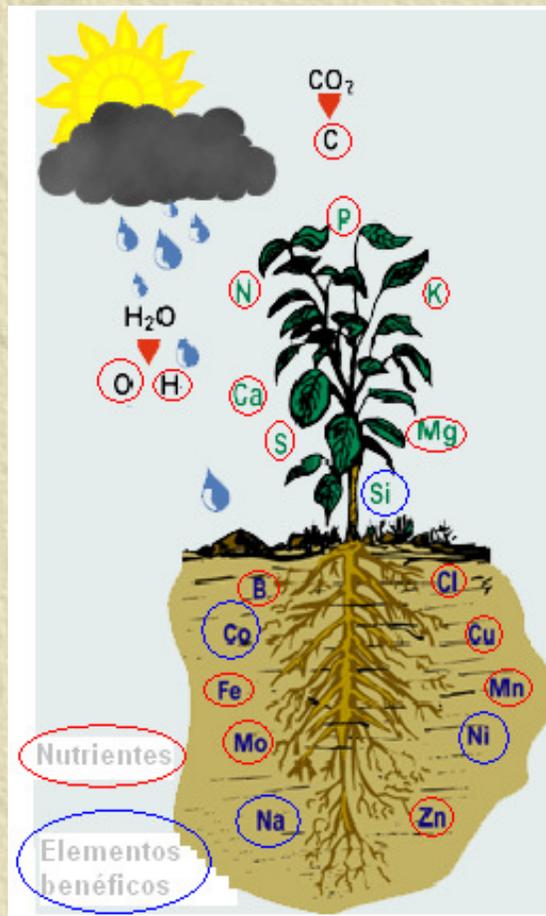


NUTRIÇÃO DE PLANTAS



Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Depto de Solos e Adubos

OBJETIVOS DO CURSO



1. Conhecer os nutrientes de plantas, as formas em que estão disponíveis no solo e que são absorvidas pelas plantas.

2. Conhecer como os nutrientes são absorvidos, transportado e redistribuído nas plantas e suas funções metabólicas.

OBJETIVOS DO CURSO



3. Relacionar funções metabólicas dos nutrientes, quando possível, com problemas de desenvolvimento e produção de culturas.

4. Diagnosticar visualmente ou pela interpretação de análises químicas de material vegetal, os estados de carências e excessos nutricionais.

UNIDADE 1. Introdução ao curso



1.1 Conceitos em nutrição de plantas. Relação com disciplinas afins.

1.2 Conceito de nutrientes e critérios de essencialidade

1.3 Composição relativa das plantas. Outros elementos químicos de interesse na nutrição vegetal.

1.4 Cultivo hidropônico. Preparo e uso de soluções nutritivas.

Unidade 2: Absorção iônica radicular e foliar



2.1. Aspectos anatômicos de raízes e folhas.

2.2 Processos ativos e passivos de absorção.

2.3. Fatores internos e externos que afetam a absorção de nutrientes.

Unidades 3 e 4: Funções dos macronutrientes e micronutrientes

3.1 Introdução

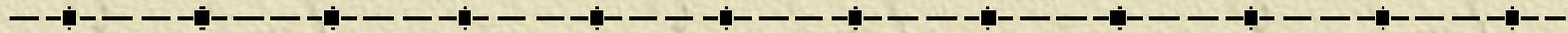
3.2 Absorção, translocação e redistribuição.

3.3 Participação no metabolismo vegetal

3.4. Exigências minerais das principais culturas

3.5. Sintomatologia de carências excessos nutricionais.

Unidade 4: Funções dos micronutrientes



4.1 Introdução

4.2 Absorção, translocação e redistribuição.

4.3 Participação no metabolismo vegetal

4.4. Exigências minerais das principais culturas

4.5. Sintomatologia de carências excessos nutricionais

Unidade 5: Diagnose foliar



5.1 Critérios de amostragem de folhas

5.2. Preparo de material vegetal e análises químicas

5.3. Estudos e seminários em grupo sobre diagnose foliar em culturas



Unidade 6: Interações entre nutrientes



6.1 Estudos das interações mais comuns

6.2 Relações entre nutrientes na análise foliar

Material didático disponível no site (Bibliografia/Seminário/Relatório Prático)



http://www.fcav.unesp.br/departamentos/solos/docentes/mardidat_renatom.php

✦ Material Didático

✦ Disponível: Material de Apoio (Arquivos de Aula)

✦ **GRADUAÇÃO:**

✦ Disciplina: Nutrição de Plantas - Curso: Agronomia - [\[Link\]](#)

✦ Disciplina: Nutrição de Plantas - Curso: Zootecnia - [\[Link\]](#)

✦ **PÓS-GRADUAÇÃO:**

✦ Disciplina: Nutrição de Plantas - Programas: Ciência do Solo e Produção Vegetal - [\[Link\]](#)

http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/graduacao/unesp_jabot_agro.php



Endereço http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/graduacao/unesp_jabot_agro.php

AVG Yahoo! Search Search Limited Protection AVG Info Get More

- Pós-graduação
- ▣ Pesquisa
- ▣ Extensão
- ▣ Eventos
- ▣ Livraria Online
- ▣ Links
- ▣ Webmail

Busca no site

digite + enter

ROTEIRO DE AULAS/Datas: Turmas:

Segunda-feira(Manhã) [1] - Segunda-feira(tarde) [2] - Terça-feira(manhã) [3]

BIBLIOGRAFIA mínima -

PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: [Editora da UNESP](#), 407p. 2008. Disponível: [FUNEP](#)

PRADO, R.M. **500 perguntas e respostas sobre nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV/GENPLANT, 2009. 107p. Disponível: [FUNEP](#)

[Bibliografia complementar](#) (Obs.: Não é matéria de prova)

[SEMINÁRIOS - Grupos/Roteiro](#) (parte escrita/apresentação)

[RELATÓRIO DA AULA PRÁTICA](#) (somente a parte escrita). A parte prática será feito experimento com omissão de macronutrientes em plantas. Veja abaixo alguns exemplos de trabalhos em diversas culturas cultivadas sob omissão de nutrientes.

DESORDEM NUTRICIONAL EM CULTURAS: [deficiencia \(omissão\)](#)

DESORDEM NUTRICIONAL EM CULTURAS: [toxicidade \(excesso\)](#)

Material Didático Disponível - Aulas

* Power Point: [1] - [2] - [3] - [4] - [5] - [6] - [7] - [8] - [9] - [10] - [11] - [12]

Avaliações da Disciplina

Grupos: 2 grupos escritos, teórico, prático





Seminários

Roteiro. Disponível no site.

Será feito Seminário abordando diversos aspectos práticos da nutrição de culturas (Importância da cultura; Resumo do papel dos nutrientes nas plantas, exigências, marcha de absorção e diagnose foliar).

Relatório Prático

Roteiro de Aula Prática. Disponível no site.

A parte prática será feito um experimento com omissão dos macronutrientes em plantas cultivadas em solução nutritiva.

Avaliações da disciplina:

Provas: 3 provas escritas teórico-prática

Trabalhos: Seminário + Relatório da aula Prática (experimento) + Exercício

Na avaliação final será atribuído peso 2 às provas (P) e peso 1 aos trabalhos (T):

$$MF = \frac{P \times 2 + T}{3}$$

**DATAS DAS PROVAS E ENTREGA DE RELATÓRIO/SEMINÁRIOS
CONSTAM NO ROTEIRO**

Introdução

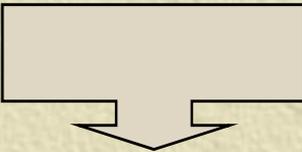


Introdução

- ✓ *Agronomia & nutrição de plantas;*
- ✓ *Histórico da nutrição de plantas;*
- ✓ *Conceitos em nutrição de plantas;*
- ✓ *Relação com disciplinas afins;*
- ✓ *Conceitos de nutrientes e critérios de essencialidade;*
- ✓ *Composição relativa dos nutrientes nas plantas;*
- ✓ *Outros elementos químicos de interesse na nutrição vegetal*
- ✓ *Cultivo hidropônico.*



