

MANGANÊS



FREQÜÊNCIA RELATIVA DAS DEFICIÊNCIAS DE MANGANÊS NO BRASIL



Concentração Média de B, Cu, Fe, Mn e Zn em Solos e Plantas

Elemento	No Solo (mg kg⁻¹)	Na Planta (mg kg⁻¹)
Boro*	0,06 – 0,5	20 - 50
Cobre	10 - 80	7 – 30
Ferro	10.000 – 100.000	25 - 100
Manganês	20 – 3.000	30 – 100
Zinco	10 – 300	20 - 70

*** Boro disponível, extração com água quente 1:2.
Knezek & Ellis (1980).**

MANGANÊS

**O Mn E O MICRONUTRIENTE
MAIS ABUNDANTE
NO SOLO DEPOIS DO FERRO.**

**20 A 3000 mg.Kg
(PROBLEMAS DE TOXIDEZ),**

NAS PLANTAS - 30 A 100 mg.Kg

**MINERAIS QUE CONTEM Mn:
PIROLUSITA, HAUSMANITA, MANGANITA**

Mn OCORRE NO SOLO

EM 3 ESTADOS DE VALÊNCIA:

DIVALENTE: Mn^{2+}

PRESENTE COMO CÁTION ADSORVIDO

OU NA SOLUÇÃO DO SOLO;

E A FORMA UTILIZADA PELAS PLANTAS.

TRIVALENTE: Mn_2O_3 FORMA DE ÓXIDO

ALTAMENTE REATIVO.

TETRAVALENTE: MnO_2 -- ÓXIDO INERTE

ABSORÇÃO, TRANSPORTE E REDISTRIBUIÇÃO

**O Mn É ABSORVIDO COMO
 Mn^{2+} E Mn^{3+}**

**IMÓVEL QUANTO A
REDISTRIBUIÇÃO**

**DEFICIÊNCIA OCORREM
NAS FOLHAS NOVAS**

FUNÇÕES DO Mn

**DOADOR DE ELÉTRONS PARA
A CLOROFILA ATIVADA.**

**SÍNTESE DE CLOROFILA, FORMAÇÃO,
MULTIPLICAÇÃO E FUNCIONAMENTO
DOS CLOROPLASTOS.**

**AS PLANTAS POSSUEM 1 PROTEÍNA COM Mn,
A MANGANINA, FUNÇÃO DESCONHECIDA.**

**ENZIMAS ATIVADAS PELO MANGANÊS:
ATPase, QUINASE PIRUVICA,
GLUTAMIL TRANSFERASE, ENZIMA MÁLICA.**

Funções e Compostos em que o Manganês participa na Planta (Hewitt & Smith, 1975)

MANGANÊS

Funções

Fotossíntese, Metabolismo do Ácido Carboxílico

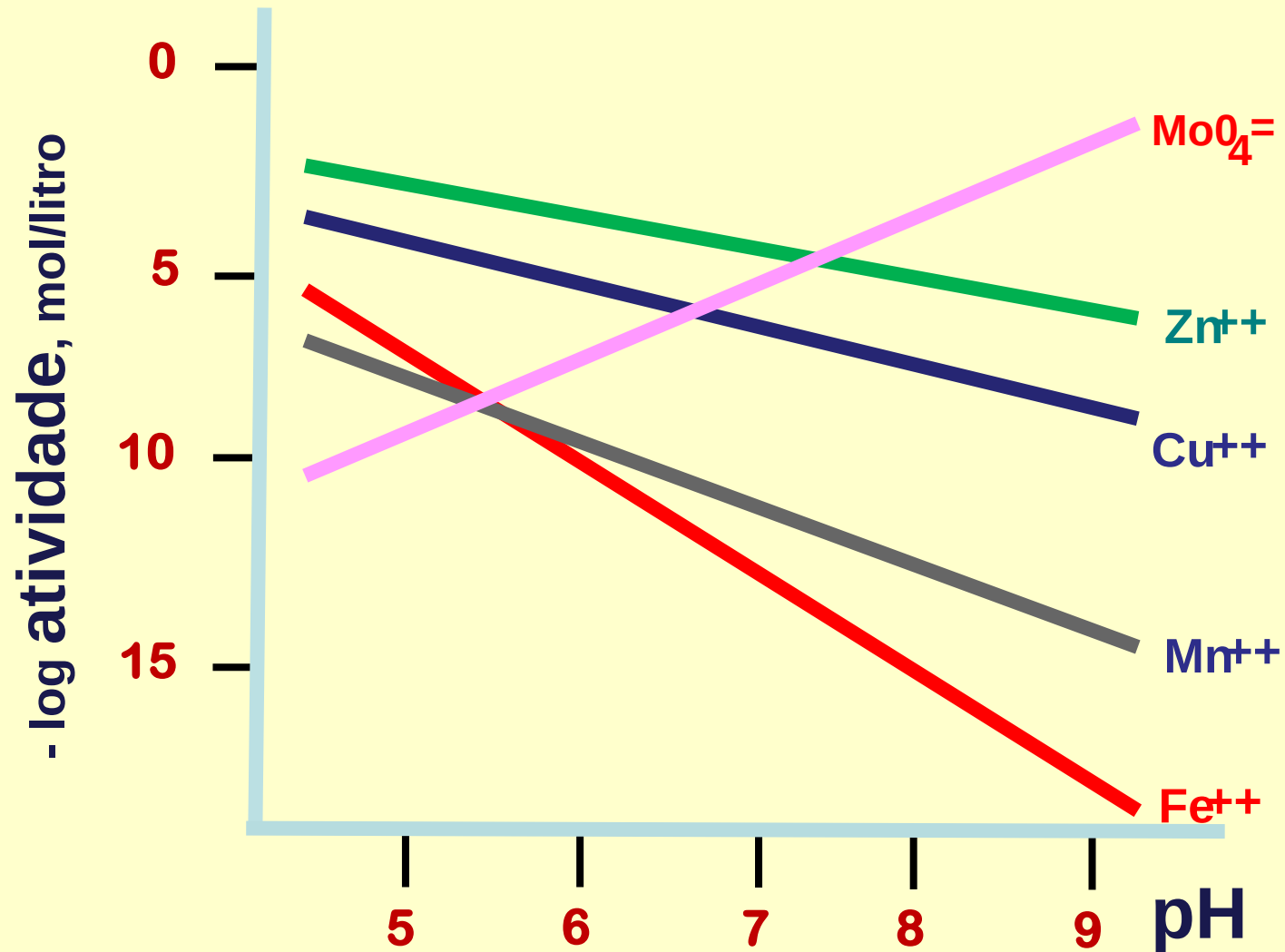
Compostos

Manganina

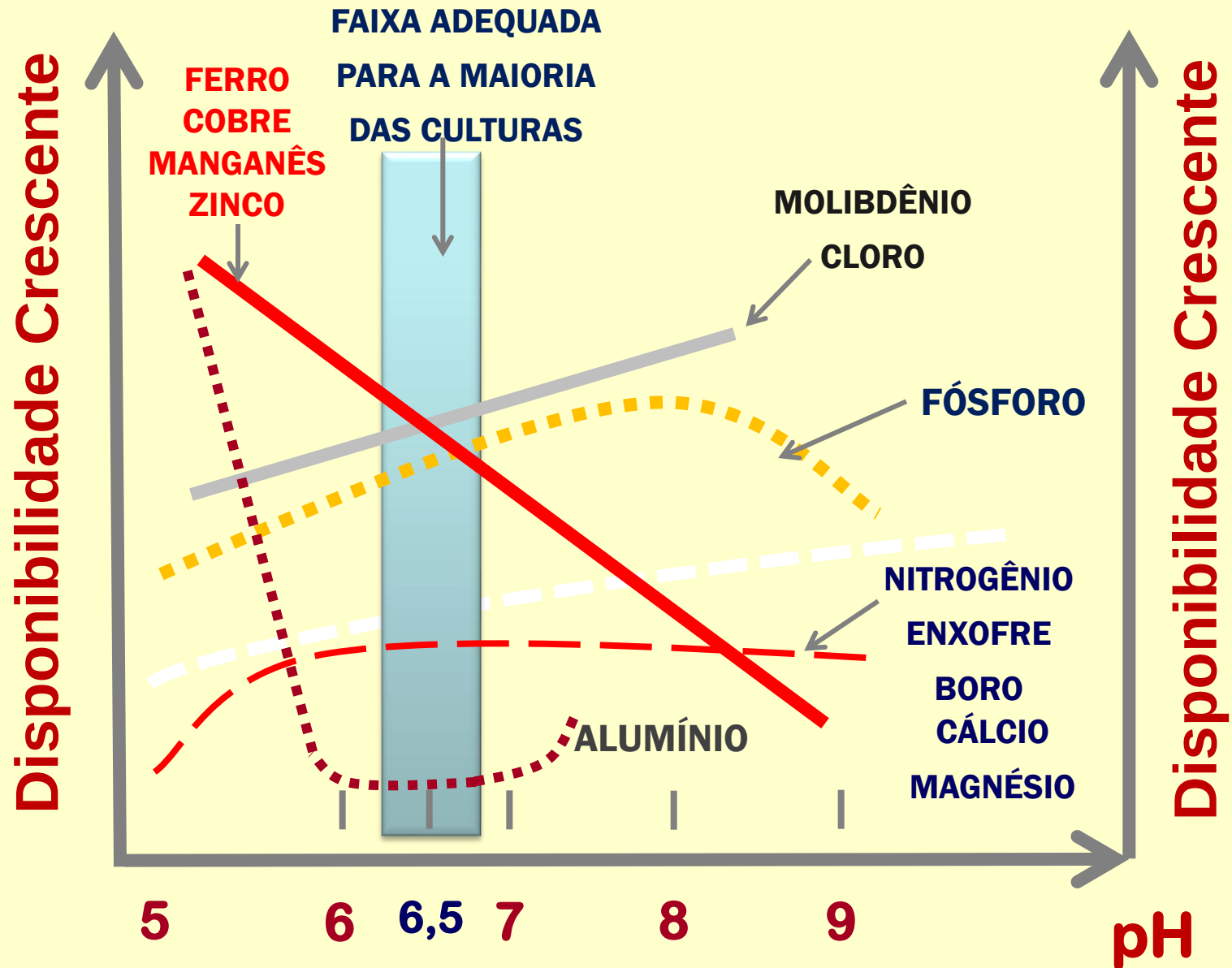
Concentração e Formas de Manganês na Solução do Solo, Xilema e Floema das Plantas

Nutriente	Solução do Solo Conc. (μM)		Xilema		Floema	
	Valores Médios	Forma	Conc. (μM)	Forma	Conc. (μM)	Forma
Manganês	-	Complexado (84 – 99%)	10	Cátion	25	n.d.

