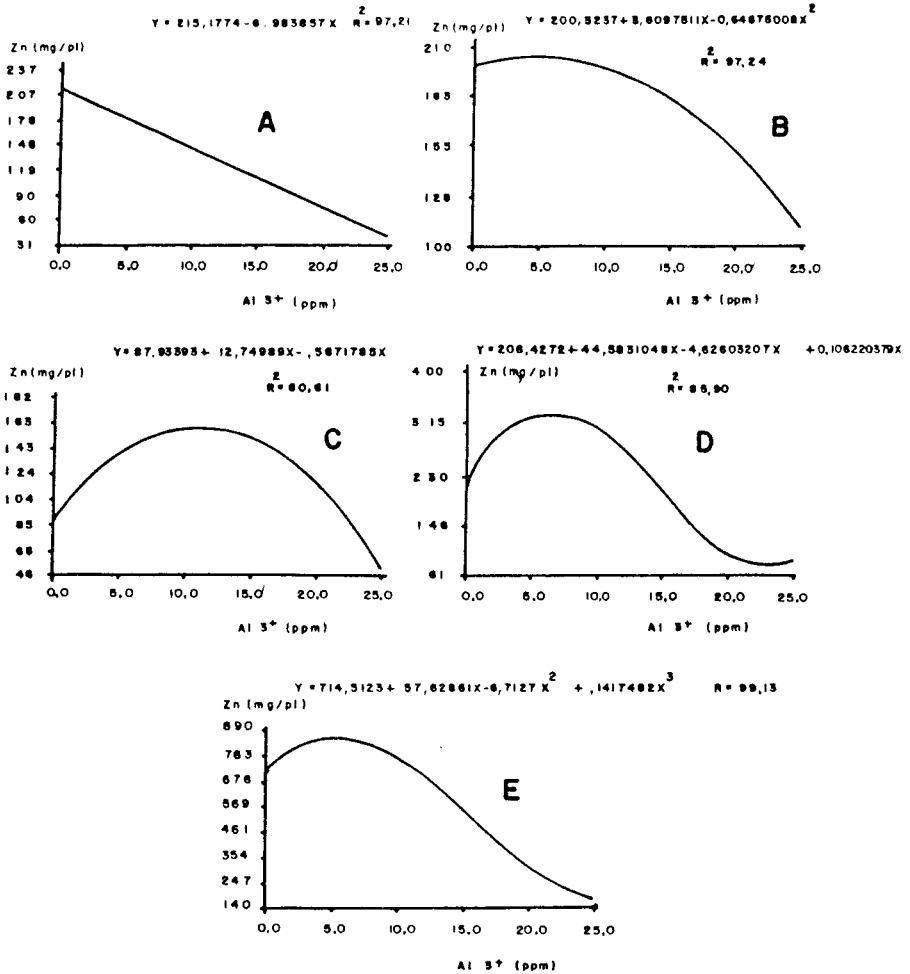


Fig. 6. Acúmulo de zinco. A-Nas folhas do último verticilo; B-Nas folhas dos verticilos inferiores; C-No caule; D-Nas raízes; E-Acúmulo total de zinco na planta, em função das doses de alumínio

- LAU, C.H. Rates of extraction of potassium and aluminum from five Malaysian soils by a cation exchange resin. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, 27(2):104-13, 1979.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition on higher plants*. New York, Academic Press, 1986. 674p.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 3.ed. Berna, International Potash Institute, 1982. 655p.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p.
- VIEIRA, L.S. O solo e a cultura da seringueira (*Hevea* spp). *FCAP. Informe Didático*, Belém (2):1-177, 1981.

---

Entregue para publicação em: 17/08/88

Aprovado para publicação em: 06/10/89