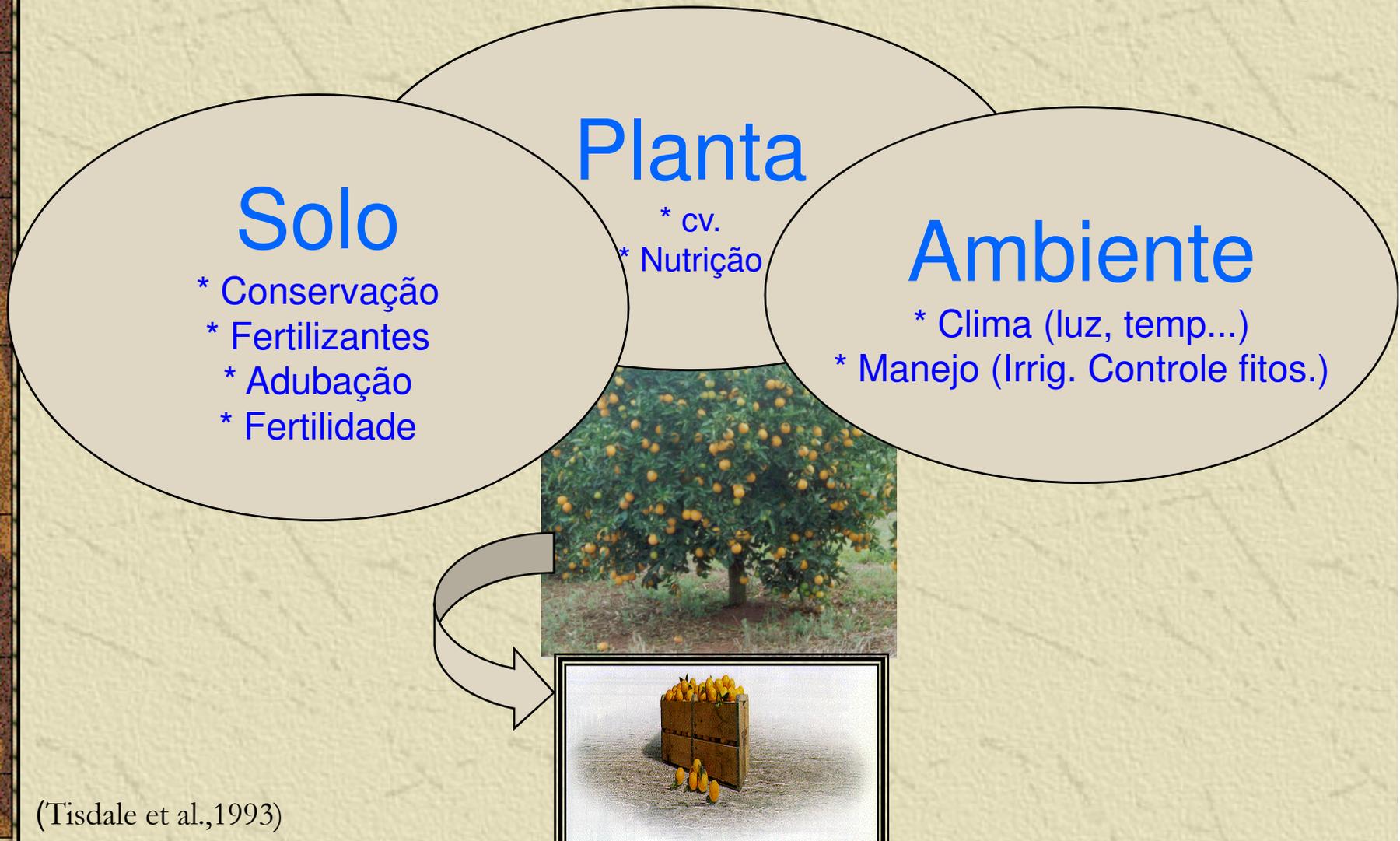
**USO DA CIÊNCIA AGRONÔMICA
PRODUÇÃO AGRÍCOLA**



ALIMENTOS, FIBRAS E ENERGIA

52 FATORES DE PRODUÇÃO

Quais são?



(Tisdale et al., 1993)

*** Sprengel (1787-1859)

Investigou compostos na zona radicular e considerou 15 elementos como importantes: O, C, N, S, P, Cl, K, Na, Ca, Mg, Al, Si, Fe e Mn.

Em 1838 definiu a lei do mínimo:

Enunciava que “se apenas um dos elementos necessários para a nutrição das plantas falta, a planta sofrerá, a despeito de todos os outros elementos necessários para a produção vegetal estarem presentes em quantidade suficiente”

“Era Just Van Liebig”



Liebigs Analytisches Labor um 1840

<http://www.liebig-museum.de/>



“Era Just Van Liebig”

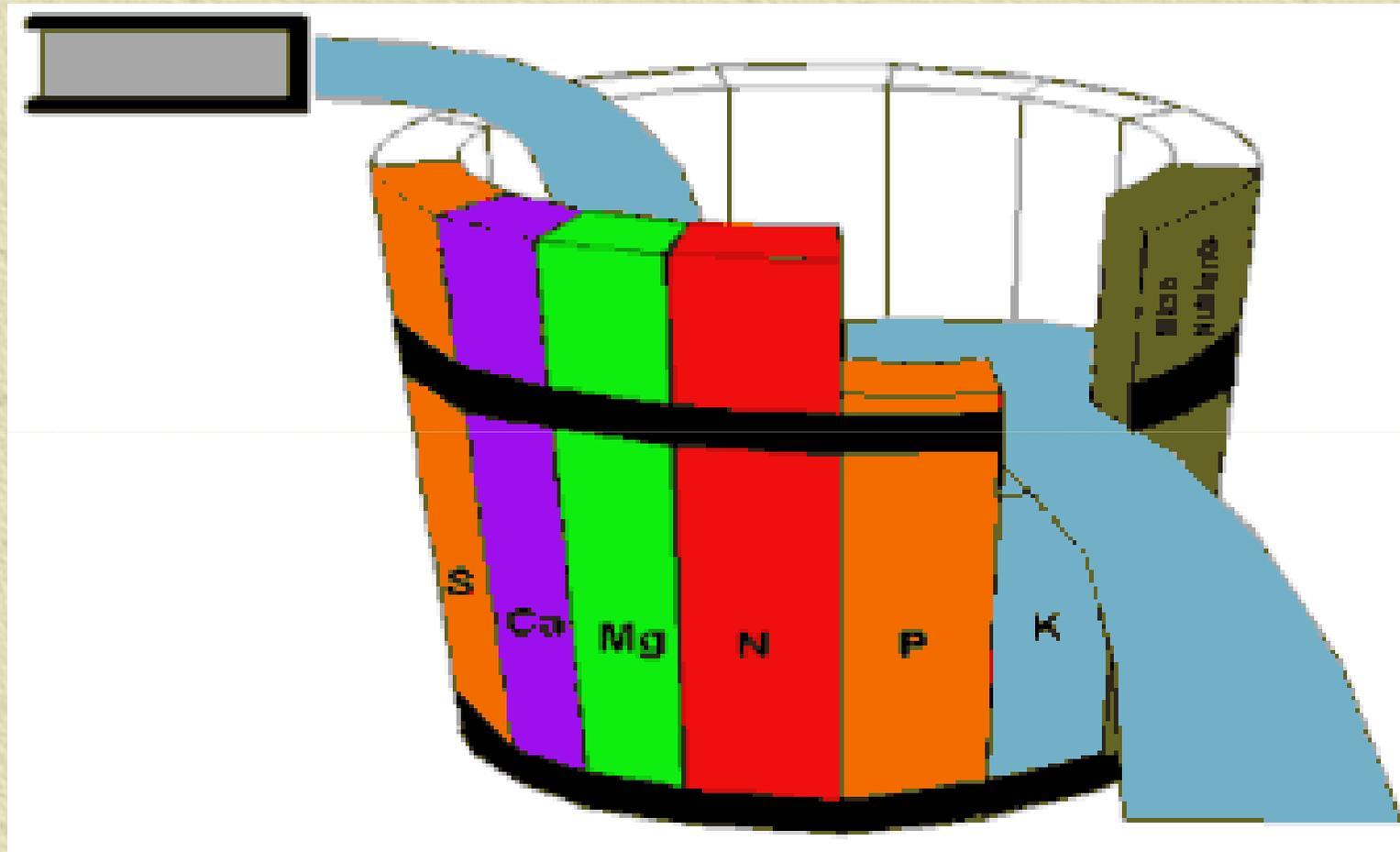
Derrubou a teoria dos humanistas que indicavam que o vegetal tirava da terra substâncias vinda do húmus e que os minerais não passavam de “impurezas”

a planta vive de ácido carbônico, amoníaco (ácido azótico), água, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, ácido silícico, cal magnésia, potassa (soda) e ferro

A fonte de N das plantas -> NH_3 atm.

