



Universidade de São Paulo - USP
Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA
Análise de Solo e Planta – CEN 0409



NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS: CRITÉRIOS DE ESSENCIALIDADE & AMOSTRAGEM FOLIAR PARA DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL

Professores: **Cassio Hamilton Abreu Junior** – cahabreu@cena.usp.br
Takashi Muraoka – muraoka@cena.usp.br

Estagiário PAE: **Dalila Lopes da Silva** – dalila.ls@usp.br
Supervisor: **Juan Ricardo Rocha** – jr.rocha@usp.br

Piracicaba – SP 22/06/2023

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Tópicos da Aula

- ✓ **Produção vs Teor de nutrientes**
- ✓ **Como determinar a essencialidade de um elemento**
- ✓ **Relembrando os critérios de essencialidade**
- ✓ **Classificação dos elementos essenciais**
- ✓ **Diagnose Foliar**
- ✓ **Amostragem**
 - Critérios para uma boa amostragem foliar*
 - Cuidados durante a amostragem*
 - Recomendações para as principais culturas*
- ✓ **Preparo e remessa da amostra ao laboratório**
- ✓ **Modelo de formulário para remessa de amostras**
- ✓ **Técnicas de diagnóstico do estado nutricional**
 - Diagnose Visual*
 - Diagnose com base na análise do tecido das plantas*
- ✓ **Utilização da diagnose foliar**
- ✓ **Eficácia da diagnose foliar**

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Bibliografias recomendadas

631.41 S546m2 e.1

12438

Biblioteca:

CENA e ESALQ



631.8 I59r2 1997

e.2 40490

Biblioteca: ESALQ



631.82 R484r

9753e.2 40490

Biblioteca:

CENA e ESALQ

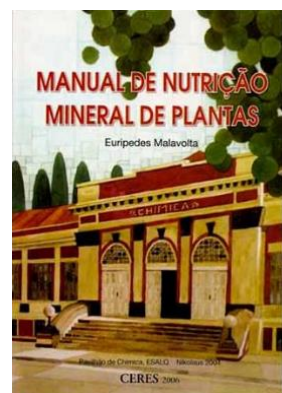


581.13 M239a e.3

10221

Bibliotecas:

CENA e ESALQ

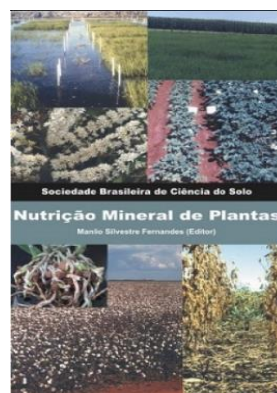


581.13 M239m

10380

Bibliotecas:

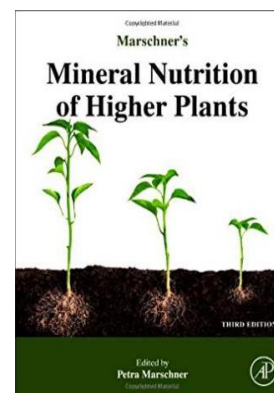
CENA e ESALQ



581.13 F363n e.5

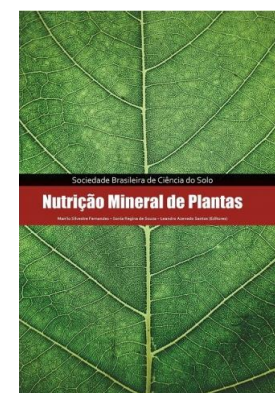
112951

Biblioteca: ESALQ



631.811 M363m

Biblioteca: CENA

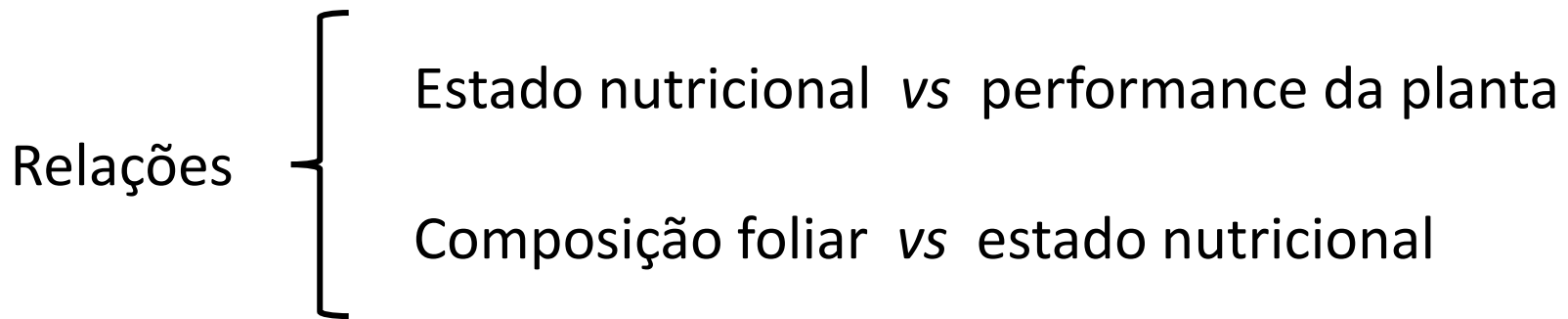


581.13 F363n e.5

112951

Biblioteca: ESALQ

➤ Produção vs Teor de nutrientes



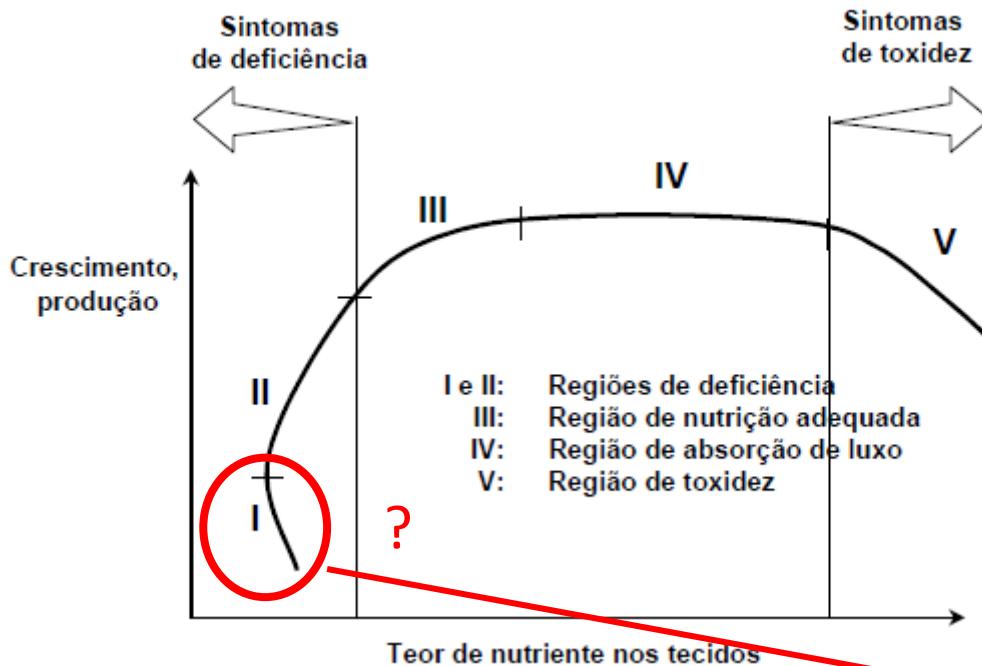
Reuter & Robinson (1988); Mills & Jones Jr. (1996)

Objetivo: estabelecer a relação entre concentração de nutrientes e crescimento ou produção e usar essa relação em **situações comparáveis** para estabelecer o *status* nutricional de uma planta ou cultura.