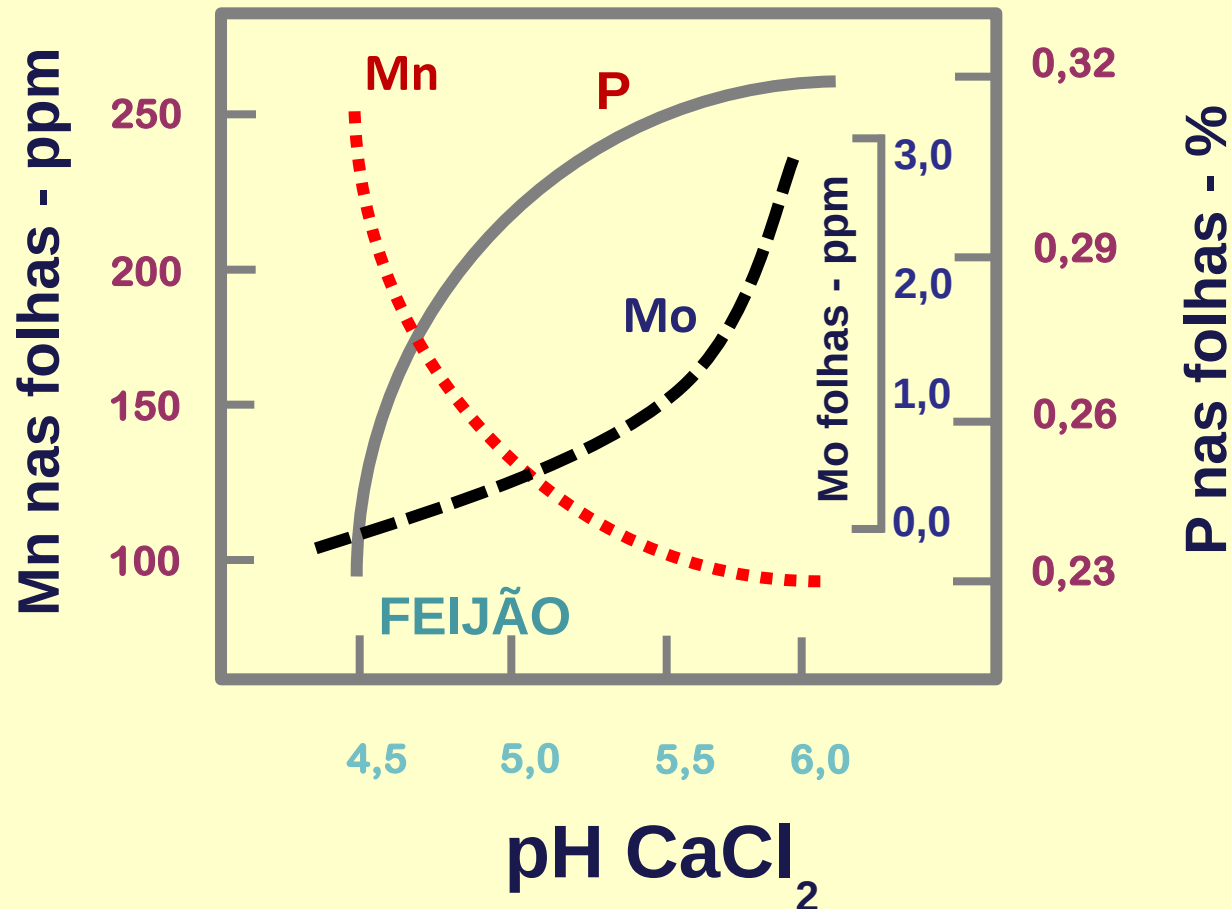
ESPÉCIES IÔNICAS EM EQUILÍBRIO NA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DO PH (LINDSAY, 1972)



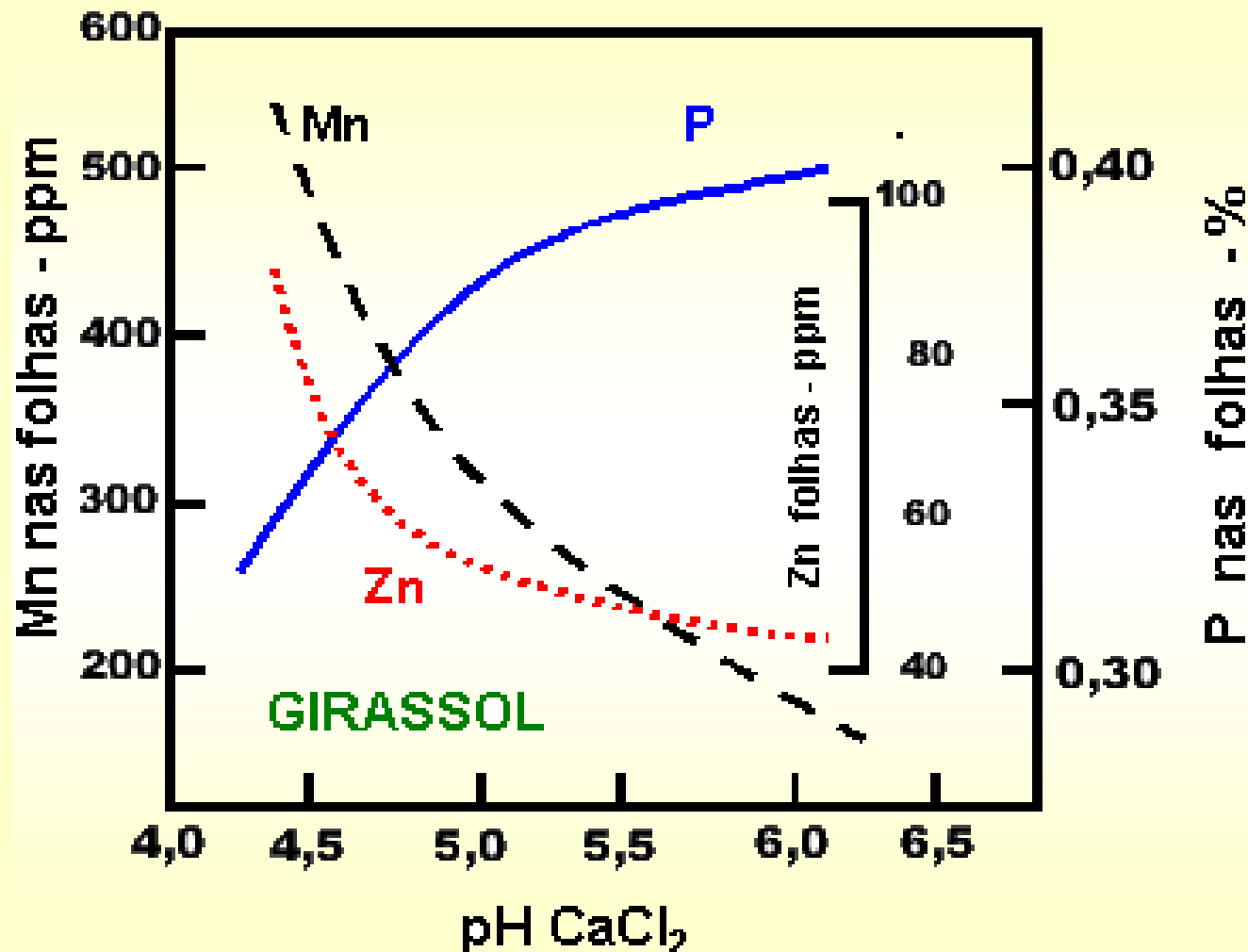
pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS NA SOLUÇÃO DO SOLO