*** As fontes de K e P => Silicatos insol. p/ evitar lixiviação.**

Lei do mínimo



Nutriente em $<$ qdde \Rightarrow Limitante, mesmo os demais \Rightarrow qdde adequada

Século XX (Era Pós Liebig)

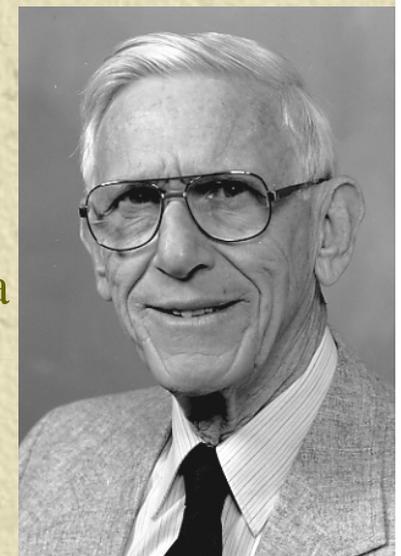
Micronutrientes

Escola Hoagland (1844-1949)

CONTRIBUIÇÕES INICIAIS – ABSORÇÃO, TRANSPORTE
E REDISTRIBUIÇÃO E FUNÇÕES

Epstein (1972)

Carregador de íons- enzima/substrato : Cinética enzimática



Século XX (Era Pós Liebig)

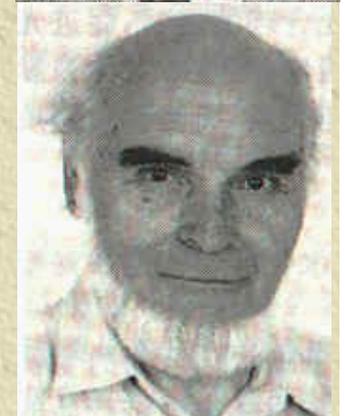
Stanley A. Barber (1995)

Mecanismos de absorção

Marschner (1991)

A película da rizosfera, exsudação, microrganismos, alterações no pH, redox e disponibilidade de macro e micronutrientes e de elementos tóxicos

Konrad Mengel



Século XX (Era Pós Liebig)

Início da Nutrição de
Plantas no Brasil (1954)
PG – MS: 1964 e DR: 1970

1ª Tese:

LOPES, G.O. 1972. Contribuição ao estudo das relações entre o zinco e o fósforo das plantas. Tese de Doutorado. 44 p.

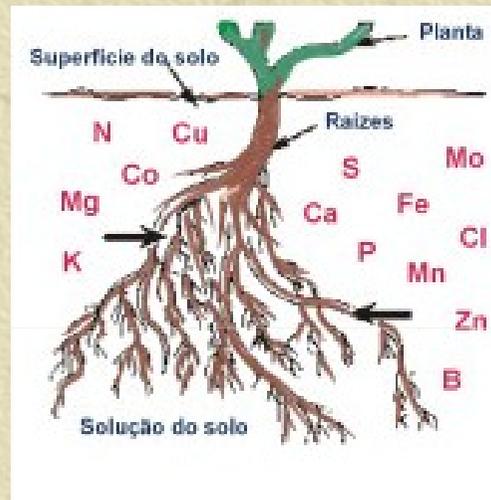


Conceitos em nutrição de plantas

NUTRIÇÃO DE PLANTAS O conceito??

Quais são os nutrientes?

Suas funções?

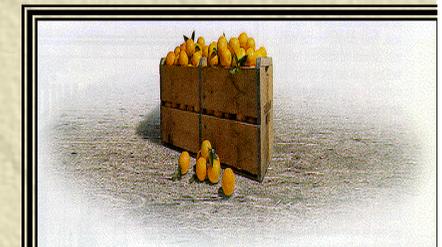
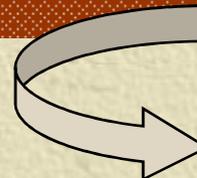


absorção,
transporte e
redistribuição
dos
nutrientes?

Diagnóstico de
deficiências/excessos?

Análise química

Visual



Conceitos em nutrição de plantas

Natureza:
>100 elementos

Essencial (sem ele a planta não vive)

Benéfico (aumenta o crescimento e a produção em situações particulares.

Tóxico (não pertencendo às categorias anteriores, diminui o crescimento e a produção, podendo levar à morte.

Na planta:
Total:40-50 elementos

Quantos?

16 elementos são Essenciais

Relação com disciplinas afins



NUTRIÇÃO DE PLANTAS

&

DISCIPLINAS AFINS

Relação com disciplinas afins

NUTRIÇÃO

Melhoramento

Fitopatologia

Adubação

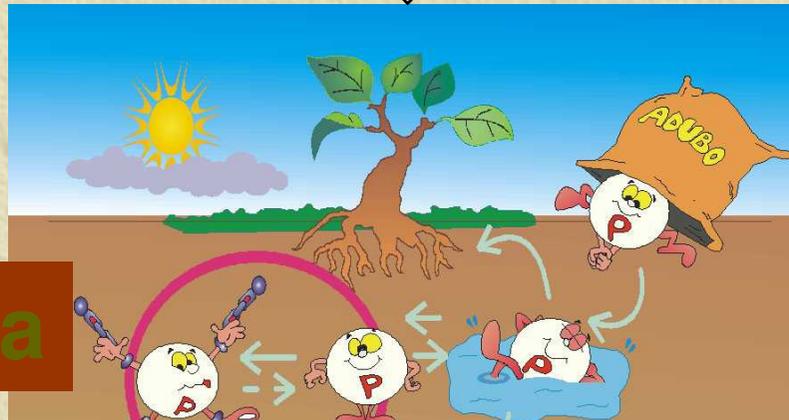
Mecanização

Fertilizantes

Microbiologia

**Bioquímica/
Fisiologia**

**FERTILIDADE
DO SOLO**



Relação com disciplinas afins

Adubação: (Exigência da Planta - Qdade do Solo) x "f"

NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Análise química

FERTILIDADE DO SOLO

Análise química

O que? Quanto?
Como? Quando?

Planta

Solo

Fertilizantes

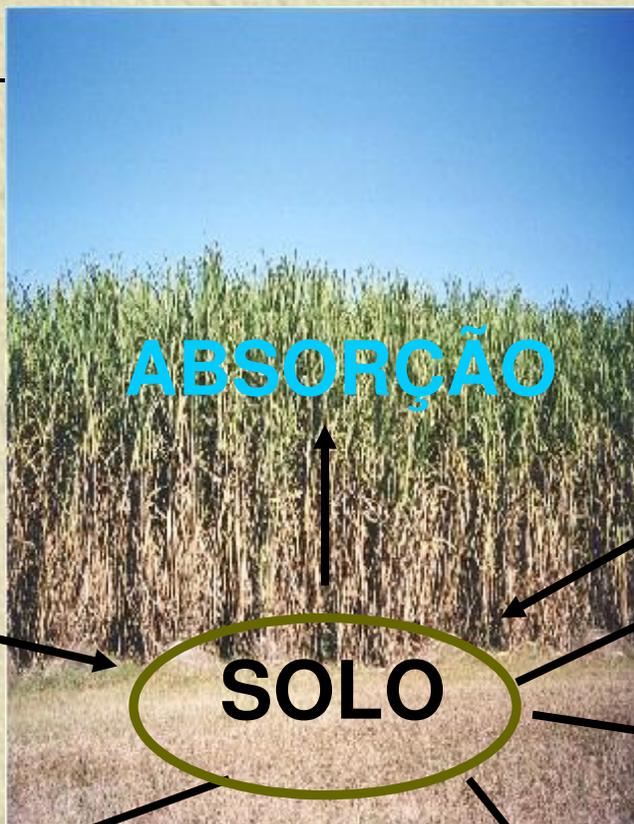
"f"



Fatores que causam perdas

“f”

FERTILIZANTE



CHUVA



SOLO

VOLATILIZAÇÃO
URÉIA (NH_3)

FIXAÇÃO
 H_2PO_4^-

EROSÃO
 $\text{N} = \text{P} = \text{K}$

LIXIVIAÇÃO
 $\text{NO}_3^- > \text{K}^+$

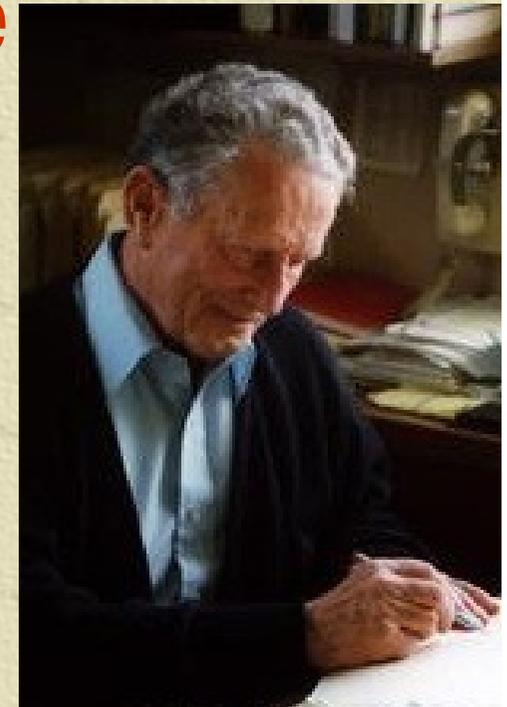
‘f’ → N: 40-50% ; P: 70-80%; K: 30%

O que é? NUTRIENTE



Um elemento químico considerado essencial as plantas

**Critérios de essencialidade
(Arnon & Stout, 1939)**



Conceitos de nutrientes e critérios de essencialidade

- 
-
- 1) Na ausência do elemento a planta não completa o seu ciclo vegetativo
 - 2) O elemento não pode ser substituído por nenhum outro
 - 3) O elemento deve ter um efeito direto na vida da planta e não exercer apenas o papel de, com sua presença no meio, neutralizar efeitos físicos, químicos ou biológicos desfavoráveis para o vegetal

Conceitos de nutrientes e critérios de essencialidade

Quando? Nutrientes foram descobertos..