Leece & van den Ende (1975)

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Produção vs Teor de nutrientes



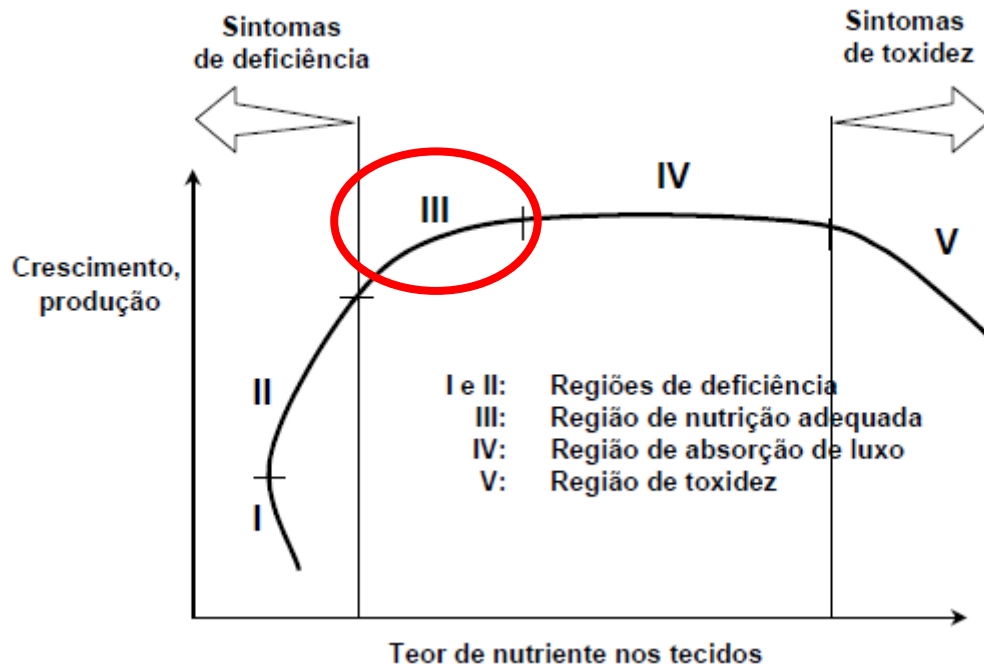
Regiões I e II: Deficiência

O aumento do suprimento de determinado nutriente resulta em aumento de crescimento e de produção.

Efeito de diluição

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Produção vs Teor de nutrientes

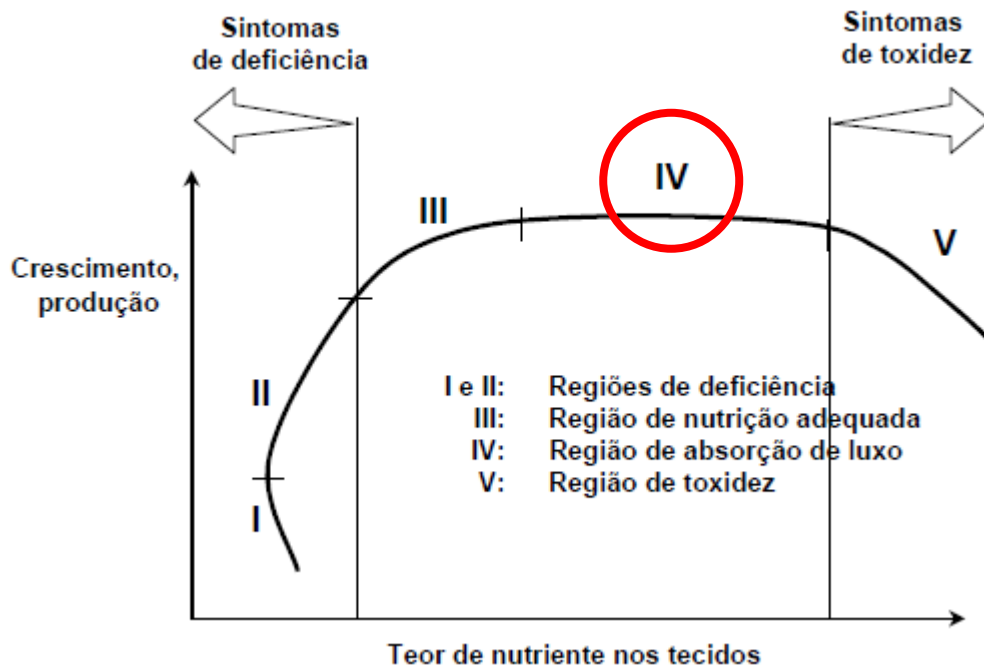


Região III: Adequação

O aumento do suprimento do nutriente não provoca expressivo crescimento e produção.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Produção vs Teor de nutrientes

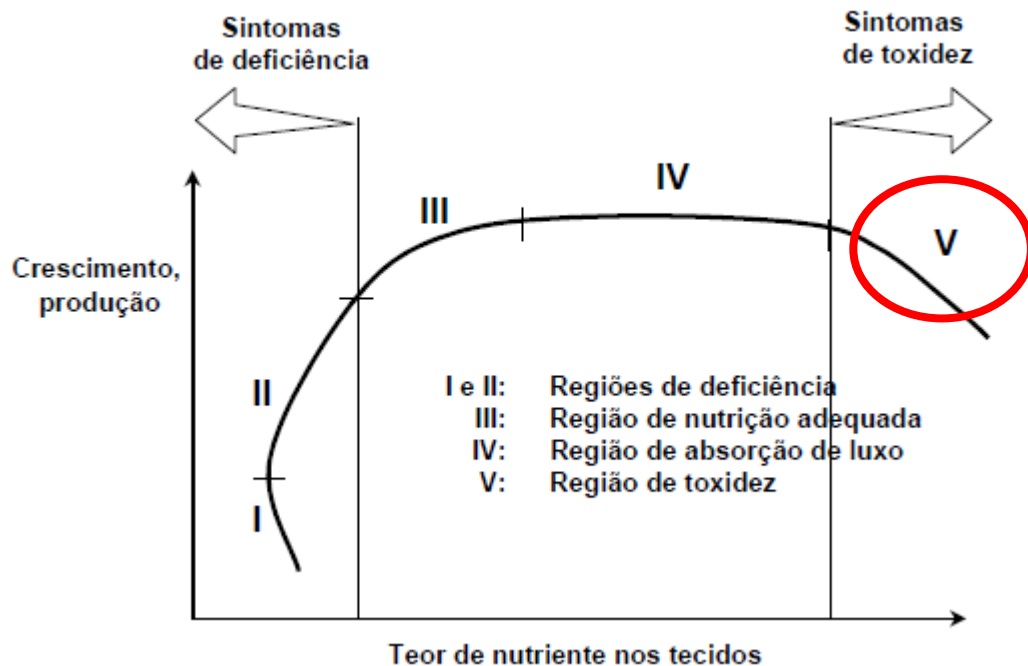


Região IV: Absorção de luxo

O aumento do suprimento do nutriente não provoca aumento de crescimento ou produção.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Produção vs Teor de nutrientes