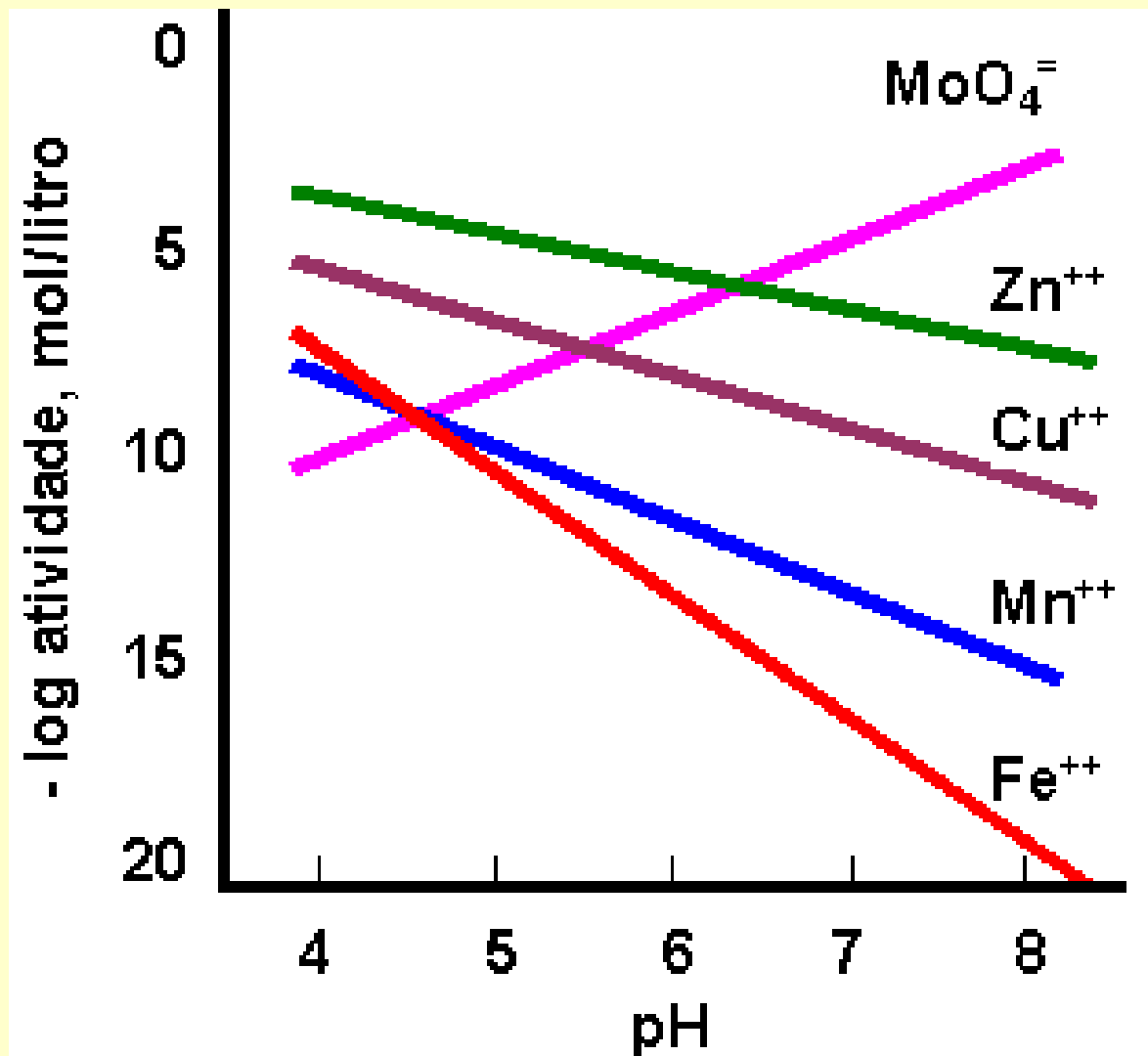
TEORES DE P, Mn, Zn E Mo EM FUNÇÃO DO pH (Quaggio, 1985)



Variação nos Teores de Fósforo, Manganês, Zinco e Molibdênio em Função do pH



Espécies iônicas em Equilíbrio na Solução do Solo em Função do pH



Efeito do Manganês no Crescimento e na Composição do Feijoeiro(Marschner, 1986)

Parâmetros	Folha		Caule		Raízes	
	- Mn	+ Mn	- Mn	+Mn	- Mn	+Mn
Produção M.S. (g planta⁻¹)	0,46	0,64	0,38	0,55	0,14	0,21
Carboidratos (mg g⁻¹)	4,0	17,5	14,5	35,6	0,9	7,6

Teores de Manganês Considerados Adequados para Algumas Culturas (Malavolta, 1989)

Cultura	Mn (mg kg⁻¹)
Algodão	20 – 40
Café	80 – 100
Cana-de-Açúcar	100 – 250
Citros	25 – 100
Milho	50 – 150
Soja	20 – 100
Tomate	250 – 400

Níveis em Folhas Anexa a Espiga do Milho

	Deficiente	Baixo	Adequado	Alto	Toxicidade
N (g kg ⁻¹)	< 20,0	20,0 - 35,0	25,0 - 35,0	> 35,0	
P (g kg ⁻¹)	< 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 5,0	5,0 - 8,0	> 8,0
K (g kg ⁻¹)	< 10,0	10,0 - 15,0	15,0 - 30,0	30,0 - 55,0	> 55,0
Ca (g kg ⁻¹)	< 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 10,0	> 10,0	
Mg (g kg ⁻¹)	< 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 10,0	> 10,0	
Mn(mg kg ⁻¹)	< 10	10 - 20	20 - 300	200 - 350	> 350
Fe (mg kg ⁻¹)	< 10	10	10 - 300	300 - 550	
B (mg kg ⁻¹)	< 2	3 - 5	6 - 40	40 - 55	> 55
Cu (mg kg ⁻¹)	< 2	3 - 5	6 - 50	50 - 70	> 70
Zn (mg kg ⁻¹)	< 15	15- 20	20 - 70	70 - 150	> 150

Mengel & Kirkby, 1982

Principais Fontes de Manganês Existentes no Mercado Brasileiro

Produto	Fórmula	% do elemento
Sulfato Manganoso	$\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	26 - 28
Quelato Sintético	Mn EDTA	12
Sintético	Poliflavanóide	8