Descoberta e demonstração da essencialidade dos elementos



Elemento	Descobridor	Ano	Demonstração	Ano
C	-	-	De Saussure	1804
H	Cavendish	1766	De Saussure	1804
O	Priestley	1774	De Saussure	1804
N	Rutherford	1772	De Saussure	1804
P	Brand	1772	Ville	1860
S	-	-	Von Sachs, Knop	1865
K	Davy	1807	Von Sachs, Knop	1860
Ca	Davy	1807	Von Sachs, Knop	1860
Mg	Davy	1808	Von Sachs, Knop	1860

(Glass, 1989)

Conceitos de nutrientes e critérios de essencialidade

Continuação

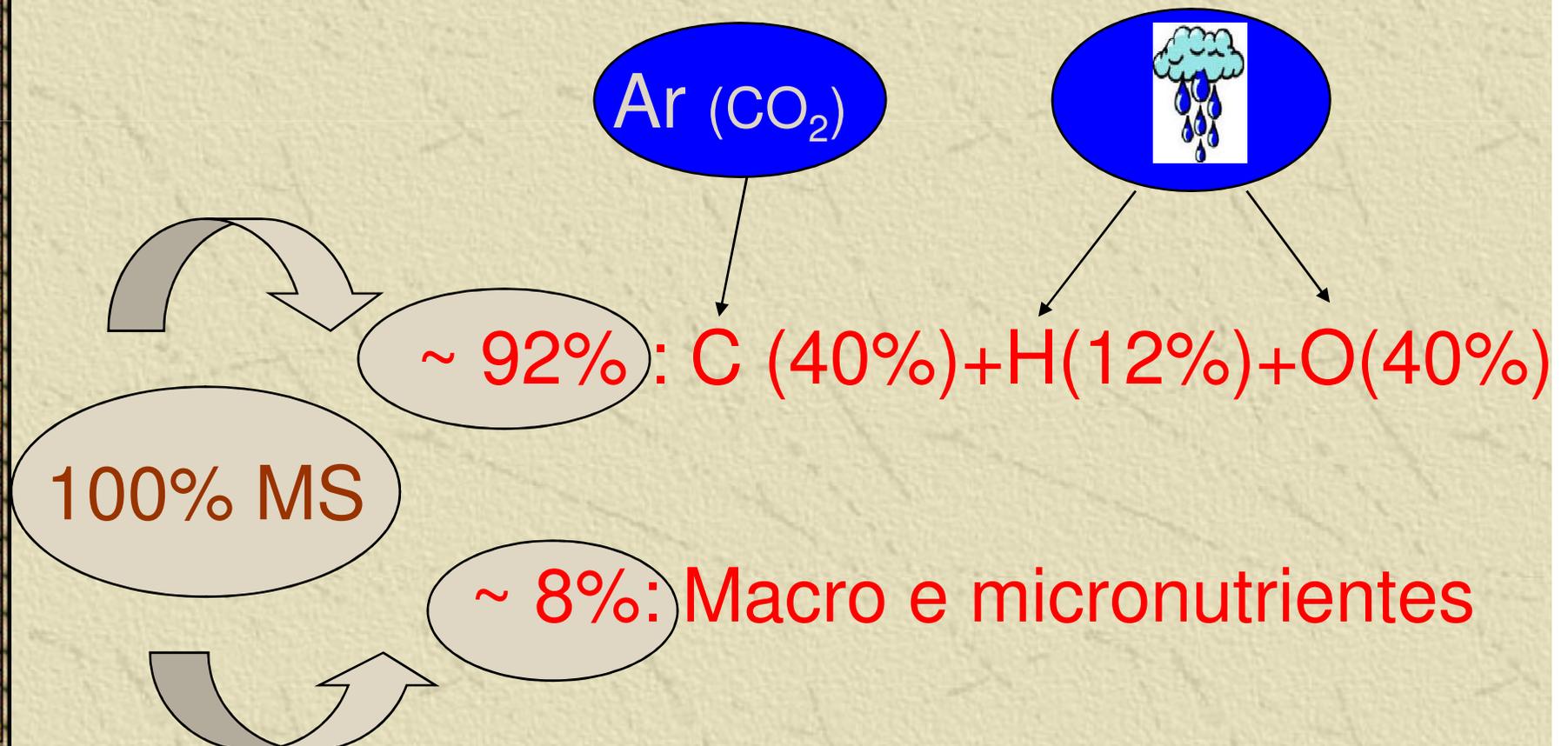
Fe	-	-	Von Sachs, Knop	1860
Mn	Scheele	1744	McHargue	1922
Cu	-	-	Sommer	1931
Zn	-	-	Sommer & Lipman	1926
B	Gay Lussac & Thenard	1808	Sommer & Lipman	1939
Mo	Hzelm	1782	Arnon & Stout	1939
Cl	Schell	1774	Broyer et al.	1954

Composição relativa dos nutrientes nas plantas

Qual a proporção que aparecem nas plantas?

Plantas vivas: até 95% H₂O + 5% M.S.

(Reichardt, 1985)



Composição relativa dos nutrientes nas plantas

COMPOSIÇÃO RELATIVA DE MACROS E MICROS

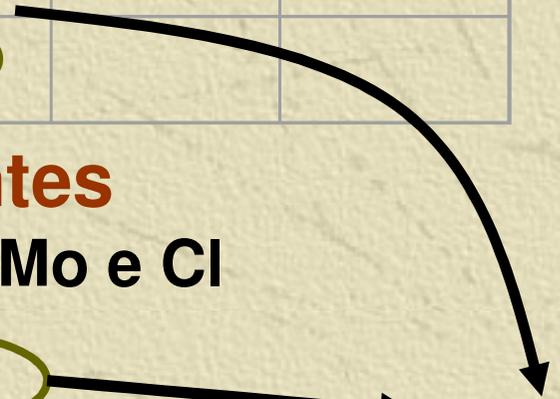
ORGÂNICOS Macronutrientes orgânicos	
C	42%
O	44%
H	6%
Total	92%

MINERAIS Macronutrientes			
N	2,0%	Ca	1,3%
P	0,4%	Mg	0,4%
K	2,5%	S	0,4%
Total	7%		

Micronutrientes
Fe, Zn, B, Cu, Mo e Cl

Total 1%

100%



Composição relativa dos nutrientes nas plantas

COMPOSIÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES

Elementos	Concentração na M.S.	Número relativo de
MACRONUTRIENTES		
	g kg⁻¹	átomos
N	15	1.000.000
K	10	250.000
Ca	5	125.000
Mg	2	80.000
P	2	60.000
S	1	30.000
MICRONUTRIENTES		
	mg kg⁻¹	
Cl	100	3000
B	20	2000
Fe	100	2000
Mn	50	1000
Zn	20	300
Cu	6	100
Mo	0,1	1

(Epstein, 1975)

Composição relativa dos nutrientes nas plantas

Extração total (parte aérea) e exportação pela colheita (grãos) de culturas comerciais

Nutriente	Cana-de-açúcar (100 t ha ⁻¹)			Soja (5,6 t ha ⁻¹)			Trigo (3,0 t ha ⁻¹)			
	Colmos	Folhas	Total	Grãos	Restos culturais	Total	Grãos	Restos culturais	Total	
	kg ha⁻¹									
Macronutrientes	N	90	60	150	152	29	181	75	50	125
	P	10	10	20	11	2	13	15	7	22
	K	65	90	155	43	34	77	12	80	92
	Ca	60	40	100	8	43	51	3	13	16
	Mg	35	17	52	6	20	26	9	5	14
	S	25	20	45	4	2	6	5	9	14
	g ha⁻¹									
Micronutrientes	B	200	100	300	58	131	189	100	200	300
	Cu	180	90	270	34	30	64	17	14	31
	Fe	2500	6400	8900	275	840	1115	190	500	690
	Mn	1200	4500	5700	102	210	312	140	320	460
	Mo	-	-	-	11	2	13	-	-	-
	Zn	500	220	720	102	43	145	120	80	200