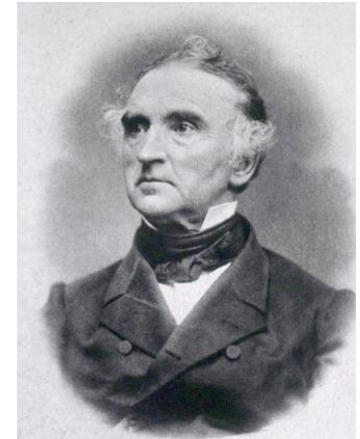


Região V: Toxidez

Decréscimo no crescimento ou produção com o aumento do suprimento do nutriente.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

- ✓ A conclusão de **Justus von Liebig** a respeito da essencialidade de alguns elementos para as plantas foi baseada em observações e especulações e não necessariamente em experimentação precisa (Marschner, 2012)



Justus von Liebig
(1803-1873)

- ✓ O termo ***elemento mineral essencial*** ou ***nutriente mineral*** foi primeiramente utilizado no trabalho de Arnon e Stout (1939).

THE ESSENTIALITY OF CERTAIN ELEMENTS IN MINUTE
QUANTITY FOR PLANTS WITH SPECIAL
REFERENCE TO COPPER

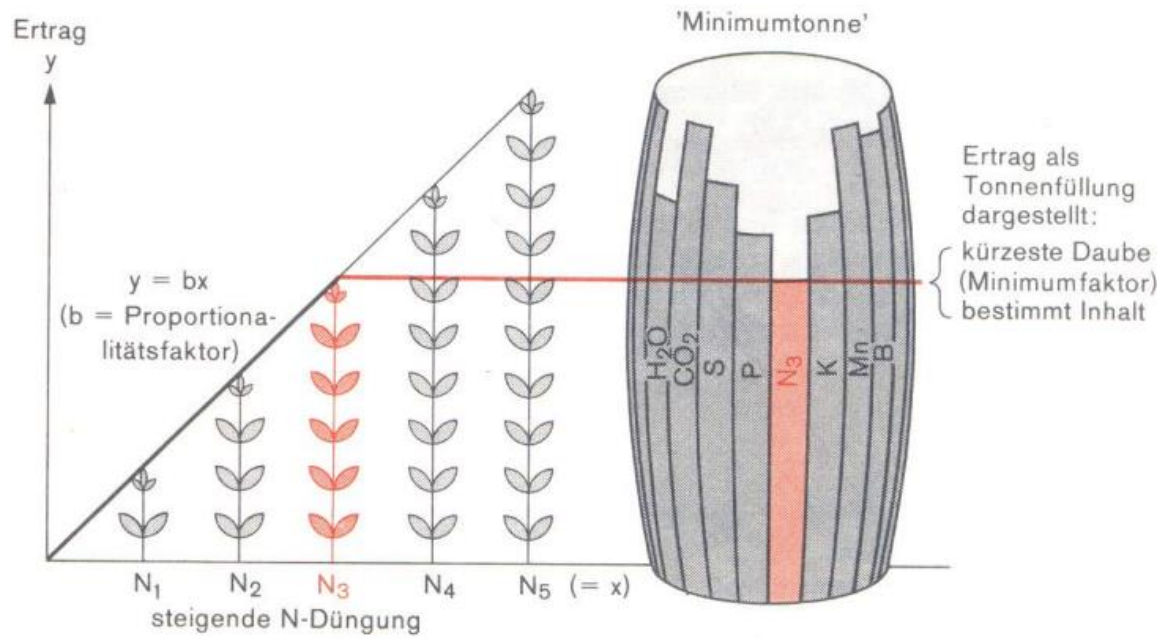
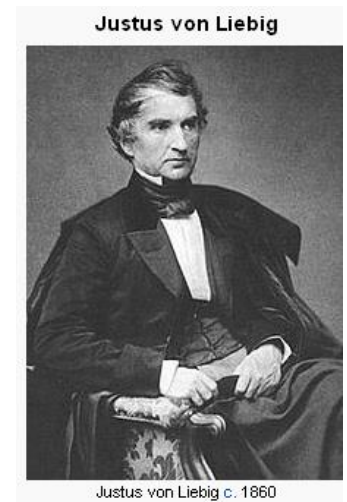
D. I. ARNON AND P. R. STOUT

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar



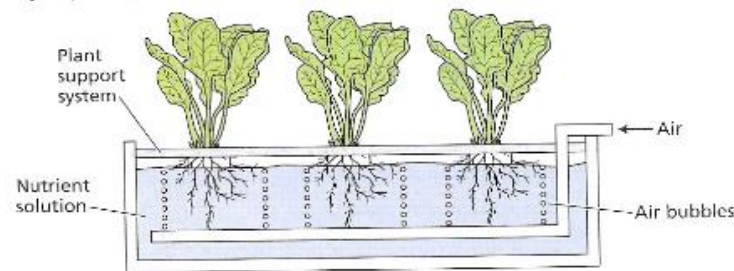
Figure 1: Carl Sprengel, 1787–1859.
(Archive of the former Institute of Agronomy, University of Göttingen;
by courtesy of W. Böhm)

Lei do Mínimo – Sprengel & Liebig



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

- **Como determinar a essencialidade de um elemento?**
- ✓ Uso de técnicas de cultivo hidropônico com soluções de composição química bem definida;
- ✓ Possibilidade de obtenção de compostos químicos de alto grau de pureza;
- ✓ Intensas pesquisas no século XIX.



John Woodward (1699)

➤ Relembrando os critérios de essencialidade

Critério 1: Um elemento é essencial se sua deficiência impede que a planta complete seu ciclo vital;

Critério 2: O elemento não pode ser substituído por outro elemento com propriedades similares;

Critério 3: O elemento deve participar diretamente no metabolismo da planta e promover seu benefício.

➤ Relembrando os cr terios de essencialidade

Cr terio Indireto: a) Na ausência do elemento a planta morre antes de completar seu ciclo; b) O elemento não pode ser substituído por nenhum outro; c) O efeito do elemento não deve estar relacionado com o melhoramento de condi es físicas, químicas ou biológicas desfavoráveis do meio.

Cr terio Direto: O elemento deve fazer parte de um composto ou de uma rea o crucial (enzimática ou não) para o metabolismo;

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

Elementos encontrados nas plantas, de acordo com várias fontes

Palladin	Vinogradov	De Kock
S - Mg - Se	O C H	K Ca Na
P - Ca - Mn	Ca K N	Mg P Fe
Cl - Sr - Fe	Si - Mg - P	Mn - Zn - Sr
Br - Ba - Co	S - Al - Na	Rb - Ba B
I - Zn - Ni	Fe Cl Mn	Cu - Cs - Ti
F - Hg - Cu	Cr - Rb - Zn	Pb - Ni - Mo
B - Al - Ag	Mo - Cu - Ti	Li - V - Co
S - Th - Cs	V - B - Ba	Ag
K - Ti - Ra	Sr - Zr - Ni	
Na - Sn - Be	As - Co - F	
Li - Pb - Sc	Li - I - Pb	
Rb - As - V	Cd - Cs - Se	
Cr - Au - Rb	Hg - Ra	
Mo - La		

“As plantas não têm alma para pensar.”