A



B



C

Citrus – Def. Mn

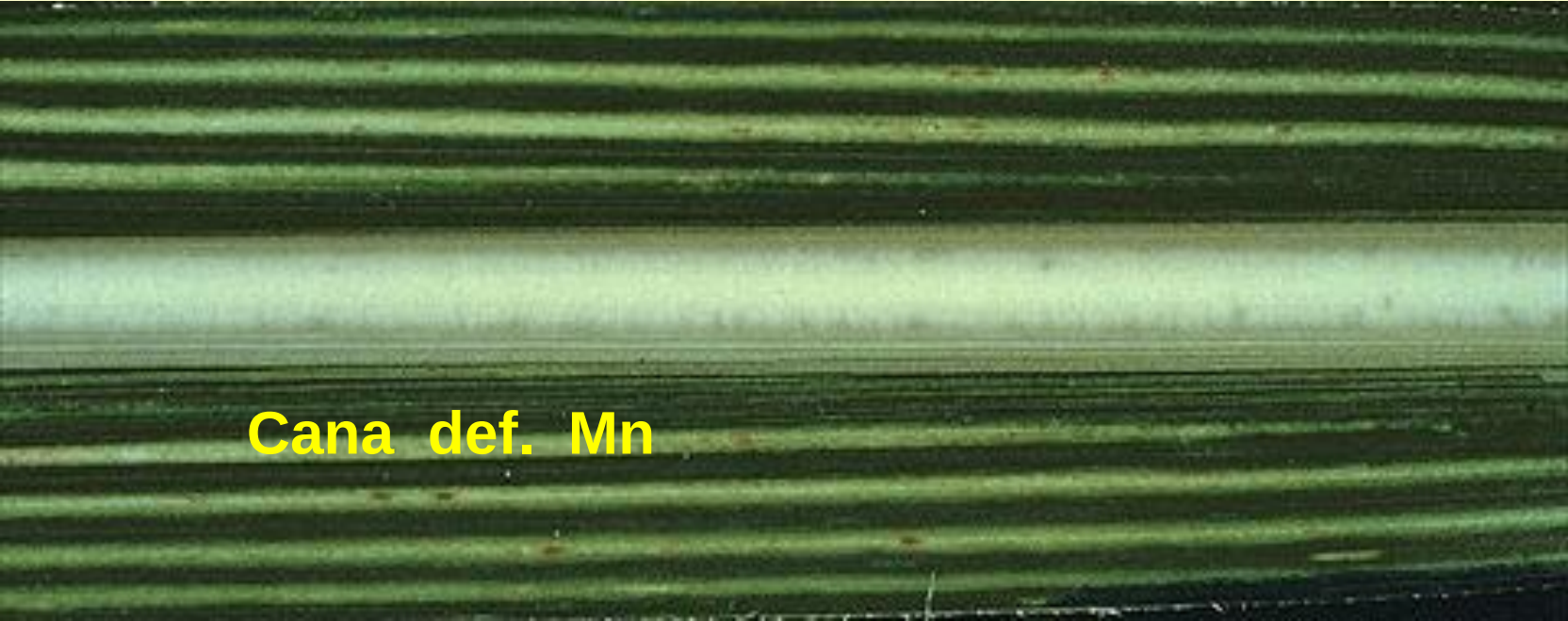


MANGANESE
DEFICIENCY

soja



Feijão



Cana def. Mn

Deficiências de Manganês



Toxidez de Manganês





soybean
control

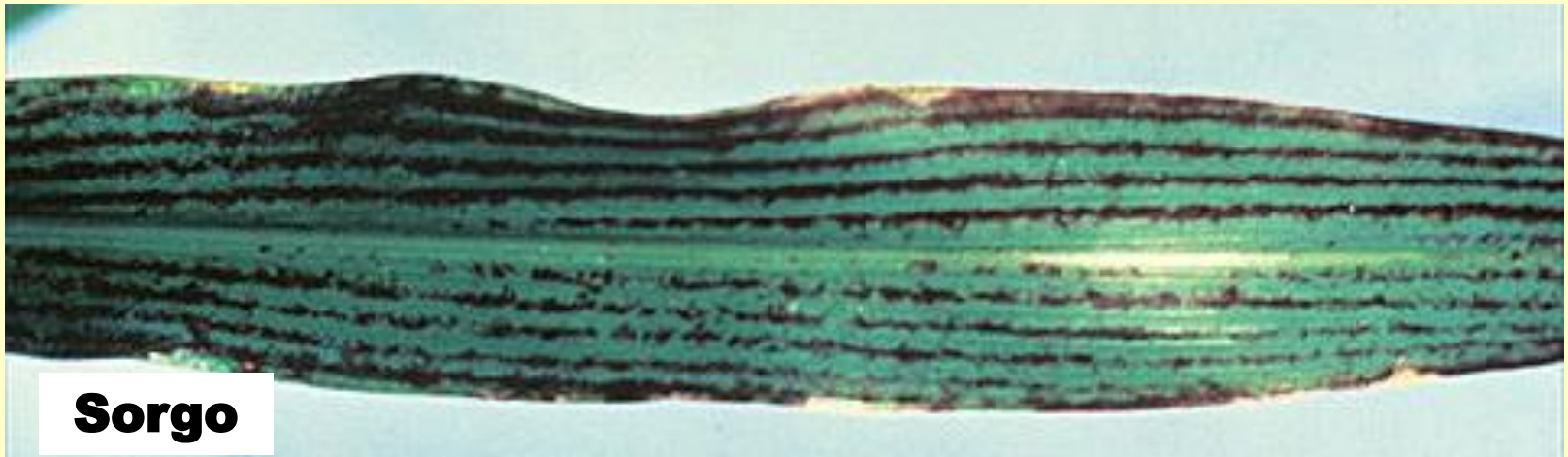


+Mn

soja

A close-up photograph of a tree trunk with rough, textured bark. The bark is light brown and grey, showing signs of peeling or damage. Green leaves are visible in the background, some with serrated edges. The lighting is bright, creating strong shadows.

Maça



Sorgo

Manganês - Revisão

Forma Absorvida:

Mn²⁺

Forma Incorporada:

Mn²⁺

**Mobilidade
Redistribuição: de**

Imóvel

Teores Médios:

20 – 100 mg kg⁻¹

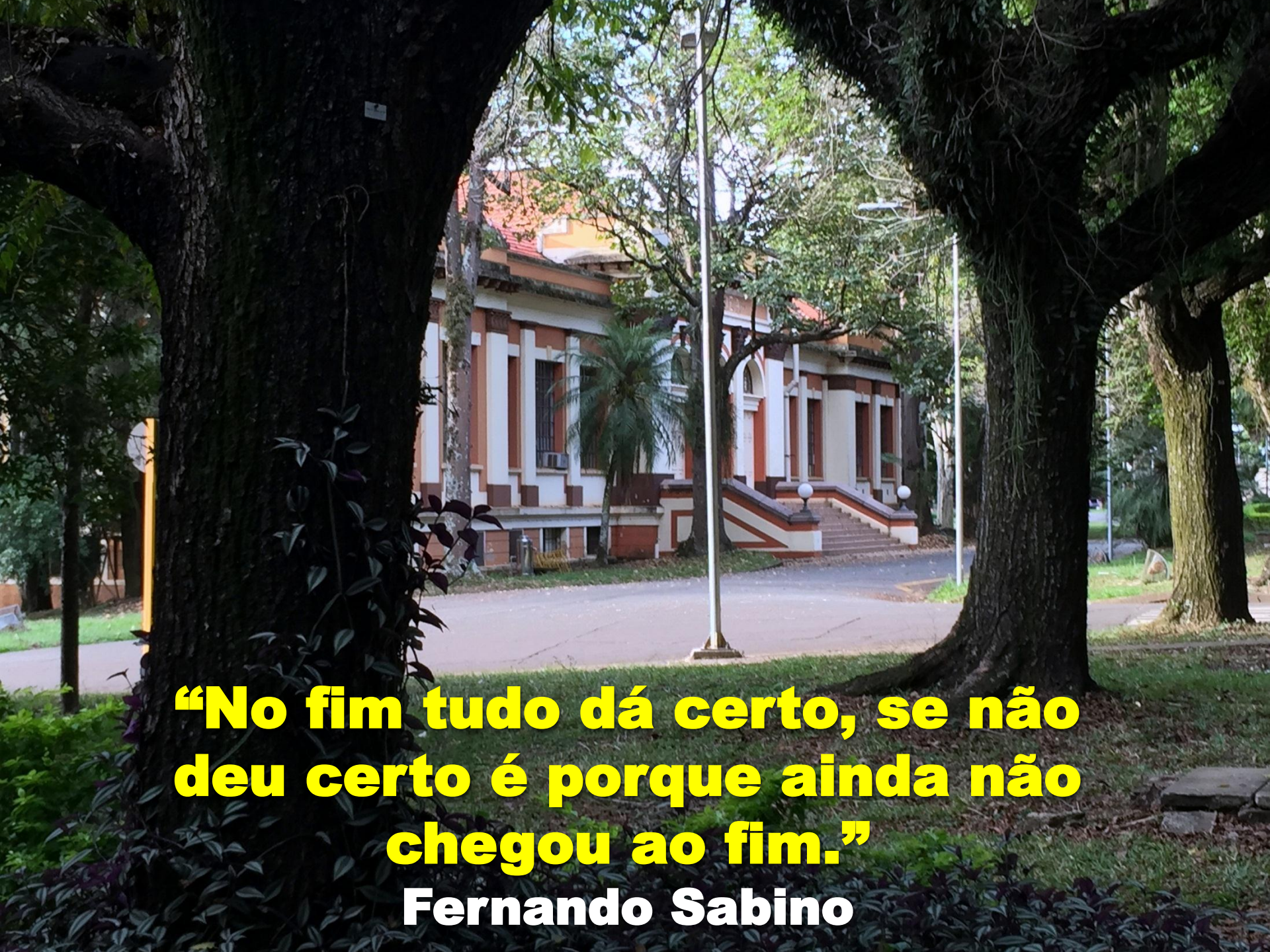
Funções nas Plantas:

**Doador de Elétrons,
Síntese da Clorofila**

**Características de
deficiência:**

**Reticulado grosso de nervuras
nas folhas novas**





**“No fim tudo dá certo, se não
deu certo é porque ainda não
chegou ao fim.”**

Fernando Sabino

MOLIBDÊNIO



FREQUÊNCIA RELATIVA DAS DEFICIÊNCIAS DE Mo NO BRASIL



(*) (1) Frequência Mínima (10) Frequência Máxima

**É O MICRONUTRIENTE DE
MENOR TEOR NO SOLO
E O EXIGIDO EM MENOR
QUANTIDADE PELAS
CULTURAS.**

**CRUCÍFERAS (REPOLHO E
COUVE-FLOR
E LEGUMINOSAS SÃO DAS MAIS
EXIGENTES.**

NO SOLO
O Mo OCORRE EM DIFERENTES FORMAS:
MINERAIS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS:
NA REDE CRISTALINA E CONSIDERADO
NÃO DISPONÍVEL
(FERROMOLIBDENITA E MOLIBDENITA).

ADSORVIDOS A ÓXIDOS HIDRATADOS
DE FERRO E ALUMÍNIO (MAIOR PROPORÇÃO).

A DISPONIBILIDADE DEPENDE MUITO DO pH.

NA MATÉRIA ORGÂNICA.

SOLÚVEL EM H₂O.
A CONCENTRAÇÃO DO ÍON MOLIBDATO
NA SOLUÇÃO DO SOLO É MUITO BAIXA

ABSORÇÃO, TRANSPORTE E REDISTRIBUIÇÃO

**O Mo É ABSORVIDO PELAS PLANTAS
NA FORMA DO ION MOLIBDATO (MoO_4^{2-}).
SUA MOBILIDADE É CONSIDERADA MÉDIA.**

**FUNÇÕES: A REDUTASE DO NITRATO
É UMA ENZIMA QUE CONTÉM Mo.
A FALTA DE Mo CAUSA UM ACÚMULO DE NITRATO
NOS TECIDOS. A NITROGENASE TAMBÉM
É UMA ENZIMA QUE POSSUI Mo.**