DISTRIBUIÇÃO DO P EM CÍTRUS

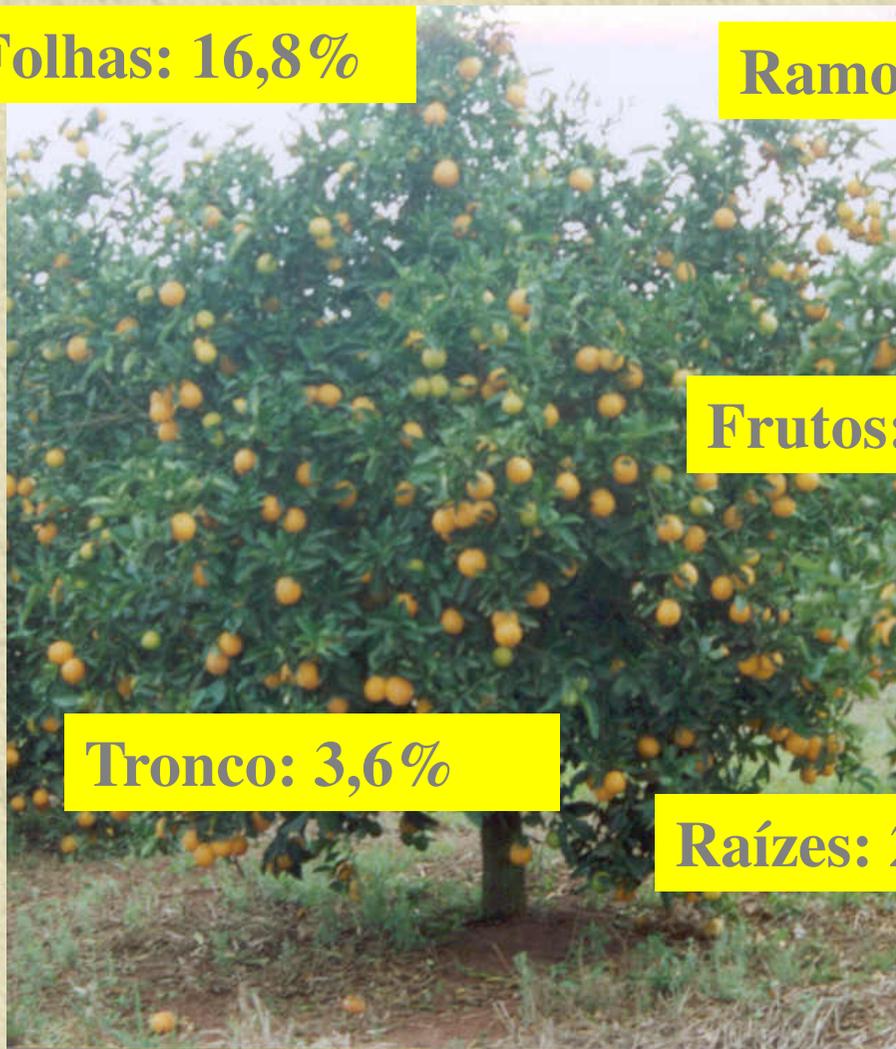
Folhas: 16,8%

Ramos: 25,3

Frutos: 33,7%

Tronco: 3,6%

Raízes: 20,5%



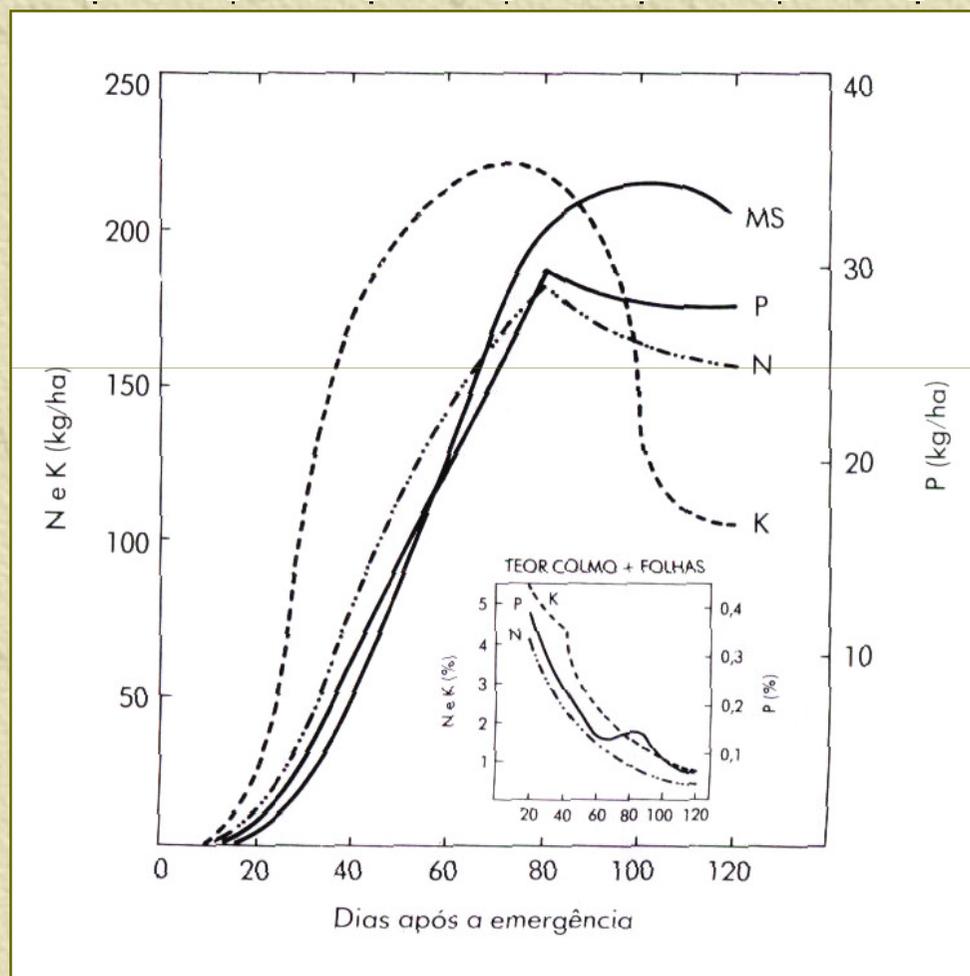
Acúmulo de nutrientes pelas culturas e a formação de colheita

Exigência nutricional e consumo aparente de fertilizantes (N+P₂O₅+K₂O) de algumas culturas do Brasil

Cultura	Exigência nutricional total		Consumo de fertilizantes ²
	N+P+K	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O ¹	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O
Cana-de-açúcar (100 t ha ⁻¹)	150+20+155	382	206
Soja ³ (5,6 t ha ⁻¹)	181(72)+13+77	303 (162)	145
Café, em coco (2 t ha ⁻¹)	253+19+232	348	192
Citros (1200 cx./ha)	391+19+172	642	122
Milho (6,4 t ha ⁻¹)	305+56+257	742	110
Arroz (5,6 t ha ⁻¹)	141+14+81	270	77
Feijão (1 t ha ⁻¹)	102+9+93	235	31
Mandioca (16,6 mil plantas)	187+15+98	339	8

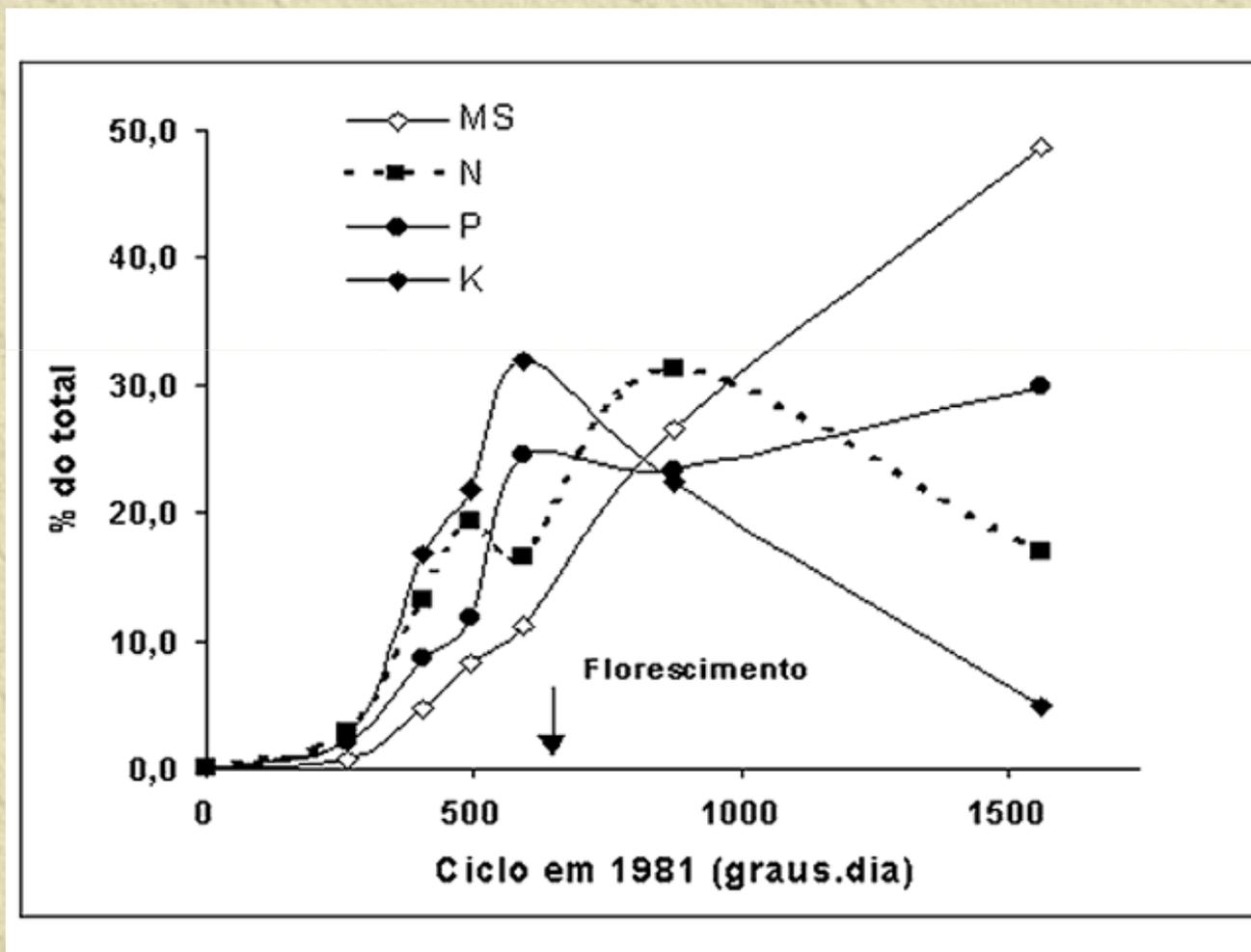
Obs. ¹ Px2,29136 = P₂O₅; Kx1,20458 = K₂O; ² ANDA (1999); ³ Na soja, estima-se que 60% da exigência em N provém da fixação biológica e o restante do solo (72 kg ha⁻¹ de N)

Padrão de extração dos nutrientes variam c/ ciclo



Marcha de absorção de N, P e K pelo milho.