Aristóteles

Todos os elementos essenciais estão nas plantas, mas nem todos elementos encontrados nas plantas são essenciais.

✓ **Essenciais**

✓ **Benéficos**

✓ **Tóxicos**

➤ Classificação dos elementos essenciais

i) Conforme as quantidades exigidas: **Macro e Micronutrientes**

ii) Classificação do ponto de vista fisiológico

✓ Macronutrientes: 99,5 % da massa de matéria seca vegetal

C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S

✓ Micronutrientes: 0,03 % da massa de matéria seca vegetal

B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

Elemento	Concentração na massa seca	Demonstração da Essencialidade	Ano
Carbono (C)	450 g kg ⁻¹	Saussure	1804
Oxigênio (O)	450 g kg ⁻¹	Saussure	1804
Hidrogênio (H)	60 g kg ⁻¹	Saussure	1804
Nitrogênio (N)	15 g kg ⁻¹	Saussure	1804
Potássio (K)	10 g kg ⁻¹	Sachs & Knop	1860, 1865
Cálcio (Ca)	5 g kg ⁻¹	Sachs & Knop	1860, 1865
Fósforo (P)	2 g kg ⁻¹	Ville	1860
Magnésio (Mg)	2 g kg ⁻¹	Sachs & Knop	1860, 1865
Enxofre (S)	1 g kg ⁻¹	Sachs & Knop	1865
Cloro (Cl)	100 mg kg ⁻¹	Broyer et al.	1954
Manganês (Mn)	50 mg kg ⁻¹	Mazé, McHargue	1915, 1922
Boro (B)	20 mg kg ⁻¹	Warrington	1923
Zinco (Zn)	20 mg kg ⁻¹	Sommer & Lipman	1926
Ferro (Fe)	10 mg kg ⁻¹	Sachs & Knop	1860, 1865
Cobre (Cu)	6 mg kg ⁻¹	Lipman & McKinney	1931
Níquel (Ni)	0,1 mg kg ⁻¹	Brown et al.	1987
Molibdênio (Mo)	0,1 mg kg ⁻¹	Arnon & Stout	1938

Fonte: Malavolta (1980); Marschner (1995).

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

Nutriente	Absorção	Funções Bioquímica
1º Grupo C, H, O, N, S	Na forma de CO_2 , HCO_3^- , H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ , N_2 , SO_4^{2-} , SO_2 , na forma de íons da solução do solo, de gases e da atmosfera.	Maior constituinte de compostos orgânicos. Elementos essenciais de grupos atômicos que são envolvidos em processos enzimáticos. Assimilação por reações de oxidação-redução.
2º Grupo P, B	Na forma fosfatos, ácido bórico ou borato, absorvidos da solução do solo.	Esterificação com grupos alcoólicos em plantas. Os esteres de fosfato estão envolvidos em reações com transferência de energia.
3º Grupo K, Mg, Ca, Mn, Cl	Na forma de íons da solução do solo.	Funções não específicas, estabelecendo potencial osmótico. Reações mais específicas nas qual o íon proporciona um melhor arranjo em enzimas protéicas (ativação de enzima). Balanceamento iônico. Controlando a permeabilidade de membrana e o potencial elétrico.
4º Grupo Fe, Cu, Zn, Mo	Na forma de íons ou quelatos da solução do solo.	Presente predominantemente em formas quelatadas incorporadas em grupos prostéticos. Habilita o transporte de elétron através da mudança de valência.

Fonte: Mengel & Kirkby (2001).

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Diagnose Foliar

- ✓ Método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se analisam os **teores dos nutrientes** em **determinadas folhas** em **períodos definidos** da vida da planta, e os **compara com padrões** nutricionais da literatura.
- ✓ **Por que as folhas?** Em geral, são os órgãos que melhor refletem o estado nutricional, isto é, apresentam respostas rápidas às variações de suprimento de nutrientes.



Malavolta et al. (1997)

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Amostragem

- ✓ Série de operações que permite extrair de um sistema porções que, combinadas e reduzidas a tamanho apropriado, dão uma parcela com características representativas do sistema.

Chitolina (1982)

- ✓ **Amostra simples:** cada uma das porções, unidades de amostra;



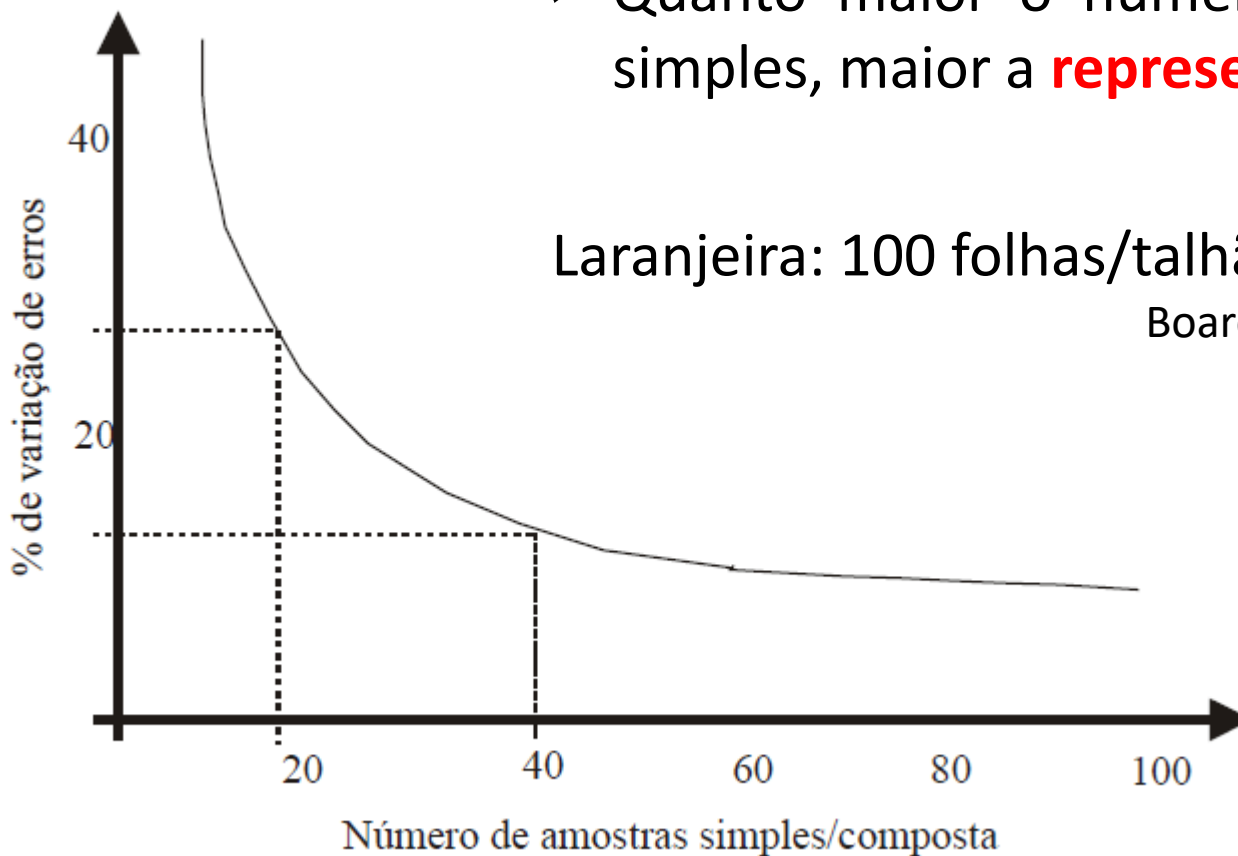
- ✓ **Amostra composta:** combinação das amostras simples, mistura homogênea de amostras simples



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Amostragem

- ✓ Quanto maior o número de amostras simples, maior a **representatividade**



Laranjeira: 100 folhas/talhão = 1:15.000

Boaretto et al. (1999)

Praticidade?