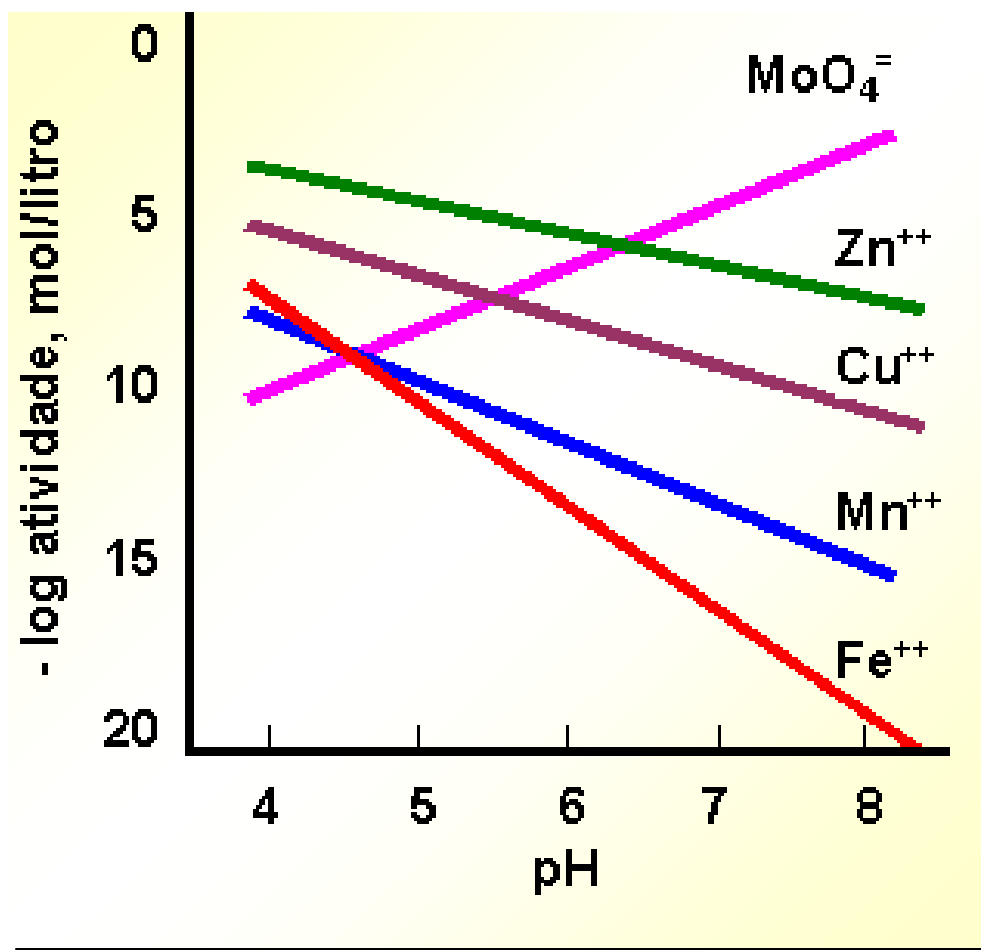
**NA AUSTRÁLIA, UTILIZA-SE O
SUPERFOSFATO MOLIBDENIZADO ($750 \text{ g MoO}_3/\text{t}$)
PARA CORRIGIR FALTA DE P, S E Mo
(APLICA-SE CERCA DE $100\text{-}150 \text{ g MoO}_3/\text{ha}$).**

Concentração de Mo Total e Solúvel (Extração em Solução Ácida de Oxalato de Amônio) em Horizontes Superficiais de 14 Solos do Estado de São Paulo

Classificação dos solos	Mo (mg kg⁻¹)	
	Total	Solúvel
Terra Roxa Estruturada	1,74	0,11
Hidromórfico	0,91	0,13
Latossolo Vermelho-Amar. Orto	2,42	0,05
Podzólico Lins e Marília	0,31	0,03
Latossolo Verm. Amar. Fase Aren	0,72	0,05

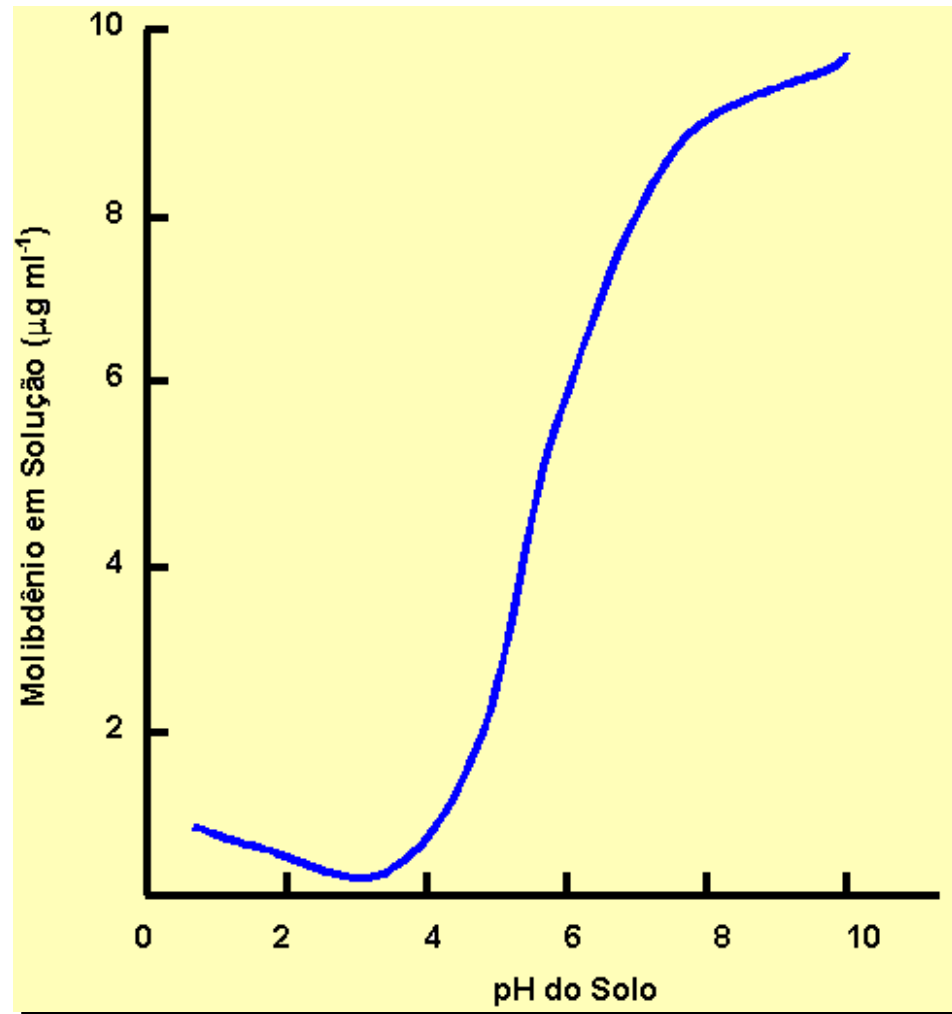
FONTE: Bataglia et al. (1976)

Espécies Iônicas em Equilíbrio na Solução do Solo em Função do pH



FONTE: Lindsay (1972)

Disponibilidade de Molibdênio na Solução do Solo em Função do pH



Efeito do Suprimento de Enxofre na Absorção de Molibdênio pelo Trevo-Branco Crescido em um

Enxofre (mg kg ⁻¹)	Molibdênio (μg kg ⁻¹)			
	0	42	84	126
0	1,3	9,7	18,3	22,7
30	0,2	6,4	11,1	16,2
60	0,1	5,6	10,7	14,6

FONTE: Monteiro (1986)

Concentração e Formas de Molibdênio na Solução do Solo, Xilema e Floema das Plantas

Nutriente	Solução do Solo Conc. (μM)		Xilema		Floema	
	Valores Médios	Forma	Conc. (μM)	Forma	Conc. (μM)	Forma
Molibdênio	-	MoO_4^{2-}	2,0	MoO_4^{2-}	0,1	n.d.

Funções e Compostos em que o **Molibdênio** Participa na Planta



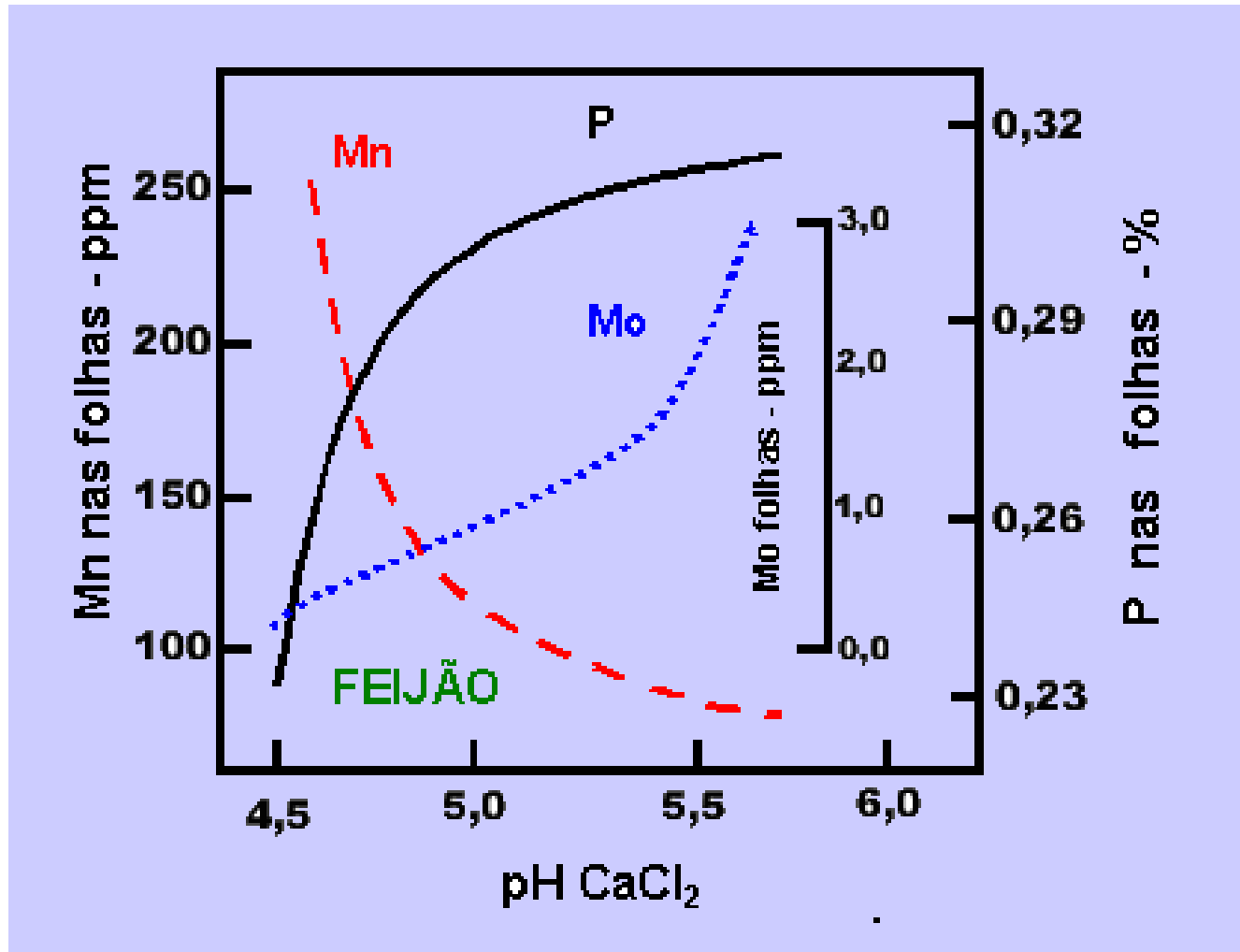
FUNÇÕES

**REDUÇÃO DO NITRATO,
FIXAÇÃO DO N₂ E COMPOSTOS
NITROGENADOS**

COMPOSTOS

➤ **REDUTASE DO NITRATO,
NITROGENASE E XANTINA
OXIDASE**

Variação nas Concentrações de Fósforo, Manganês, Zinco e Molibdênio em Função do pH