Padrão de extração dos nutrientes variam c/ ciclo



Marcha de absorção de N, P e K pelo milho.

Importância dos nutrientes nas plantas

✓ **ESTRUTURAL**

O elemento faz parte da molécula de um ou mais compostos orgânicos; exemplos: N: aminoácidos e proteínas; Ca: pectato; Mg: clorofilas.

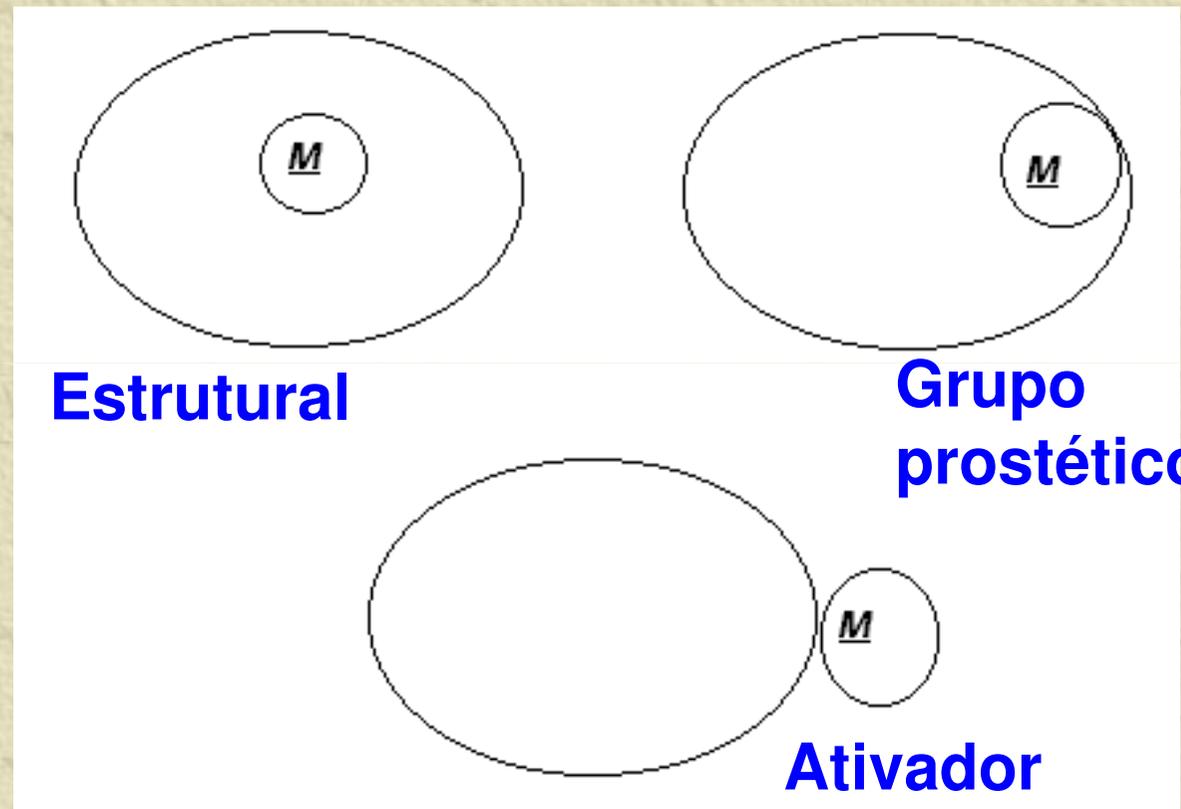
✓ **ATIVADOR ENZIMÁTICO**

o elemento está presente na fase dissociável da fração protéica da enzima, é necessário à atividade da mesma.

✓ **CONSTITUINTE DE ENZIMA**

refere-se a elementos, geralmente metais ou elementos de transição (Mo), que fazem parte do grupo protético de enzimas e que são essenciais às atividades das mesmas; é o caso de Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni.

Importância dos nutrientes nas plantas



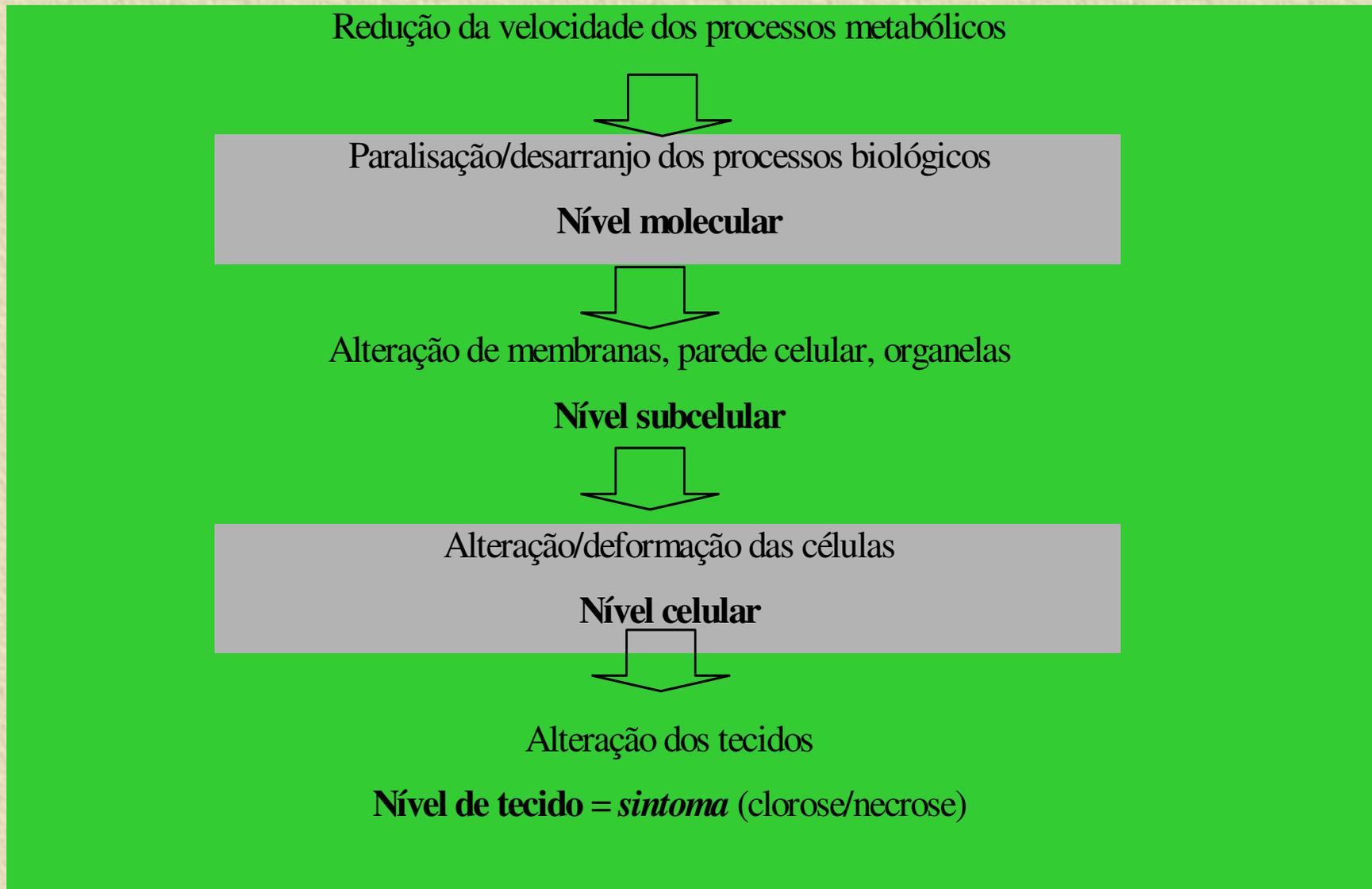
As três funções que os elementos podem desempenhar



Completo

- P

Importância dos nutrientes nas plantas



Seqüência de eventos biológicos em plantas deficientes de nutriente.