➤ Amostragem

- ✓ **É uma das etapas mais críticas:** responsável por cerca de 50 % da variabilidade dos resultados observados nas análises químicas;

Martinez et al. (2000)

- ✓ A amostra coletada deve ser representativa da população analisada;
- ✓ É necessário que esta etapa seja realizada por pessoas bem treinadas.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Critérios para uma boa amostragem foliar

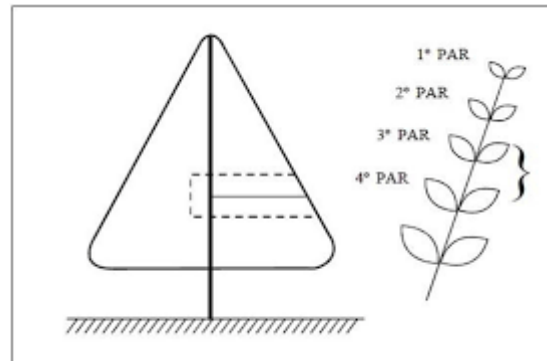
- ✓ A amostragem deve ser realizada em talhões homogêneos;
- ✓ A amostragem deve ser realizada em época apropriada para cada cultura;



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Critérios para uma boa amostragem foliar

- ✓ Deve-se retirar folhas de posições definidas na planta;
- ✓ Deve-se observar o estágio de desenvolvimento e o número de folhas a serem coletadas;



Importância: os resultados são comparados com **padrões** estabelecidos (valores críticos ou faixas de suficiências)

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ **Nível Crítico**

- ✓ As populações de plantas de referência (alta produtividade e com equilíbrio nutricional) definem o nível crítico do nutriente para determinada região e cultura.
- ✓ **Nível Crítico** → Teor de determinado nutriente no tecido vegetal que condiciona a produção de máxima eficiência econômica, ou máxima eficiência física (a depender do caso), ou seja, teor acima do qual é esperado que não haja resposta à adição do nutriente.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Cuidados durante a amostragem

- ✓ Excluir amostras de folhas cobertas de solo ou de poeira;
- ✓ Excluir folhas danificadas mecanicamente ou por insetos;
- ✓ Excluir folhas que apresentem sintomas de doenças;
- ✓ Evitar partes mortas da planta ou partes murchas;
- ✓ Não misturar folhas de variedades diferentes;
- ✓ Evitar coletar em plantas próximas de estradas ou carreadores.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Cuidados durante a amostragem

- ✓ Não coletar amostras quando, nas semanas antecedentes, foi realizada adubação no solo ou foliar ou foram aplicados agrotóxicos.
- ✓ Não coletar amostras logo após períodos intensos de chuva.
- ✓ Horário de amostragem: **6:00 – 9:00 h** (horário mais fresco, folhas túrgidas, tempo hábil para preparo e envio das amostras ao laboratório)

➤ Recomendações para as principais culturas

Existem várias orientações de amostragem de folhas para diagnose e interpretação dos resultados

- Malavolta et al. (1989)
- Malavolta (1992)
- Jones Junior et al. (1991)
- Raij et al. (1997)
- Silva et al. (1999)
- Alvarez V. et al (1999)
- Malavolta (2006)
- Novais et al. (2007)
- Silva et al. (2009)
- Fernandes et al. (2012)
- Fernandes et al. (2022)

Importante: Seguir a recomendação do seu estado de atuação, bem como os valores de referência da sua região.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Exemplos de recomendações de amostragem

Tabela 1. Procedimentos na amostragem de folhas e faixa de teores adequados de macro e micronutrientes.

CEREAIS			
Cultura: Arroz		Cultura: Aveia	
Nº de folhas: mínimo de 50		Nº de folhas: mínimo de 50	
Época: 50% das plantas com flores visíveis		Época: 50% das plantas com flores visíveis	
Tipo de folha: folha bandeira		Tipo de folha: folha bandeira	
Nutriente	g/kg	Nutriente	mg/kg
N	27-35	B	4-25
P	1,8-3,0	Cu	3-25
K	13-30	Fe	70-200
Ca	2,5-10,0	Mn	70-400
Mg	1,5-5,0	Mo	0,1-0,3
S	1,4-3,0	Zn	10-50
Cultura: Centeio		Cultura: Cevada	
Nº de folhas: mínimo de 50		Nº de folhas: mínimo de 50	
Época: 50% de plantas com flores visíveis		Época: 50% de plantas com flores visíveis	
Tipo de folha: folha bandeira		Tipo de folha: folha bandeira	
Nutriente	g/kg	Nutriente	mg/kg
N	20-30	B	5-20
P	2,0-5,0	Cu	5-25
K	15-30	Fe	40-150
Ca	2,5-5,0	Mn	25-100
Mg	1,5-5,0	Mo	0,2-0,3
S	1,5-4,0	Zn	15-70

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Exemplos de recomendações de amostragem

Quadro 17.1. Parte da planta, época e quantidade de tecido necessário para análise química

Cultura	Parte Amostrada	Época	Quantidade/talhão homogêneo
Abacate	Folhas de 4 meses de idade em ramos terminais sem laterais e sem frentes, à meia altura na planta	Verão	100 folhas de 20 plantas
Abacaxi	Parte basal não clorofilada da folha mais longa (Folha D), com 45° de inserção	Florescimento	50 folhas
Abóbora	Pecíolos das folhas novas completamente expandidas. Limbo foliar das folhas novas completamente expandidas.	Início do florescimento	40 folhas
Acerola	Folhas do terço superior da copa e do terço mediano e basal dos ramos	Dezembro	50 folhas
Alface	Folhas recém-maduras	Formação da cabeça	40 folhas
Algodão	5 ^a folha a partir do ápice. Contar como 1 ^a a que estiver completamente aberta	Florescimento	30 folhas
Alho	Folha mais nova, completamente desenvolvida	Antes da formação da cabeça Durante a formação da cabeça Após a formação da cabeça	40 folhas
Amendoim	4 ^a folha da haste principal a partir da base	Início do florescimento	30 folhas
Arroz	Parte aérea Folhas recém-maduras	30 dias após a germinação. Maturidade	20 plantas 50 folhas
Azálea	Folhas recém-maduras	-	50 folhas
Banana	10 cm centrais da 3 ^a folha a partir do ápice, sem a nervura central e as metades periféricas	Emissão da inflorescência	25 folhas
Batata	Folha mais desenvolvida	Amontoa	30 folhas
Buganvília	Folhas recém-maduras	-	40 folhas