Concentração de Molibdênio e de Nitrogênio na Parte Aérea da Centrosema, em Função da Acidez do Solo

CALAGEM	pH	NUTRIENTE NA PLANTA	
		Mo (mg kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)
0	5,40	1,95	26,2
1	5,80	2,35	27,7
2	6,10	4,12	29,9

FONTE: Werner & Mattos (1972)

Efeito do Suprimento de Mo para Plantas de Milho, na Produção e Viabilidade do Grão de Pólen

Molibdênio (mg kg ⁻¹)	Concentração de Mo no Grão de Pólen (μg/g)	Número de grãos de pólen por antera	Diâmetro do Pólen (μm)	% de Germinação
0,01	17	1.300	68	27
0,1	61	1.937	85	51
20	92	2.437	94	86

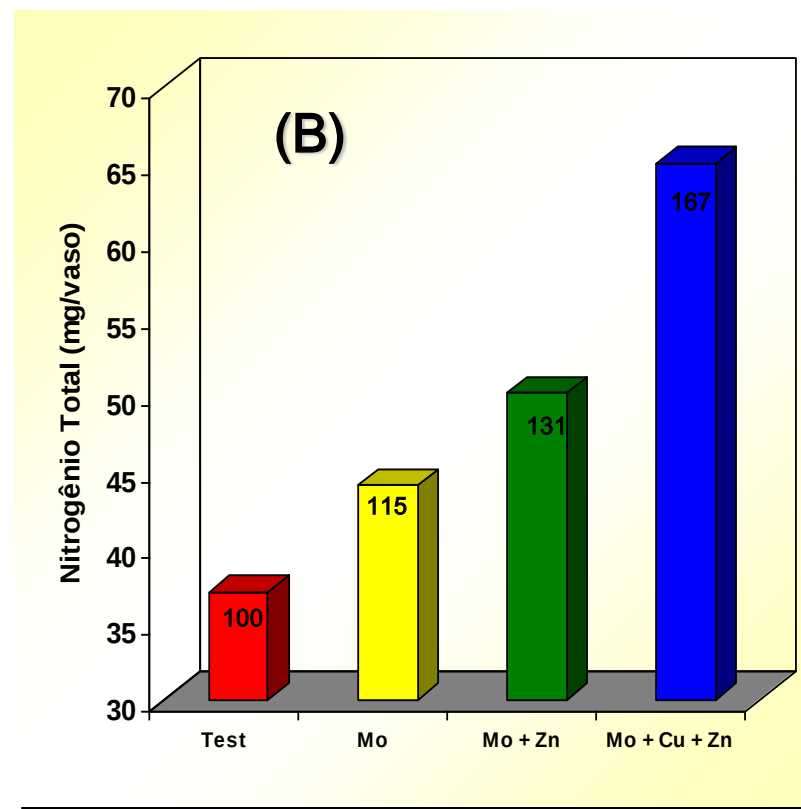
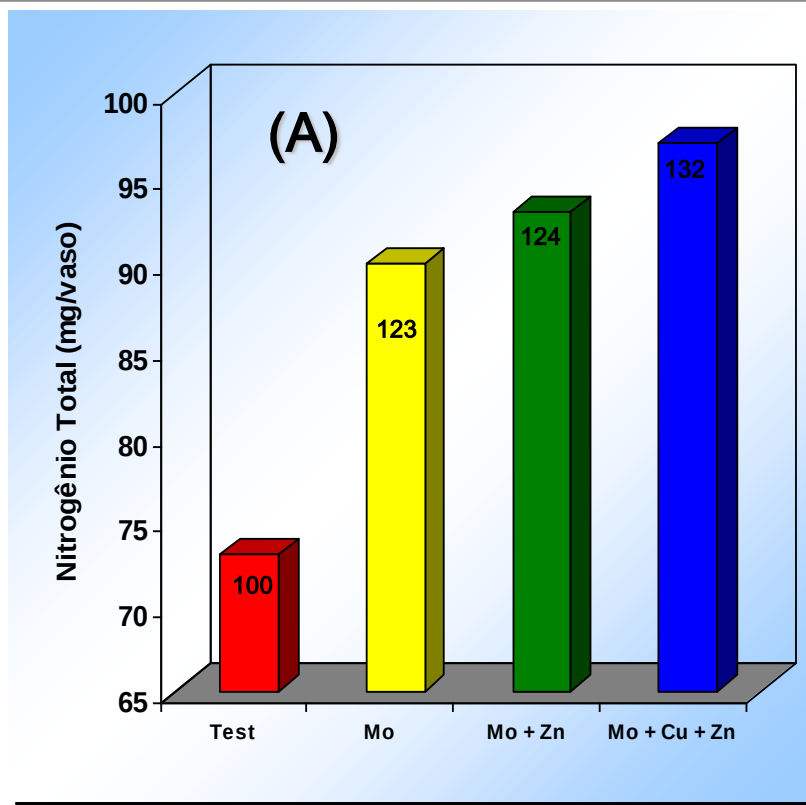
FONTE: Agarwala et al. (1979).

Efeito do Mo e Fonte de Nitrogênio no Desenvolvimento e no Teor de Clorofila, Nitrato e Ácido Ascórbico em Tomate

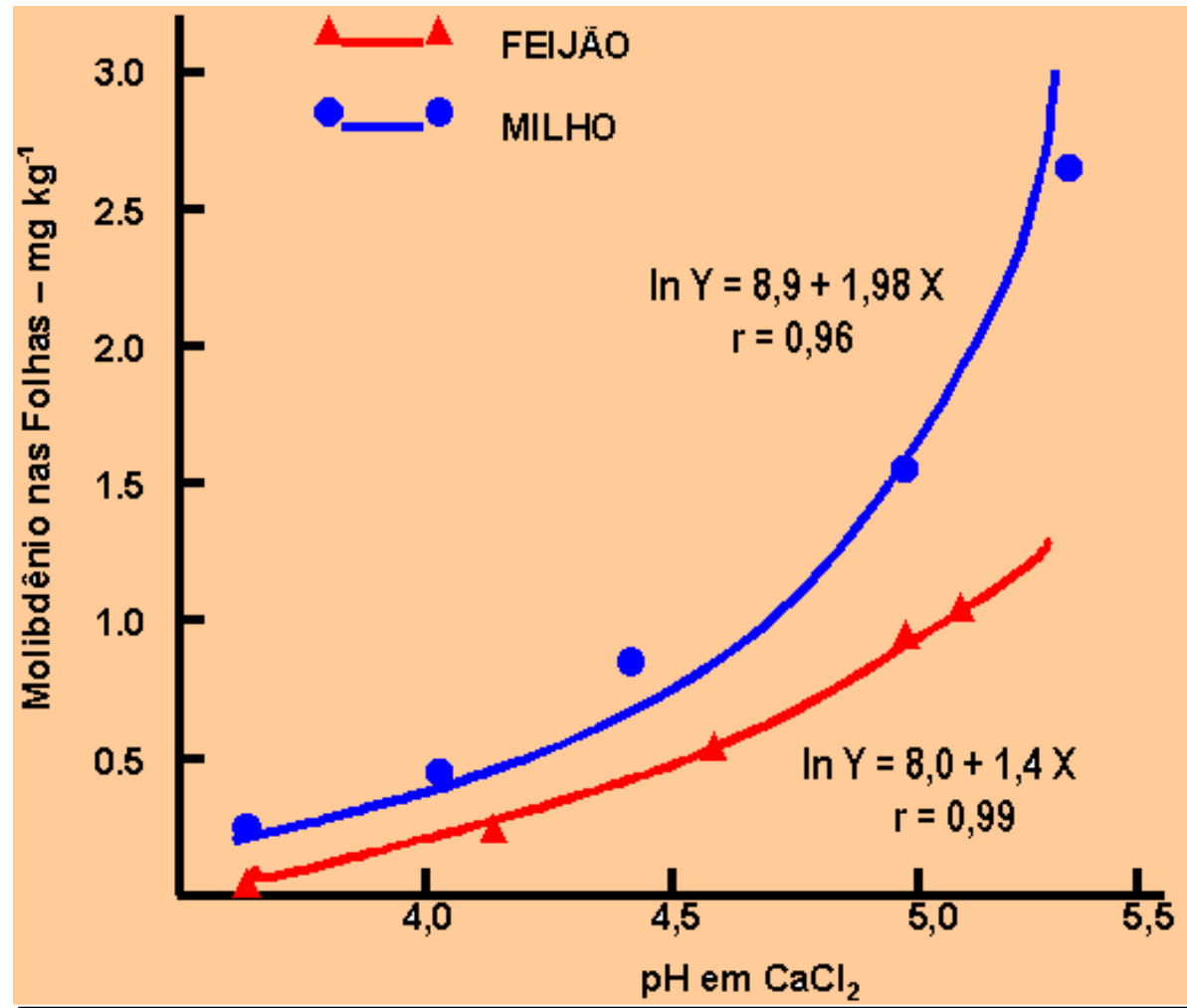
Tratamentos (CaCO ₃ + Formas de N)	Peso de Massa Seca (g/planta)		Clorofila (mg/100g peso verde)		Nitrato (mg g ⁻¹ massa seca)		Ácido Ascórbico (mg/100g PV)	
	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo
NITRATO	9,6	25,0	8,9	15,8	72,9	8,7	99	195
AMÔNIO	15,9	19,4	21,6	17,4	10,4	8,7	126	184