RESISTÊNCIA À DOENÇAS INDUZIDA PELA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Modificações anatômicas: células da epiderme mais grossas, lignificadas e/ou silificadas.

Propriedades fisiológicas e bioquímicas: produção de substâncias inibidoras e repelentes.

Capacidade de resposta da planta ao ataque dos parasitas: aumentando as barreiras mecânicas e síntese de compostos tóxicos

RESISTÊNCIA À DOENÇAS INDUZIDA PELA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

O efeito da nutrição nas doenças:

Significativo

Plantas tolerante
ou moderada
resistência

Não significativo

Plantas altamente
resistente ou
altamente suscetíveis

Importância dos nutrientes nas plantas

DESAFIO NUTRICIONAL

Nutrição levada a sério !

Pomar A: 70 ton/ha



Pomar B: 10 ton/ha



Contrastes de tecnologia: pomares com idade de 7 anos, laranja Valência, enxertado em limão Cravo, irrigados, etc..

Elementos benéficos



São elementos que apresentam aspectos benéficos ao crescimento de certas plantas, embora não sejam essenciais.

Elementos benéficos



Ni: Brown et al. (1987)

Si: Takahashi & Miyake (1977)

<transpiração; melhor arquitetura > resist. doenças

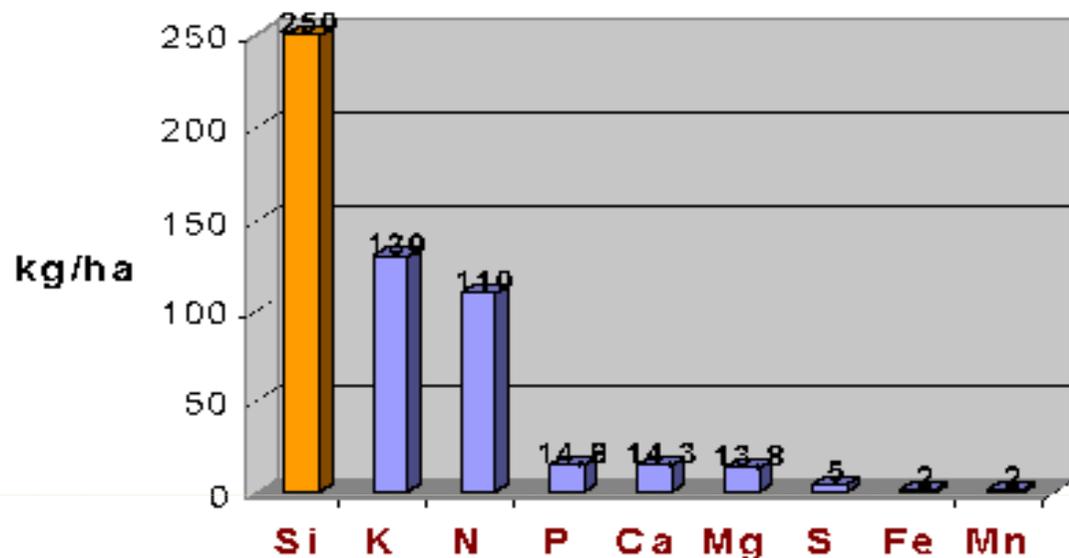
E outros: Na, Co, Se e Al (Marschner, 1986)

Outros elementos químicos de interesse na nutrição vegetal



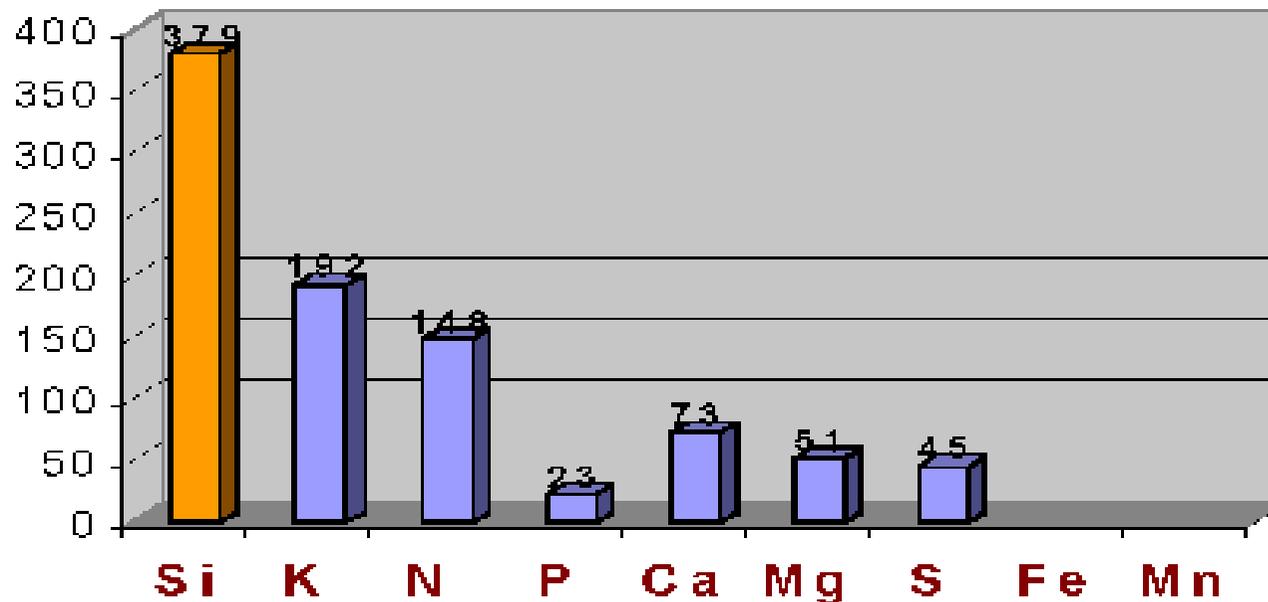
Outros elementos químicos de interesse na nutrição vegetal