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

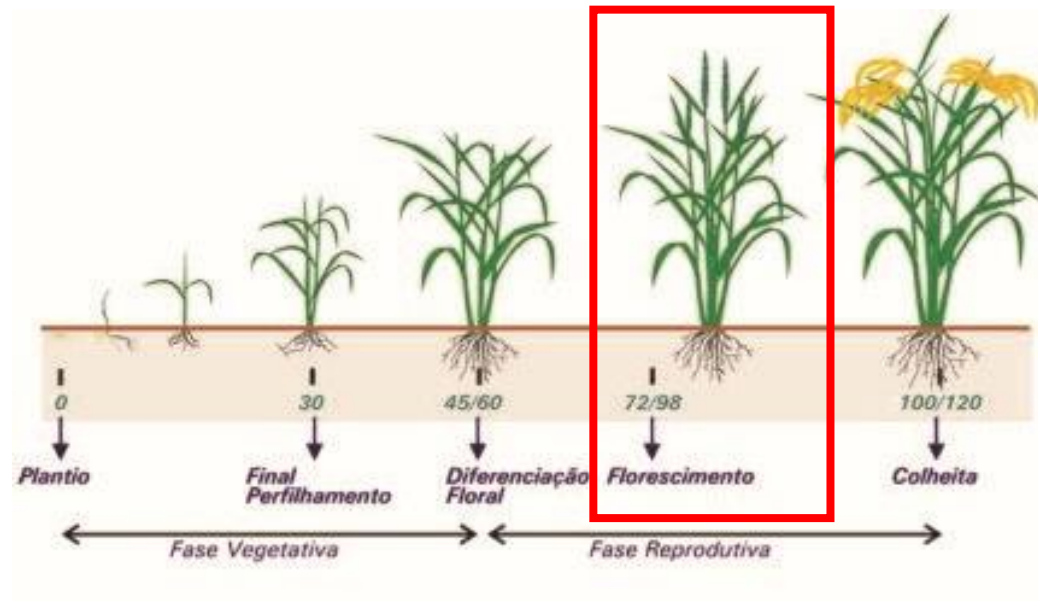
➤ Exemplos de recomendações de amostragem

Quadro 13.2. Instruções para amostragem de folhas de cereais

Cultura	Descrição da amostragem
Arroz	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Aveia	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Centeio	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Cevada	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Milho	Terço central da folha da base da espiga, na fase de pendoamento (50% das plantas pendoadas).
Sorgo	Folha + 4 ou quarta folha com a bainha visível, contada a partir do ápice, no florescimento.
Trigo	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Triticale	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Exemplos de recomendações de amostragem



➤ Exemplos de recomendações de amostragem

Quadro 19.2. Recomendação de amostragem de folhas de leguminosas e oleaginosas

Cultura	Descrição da amostragem
Amendoim	No florescimento; folhas de 50 plantas, tufo apical do ramo principal.
Feijão	Todas as folhas de 10 plantas, no florescimento.
Girassol	5ª a 6ª folha abaixo do capítulo (cabeça), no florescimento; amostrar 30 plantas.
Soja	No florescimento, 3 ^{as} folhas com pecíolo de 30 plantas.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Exemplos de recomendações de amostragem

Quadro 21.2. Recomendações de amostragem de folhas para batata, batata-doce e mandioca

Cultura	Descrição da amostragem
Batata	Amostrar 30 plantas, aos 30 dias, retirando a 3ª folha a partir do tufo apical.
Batata-doce	Amostrar 15 plantas, aos 60 dias após o plantio, retirando as folhas mais recentes totalmente desenvolvidas.
Mandioca	Amostrar 30 plantas, retirando o limbo (folíolo) das folhas mais jovens totalmente expandidas, 3-4 meses após o plantio.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Exemplos de recomendações de amostragem

Quadro 22.2. Instruções para amostragem de folhas de cana-de-açúcar.

Cana-de-açúcar	Amostrar 30 plantas durante a fase de maior desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, retirando os 20 cm centrais da folha + 1 (folha mais alta com colarinho visível -"TVD"), excluída a nervura central.
----------------	--

Espécies florestais: Época de amostragem é aquela onde há maior estabilidade dos teores dos nutrientes no interior das árvores (fim do inverno). Amostrar folhas recém-maduras, normalmente o penúltimo e antepenúltimo lançamento de folhas dos últimos 12 meses. Coletar uma folha em cada ponto cardeal do terço superior da copa, no antepenúltimo lançamento de folhas do galho. 20 árvores/gleba. Glebas de até 50 ha.

➤ Exemplos de recomendações de amostragem

Forrageiras gramíneas: amostrar a parte que o animal pasteja (brotação nova e folhas verdes, amostrar durante a fase de crescimento ativo (novembro a fevereiro)). **Leguminosas:** também de novembro a fevereiro. **Soja perene:** amostrar as pontas dos ramos desde o ápice até 3º - 4º folhas desenvolvidas. **Estilosantes:** amostrar o ponteiro da planta (cerca de 15 cm). **Leucena:** ramos novos com diâmetro de até 5,0 mm. **Alfafa:** terço superior da planta no início do florescimento.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Cultura do cafeeiro

- ✓ **Época de amostragem:** 30 dias antes do segundo parcelamento de fertilizantes ou de uma pulverização (Chumbinho).
- ✓ **Parte a ser amostrada:** 3º ou 4º pares de folhas a partir do ápice de ramos produtivos, situados na porção mediana das plantas.



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Cultura do cafeeiro

✓ **Quantidade:** Colher dois pares de folhas por planta, nos dois lados do renque. 25 plantas por área homogênea amostrada.

✓ 100 folhas por amostra.

Obs: deve ser uma prática rotineira feita todos os anos, para avaliar o estado nutricional da lavoura.



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Cultura do cafeeiro

Teores foliares de nutrientes considerados adequados ao cafeeiro

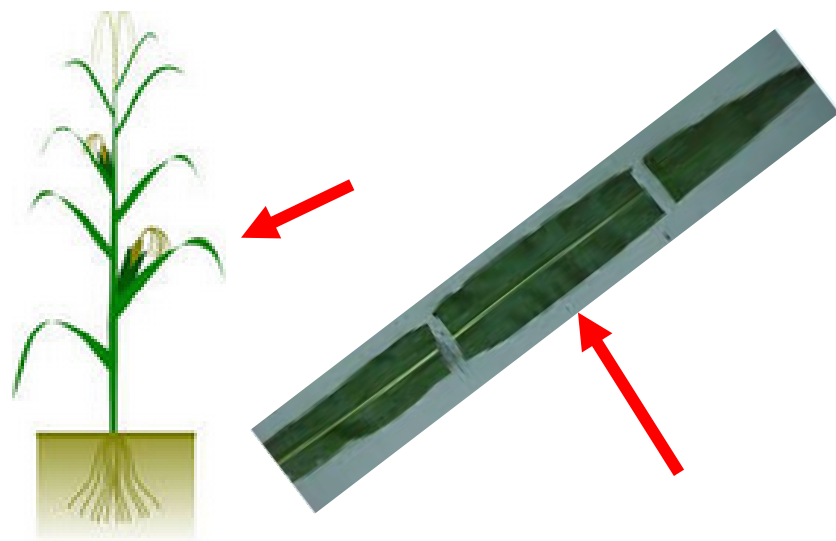
Macronutriente	Teor	Micronutriente	Teor
	dag/kg		mg/kg
N	2,90 – 3,20	B	40 – 80
P	0,12 – 0,16	Cu	8 – 16
K	1,80 – 2,20	Fe	70 – 180
Ca	1,00 – 1,30	Mn	50 – 200
Mg	0,31 – 0,45	Zn	10 – 20
S	0,15 – 0,20	Mo	0,1 – 0,2

¹⁷ Consultar o Cap. 17, Diagnose foliar.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Cultura do milho

- ✓ **Época de amostragem:** fase de pendoamento, com 50 % das plantas pendoadas (60 dias após o plantio).
- ✓ **Parte a ser amostrada:** Terço central da folha da base da espiga, sem a nervura central.
- ✓ **Quantidade:** 30 folhas/talhão.