FONTE: Hewitt & Cready (1956)

Nitrogênio Total na Parte Aérea da Centrosema Cultivada nos Solos de Andradina (A) e São José do Rio Preto (B), em Função de Quatro Tratamentos de Adubação com Micronutrientes



Concentração de Mo nas Folhas de Plantas de Feijão e Milho em Função dos Valores de pH do Solo Obtidos Através da Calagem em Solo Orgânico no Vale do Ribeira



FONTE: Quaggio et al. (1985)

Relação entre a Concentração de Mo em Sementes de Soja e a Produção no Cultivo Subseqüente de Plantas Cultivadas em Solo com Baixa Disponibilidade de Mo

Mo NAS SEMENTES (mg kg⁻¹)	PRODUÇÃO DE SEMENTES (kg ha⁻¹)
0,05	1.505
19,0	2.332
48,4	2.755

FONTE: Gurley & Giddens (1969)

Efeito da Aplicação de Trióxido de Molibdênio na Produção de Massa Seca e na Concentração de Nitrogênio em Pastagem de Leguminosa (*Desmodium*) Cultivada em Solo com pH 4,7

MOLIBDÊNIO APLICADO (g ha⁻¹)	MASSA SECA (kg ha⁻¹)	NITROGÊNIO (g kg⁻¹)
0	70	19
100 (Aplicado no Solo)	1.220	32
100 (Pellet na Semente)	1.380	34

FONTE: Kerridge et al. (1973)

Principais Fontes de Molibdênio no Mercado Brasileiro

Produto	Fórmula	Mo %
Molibdato de Sódio	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39
Molibdato de Amônio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	54
Trióxido de Mo	MoO_3	66

Principais Fritas Existentes no Mercado Brasileiro

PRODUTO	FÓRMULA	% DO ELEMENTO
ÓXIDOS SILICATADOS	FRITAS	B: 2,1 – 2,8 Cu: 0,8 – 2,0 Fe: 0,0 – 6,7 Mn: 0,0 – 10,0 Mo: 0,13 – 0,15 Zn: 0,0 – 0,15

Concentração de Molibdênio

Considerada Adequada para Algumas Culturas

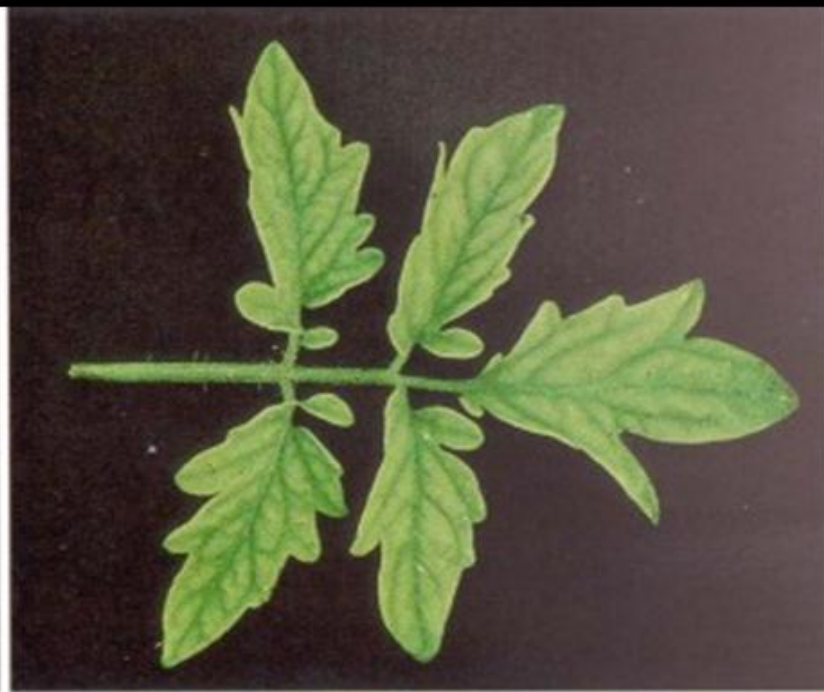
Cultura	Mo (mg kg⁻¹)
Algodão	1,00 – 2,00
Café	0,10 – 0,15
Cana-de-Açúcar	0,15 – 0,30
Citros	0,10 – 1,00
Milho	0,15 – 0,20
Soja	0,50 – 0,80
Tomate	0,30 – 0,50

FONTE: Malavolta (1989)

DEFICIÊNCIAS DE MOLIBDÊNIO



Couve-flor



Couve e Tomate



Couve-flor



Couve -Flor

SEM

Mo

COM



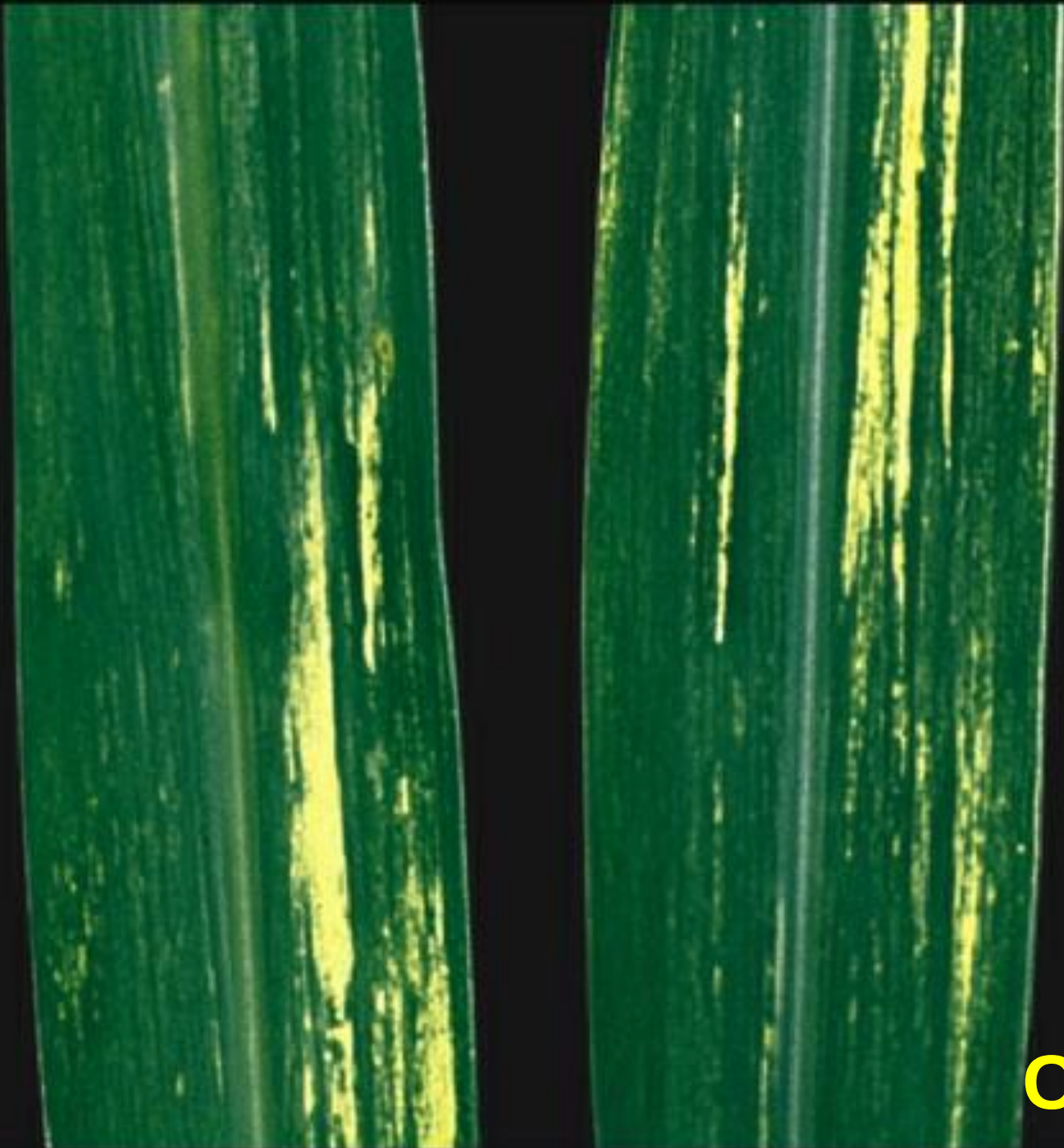
Soja Perene



Citrus



Café



Cana

Beterraba



Molibdênio - Revisão

Forma Absorvida



Forma Incorporada



Mobilidade de Redistribuição

Média/Alta

Concentração Normal

0,1 – 1 mg kg⁻¹

Funções
nas Plantas

Redução do Nitrato, Fixação de Nitrogênio,
Metabolismo de Nitrogenados e Produção e
Germinação do Grão de Pólen