COMPOSIÇÃO RELATIVA DE NUTRIENTE e Si PELAS GRAMÍNEAS

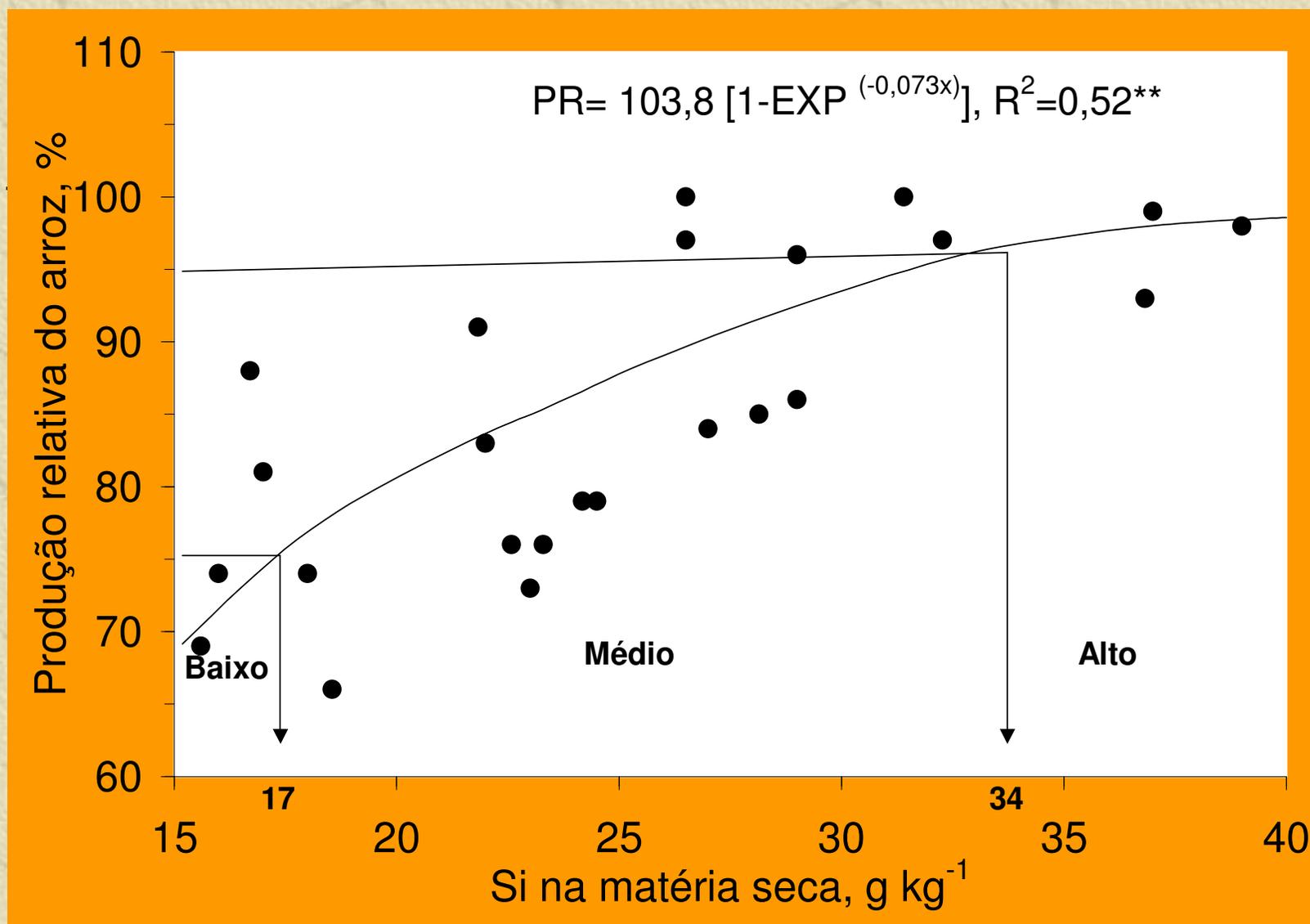


Cana-de-açúcar

Arroz

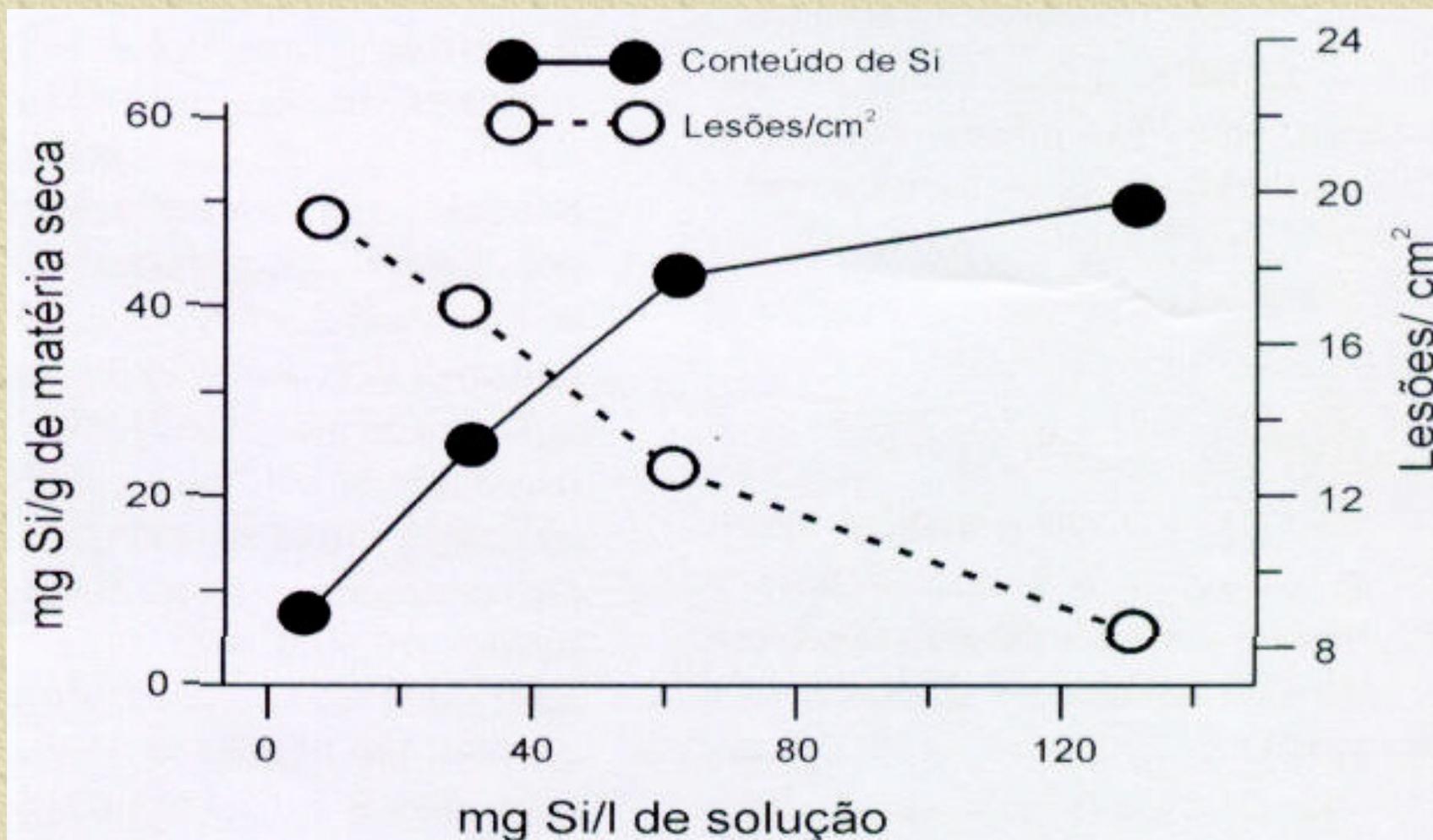


Outros elementos químicos de interesse na nutrição vegetal



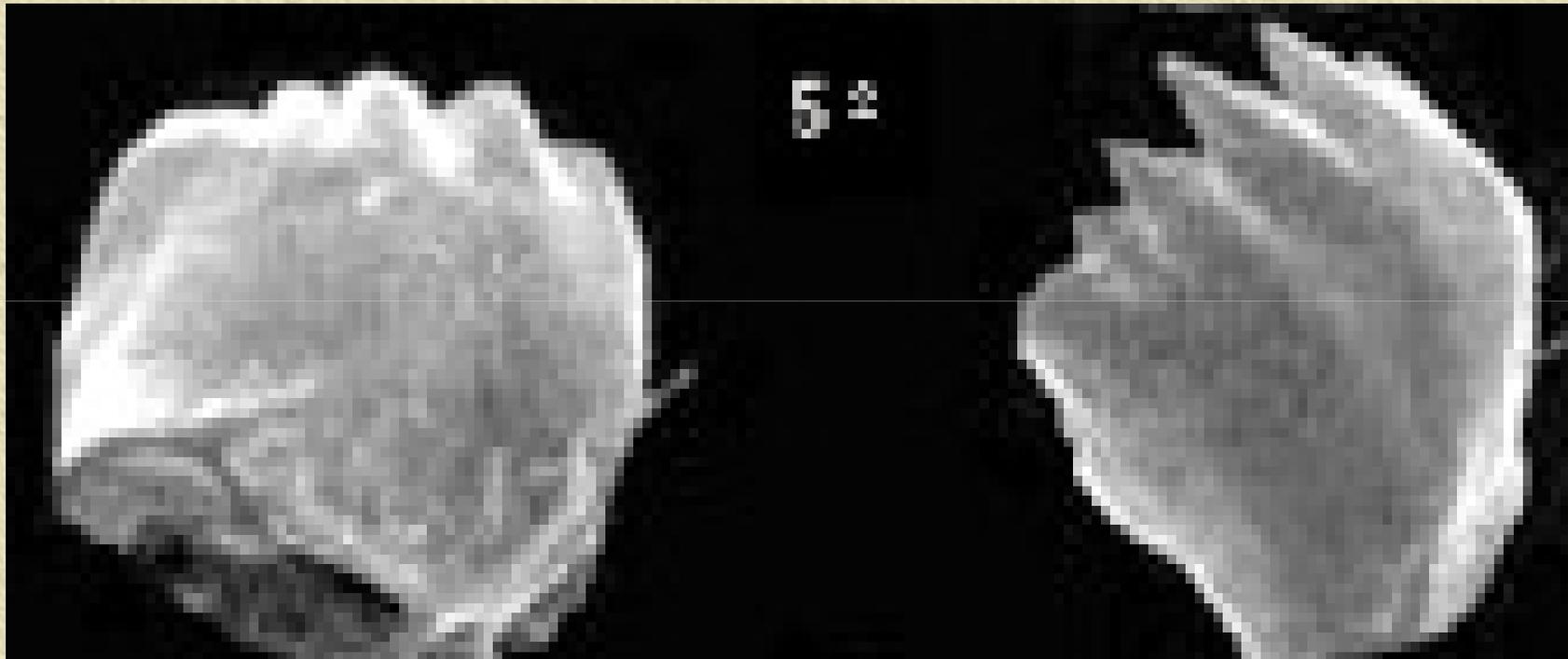
Relação do Si na planta com a produção relativa de arroz (Korndörfer et al., 2001).

Si x DOENÇAS



Conteúdo de Si suscetibilidade à brusone do arroz (Marcschner, 1986).

Si x PRAGAS



Efeito do Si em mandíbulas de largatas (*S. frugiperda*) alimentadas com folhas de milho com aplicação de Si (esquerda) e sem aplicação de Si (direita) (b).



QUESTÕES



- 1- Qual a importância da nutrição para a disciplina Adubação?
- 2- Quanto a teoria da Nutrição de Plantas. Quem a definiu e em que época? E quais foram suas principais falhas?
- 3- Quais são os critérios de essencialidade?
- 4- Diferenciar elementos essenciais, benéficos e tóxicos?
- 5- Citar a composição química relativa da M.S. das plantas, considerando em 3 grupos: macronutrientes orgânicos, macronutrientes e os micronutrientes minerais.
- 6- Qual o papel do elemento benéfico Si nas plantas?
- 7- Como a nutrição pode colaborar para maior resistência das plantas a doenças?