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Cultura do milho

Quadro 13.3. Faixas de teores adequados de macro- e micronutrientes em folhas de cereais

Cultura	Faixas de teores					
Macronutrientes, g/kg						
	N	P	K	Ca	Mg	S
Arroz (1)	27-35	1,8-3,0	13-30	2,5-10,0	1,5-5,0	1,4-3,0
Aveia	20-30	2,0-5,0	15-30	2,5- 5,0	1,5-5,0	1,5-4,0
Centeio	25-35	2,0-5,0	19-23	2,5- 6,0	1,5-5,0	1,5-5,0
Cevada	17-30	2,0-5,0	15-30	2,5- 6,0	1,5-5,0	1,5-4,0
Milho	27-35	2,0-4,0	17-35	2,5- 8,0	1,5-5,0	1,5-3,0
Sorgo	25-35	2,0-4,0	14-25	2,5- 6,0	1,5-5,0	1,5-3,0
Trigo	20-34	2,1-3,3	15-30	2,5-10,0	1,5-4,0	1,5-3,0
Micronutrientes, mg/kg						
	B	Cu	Fe	Mn	MO	Zn
Arroz	4-25	3-25	70-200	70-400	0,1-0,3	10- 50
Aveia	5-20	5-25	40-150	25-100	0,2-0,3	15- 70
Centeio	5-20	5-25	25-200	14-150	0,2-2,0	15- 70
Cevada	5-20	5-25	25-100	20-100	0,1-0,2	15 -70
Milho	10-25	6-20	30-250	20-200	0,1-0,2	15-100
Sorgo	4-20	5-20	65-100	10-190	0,1-0,3	15- 50
Trigo	5-20	5-25	10-300	25-150	0,3-0,5	20- 70

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Preparo e remessa da amostra ao laboratório

✓ **Ideal:** que a amostra chegue ao laboratório ainda verde, no mesmo dia da coleta!

✓ **Acondicionamento**

Sacos plásticos perfurados: se mantida e transportada a baixa temperatura, caso contrário em sacos de papel.

✓ **Tempo de envio superior a dois dias:** Limpar e secar as amostras em estufa de temperatura controlada (65-70°C), ou secar à sombra.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

- **Preparo e remessa da amostra ao laboratório**
- ✓ **Limpeza das folhas:** algodão limpo embebido em água destilada, depois detergente neutro (0,1 %) e novamente água destilada.
- Após a limpeza acondicionar as amostras em sacos de papel e guardar em refrigerador, se possível.



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

- Preparo e remessa da amostra ao laboratório
- ✓ Selecionar um laboratório confiável: Certificado pelo **controle de qualidade**



Programa Interlaboratorial de Tecido Vegetal
Departamento de Ciência do Solo – ESALQ/USP

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Modelo de formulário para remessa de amostras

1. Identificação

Número da amostra: _____

Nome do proprietário: _____

Nome da propriedade: _____

Endereço: _____

Responsável pela remessa: _____

2. Descrição da amostra

Data da amostragem: _____

Cultura: _____; Variedade: _____; Idade: _____

Data da última pulverização foliar: _____

3. Nutrientes a serem analisados: _____

4. Recomendações desejadas: _____

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Técnicas de diagnóstico do estado nutricional

✓ Identificar: deficiências, toxidez ou desbalanços nutricionais

1. Diagnose Visual

2. Análise dos tecidos das plantas

3. Métodos bioquímicos, enzimáticos, clorofila, análise de seiva e análise imagem de satélite



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ **Diagnose Visual**

- ✓ A observação de sintomas é uma forma rápida e pouco dispendiosa de diagnóstico

☐ **Limitações?**

- ✓ Comprometimento da produção quando da ocorrência dos sintomas;
- ✓ Sintomas de excesso ou deficiência semelhantes em alguns casos;
- ✓ Altamente dependente de outros fatores bióticos e abióticos momentâneos: ataques de pragas e doenças no sistema radicular; déficit hídrico, toxidez causada por herbicidas...

Malavolta et al., (1997)

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Diagnose Visual



a - Nitrogênio (D)



b - Fósforo (D)



c - Potássio (D)



d - Cálcio (D)



e - Magnésio (D)



f - Enxofre (D)



g - Ferro (D)



h - Manganês (D)



i - Manganês (T)

**Profissional
bem treinado!**

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

- **Diagnose com base na análise de tecidos das plantas**
- ✓ **Análise de tecido vegetal:** caracterizada pela determinação da concentração de um elemento ou de uma fração extraível desse elemento em uma amostra tomada de uma porção particular de uma planta, num momento ou estágio de desenvolvimento morfológico definido.

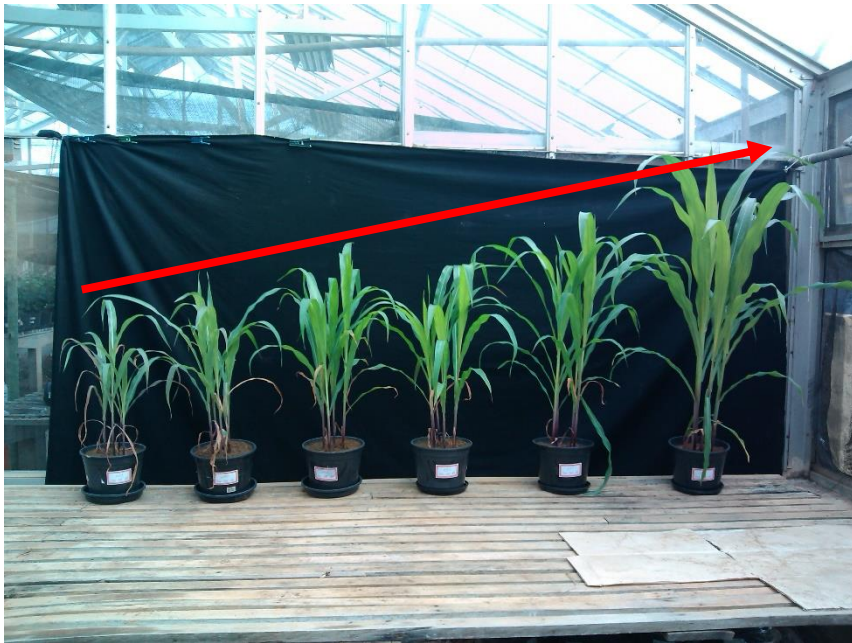
Lucena (1997)