Características de
Deficiência

Folhas novas
deformadas,
Amarelecimento das
folhas velhas



NUTRIENTES	FORMA ABSORV.	FORMA INCORP.	MOBILIDADE* DE REDISTRIB.	FUNÇÕES NAS PLANTAS	TEORES MÉDIOS	CARACTERÍSTICAS DA DEFICIÊNCIA
N	NO_3^- e NH_4^+	NH_3	MÓVEL	PROTEÍNAS, ENZIMAS CLOROFILA	20-40g kg ⁻¹	AMARELECIMENTO GENERALIZADO DAS FOLHAS
P	H_2PO_4^-	H_2PO_4^-	MÓVEL	ARMAZENAMENTO, TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA	10-1,5g kg ⁻¹	BAIXA GERMINAÇÃO (ÁCIDO FÍTICO), POUCO DESENV. DO SISTEMA RADICULAR, ARROUXAMENTO DAS FOLHAS VELHAS
K	K^+	-	MÓVEL	ATIVADOR ENZIMÁTICO, REGULAÇÃO OSMÓTICA	10-30g kg ⁻¹	QUEIMA DO BORDÔ DAS FOLHAS VELHAS, ACAMAMENTO
Ca	Ca^{2+}	Ca^{2+}	IMÓVEL	ATIVADOR ENZIMÁTICO, PAREDE CELULAR	5-10g kg ⁻¹ 30-50g kg ⁻¹	PEQUENO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICULAR, PODRIDÃO DOS FRUTOS
Mg	Mg^{2+}	Mg^{2+}	MÓVEL	CLOROFILA ATIVADOR ENZIMÁTICO	3-5g kg ⁻¹	CLOROSE INTERNERVAL DAS FOLHAS VELHAS
S	SO_4^{2-}	S^{2-}	IMÓVEL	AMINOÁCIDOS	1-3g kg ⁻¹	AMARELECIMENTO GENERALIZADO DAS FOLHAS NOVAS
B	H_3BO_3	-	IMÓVEL	PROVAVEL ENVOLVIMENTO COM TRANSPORTE DE SINTETIZADOS	30-50mg kg ⁻¹	DEFORMAÇÃO DAS FOLHAS E FRUTOS
Cu	Cu^{2+}	Cu^{2+}	IMÓVEL	ATIVADOR ENZIMATICO FOTOSSÍNTESE	5-20mg kg ⁻¹	PONTOS NECRÓTICOS NAS FOLHAS NOVAS
Fe	Fe^{2+}	Fe^{2+}	IMÓVEL	ATIVADOR ENZIMATICO TRANSPORTE DE ELÉTRONS, CITOCROMO	50-100mg kg ⁻¹	RETICULADO FINO NERVURAS NAS FOLHAS NOVAS
Mn	Mn^{2+}	Mn^{2+}	IMÓVEL	DOADOR DE ELÉTRON, SÍNTESE DE CLOROFILA	20-100mg kg ⁻¹	RETICULADO GROSSO DE NERVURAS NAS FOLHAS
Mo	MoO_4^{2-}	MoO_4^{2-}	MOBILIDADE MÉDIA	REDUTASE DO NITRATO, PRODUÇÃO DE GRÃOS DE PÓLEN, METABOLISMO DE PROTEÍNAS	0,1-10mg kg ⁻¹	FOLHAS NOVAS DEFORMADAS AMARELECIMENTO DAS FOLHAS VELHAS
Zn	Zn^{2+}	Zn^{2+}	IMÓVEL	ATIVADOR ENZIMATICO	20-50mg kg ⁻¹	RETICULADO GROSSO NAS FOLHAS NOVAS, LANCEOLADAS
Ni	Ni^{2+}	Ni^{2+}	IMÓVEL	UREASE HIDROGENASE	0,1-10mg kg ⁻¹	



**“Nenhum vento sopra a favor
de quem não sabe para onde ir.”
Sêneca, Filósofo da Antiga Roma**

Niquel



Formas e teores de Ni no solo

- É um metal de transição e pode ocorrer em vários estados de oxidação
- pH usual dos solos: somente na forma Ni (II) é estável
- teores: 20 a 40 mg kg⁻¹
- solos com serpentina: teores: 100 a 7000 mg kg⁻¹
- disponibilidade de Ni diminui com o aumento do pH

Estudos com níquel na nutrição de plantas

- **Até pouco tempo atrás eram concentrados na avaliação de seu efeito tóxico**
- **atualmente tem sido inserido por diversos autores na lista dos 13 elementos essenciais às plantas**

Critérios de essencialidade

- **Direto**
 - **está ligado fortemente à urease**
- **Indireto**
- **soja: acúmulo de uréia e, consequentemente, necrose de folíolo**
- **redução de até 10% no desenvolvimento não completa o ciclo**

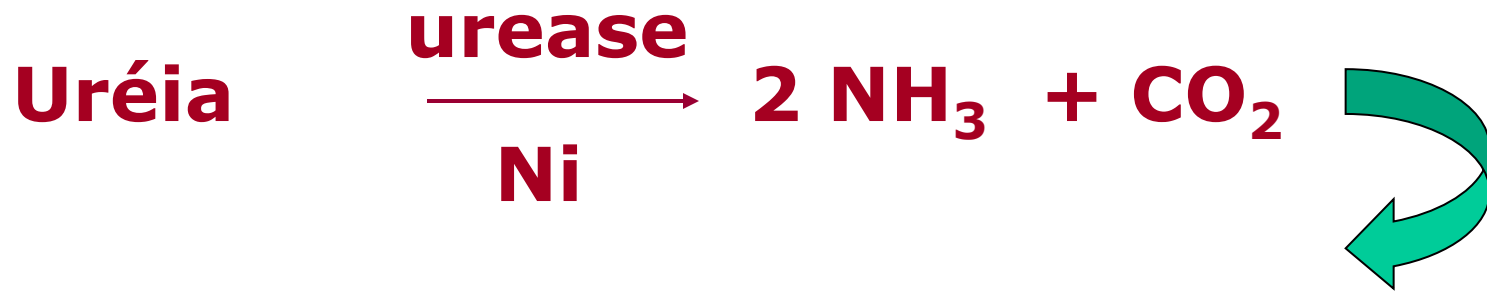
Absorção, transporte e redistribuição

- Absorvido na forma iônica de Ni
- mais de 90% do Ni de raízes e folhas de soja estão em formas solúveis (Nielsen, 1984)
- a mobilidade no floema é alta
 - na senescência, mais de 70% do Ni acumulado na parte aérea pode ser translocado para as sementes

Teores na planta

- Solos sem serpentina
 - 0,1 a 5,0 mg kg⁻¹
- solos com serpentina
 - 20 a 1000 mg kg⁻¹
 - teores superiores a 25 a 300 mg kg⁻¹ já podem causar toxidez, dependendo da espécie

Metabolismo da uréia



Se falta Ni, atividade da urease diminui, uréia se acumula, metabolismo da planta é prejudicado

Nutrientes	Forma Absorv.	Forma Incorp.	Mobilidade* de redistrib.	Funções nas plantas	Teores médios	Características da deficiência
N	NO_3^- e NH_4^+	NH_3	MÓVEL	Proteínas, Enzimas Clorofila	20-40g kg ⁻¹	Amarelecimento generalizado das folhas
P	H_2PO_4^-	H_2PO_4^-	MÓVEL	Armazenamento, transferência de energia	10-1,5g kg ⁻¹	Baixa germinação (ácido fítico), pouco desenv. do sistema radicular, arroxamento das folhas velhas
K	K^+	-	MÓVEL	Ativador enzimático, regulação osmótica	10-30g kg ⁻¹	Queima do bordô das folhas velhas, acamamento
Ca	Ca^{2+}	Ca^{2+}	IMÓVEL	Ativador enzimático, parede celular	5-10g kg ⁻¹ 30-50g kg ⁻¹	Pequeno desenvolvimento do sistema radicular, podridão dos frutos
Mg	Mg^{2+}	Mg^{2+}	MÓVEL	Clorofila ativador enzimático	3-5g kg ⁻¹	Clorose internerval das folhas velhas
S	SO_4^{2-}	S^{2-}	IMÓVEL	Aminoácidos	1-3g kg ⁻¹	Amarelecimento generalizado das folhas novas
B	H_3BO_3	-	IMÓVEL	Provável envolvimento com transporte de sintetizados	30-50mg kg ⁻¹	Deformação das folhas e frutos
Cu	Cu^{2+}	Cu^{2+}	IMÓVEL	Ativador enzimático fotossíntese	5-20mg kg ⁻¹	Pontos necróticos nas folhas novas
Fe	Fe^{2+}	Fe^{2+}	IMÓVEL	Ativador enzimático transporte de elétrons, citocromo	50-100mg kg ⁻¹	Reticulado fino nervuras nas folhas novas
Mn	Mn^{2+}	Mn^{2+}	IMÓVEL	Doador de elétron, síntese de clorofila	20-100mg kg ⁻¹	Reticulado grosso de nervuras nas folhas
Mo	MoO_4^{2-}	MoO_4^{2-}	Mobilidade média	Redutase do nitrato, produção de grãos de pólen, metabolismo de proteínas	0,1-10mg kg ⁻¹	Folhas novas deformadas amarelecimento das folhas velhas
Zn	Zn^{2+}	Zn^{2+}	IMÓVEL	Ativador enzimático	20-50mg kg ⁻¹	Reticulado grosso nas folhas novas, lanceoladas
Ni	Ni^{2+}	Ni^{2+}	IMÓVEL	Urease hidrogenase	0,1-10mg kg ⁻¹	



**Os pequenos atos que se executam
são melhores que todos aqueles
grandes que se planejam.**

George Marshal