❑ **Primeiro trabalho:**

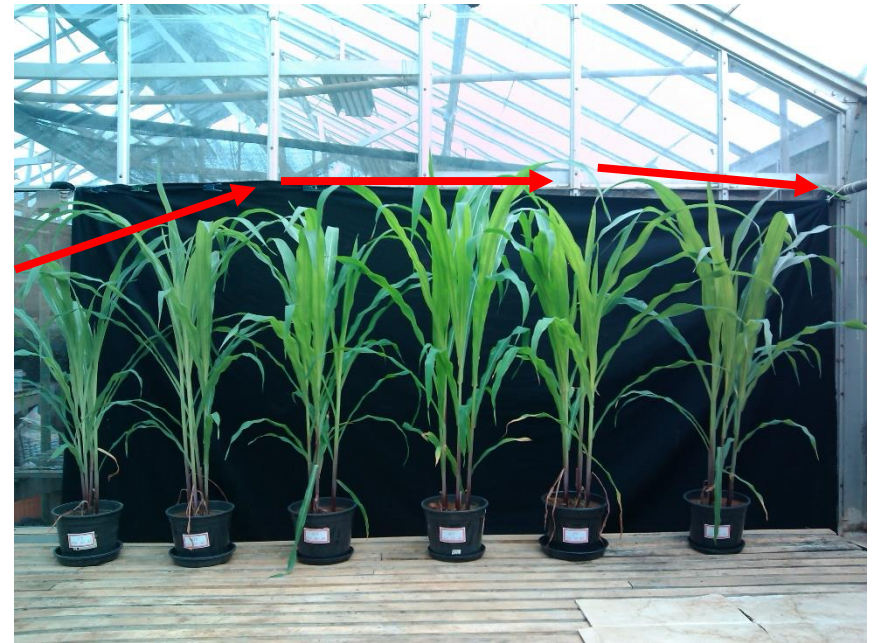
LAGATU, H.; MAUME, L. **Le diagnostic foliare de la pomme de terre.** Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture, Montpellier, v. 22, p. 50-158, 1934.

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Resposta de plantas de milho a adubação com P



Solo com baixo teor de P disponível



Solo com alto teor de P disponível

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

- **Diagnose com base na análise de tecidos das plantas**
- ✓ **Folha:** parte da planta geralmente usada para o diagnóstico do estado nutricional, por ser a **sede do metabolismo** e refletir bem, na sua composição, as mudanças nutricionais.



Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar

➤ Utilização da diagnose foliar

- ✓ Avaliação do estado nutricional e da probabilidade de resposta à adubação;
- ✓ Na verificação do equilíbrio nutricional;
- ✓ Na constatação da ocorrência de deficiências ou toxidez de nutrientes;
- ✓ **No acompanhamento, avaliação e ajuda no ajuste do programa de adubação**
→ complementa (não substitui) a análise de solo!
- ✓ Na avaliação da ocorrência de salinidade elevada em áreas irrigadas ou cultivos hidropônicos.

➤ Eficácia da diagnose foliar

Três etapas

**Normalização
da amostragem,
preparo das
amostras e
análise química**

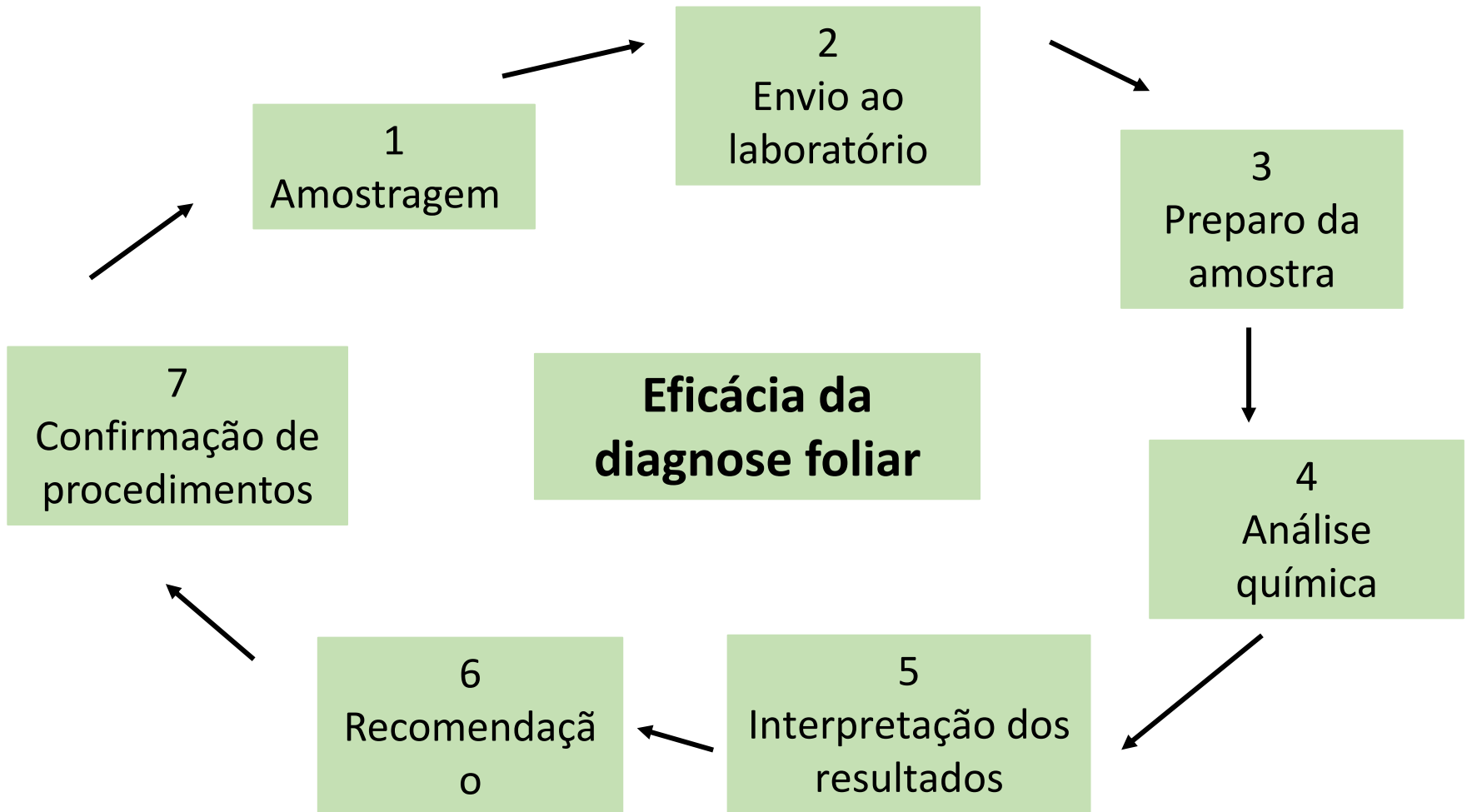


**Obtenção de
padrões de
referência**



**Interpretação
dos resultados**

Critérios de Essencialidade & Amostragem Foliar





Universidade de São Paulo - USP
Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA
Análise de Solo e Planta – CEN 0409



Obrigado!

Perguntas?

Professores: **Cassio Hamilton Abreu Junior** – cahabreu@cena.usp.br

Takashi Muraoka – muraoka@cena.usp.br

Estagiário PAE: **Dalila Lopes da Silva** – dalila.ls@usp.br

Supervisor: **Juan Ricardo Rocha** – jr.rocha@usp.br