



**Universidade Federal do Paraná**  
**Departamento de Solos e Engenharia Agrícola**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo**  
**Nutrição Mineral de Plantas**

# **Absorção e Adubação foliar**

**Prof. Volnei Pauletti**

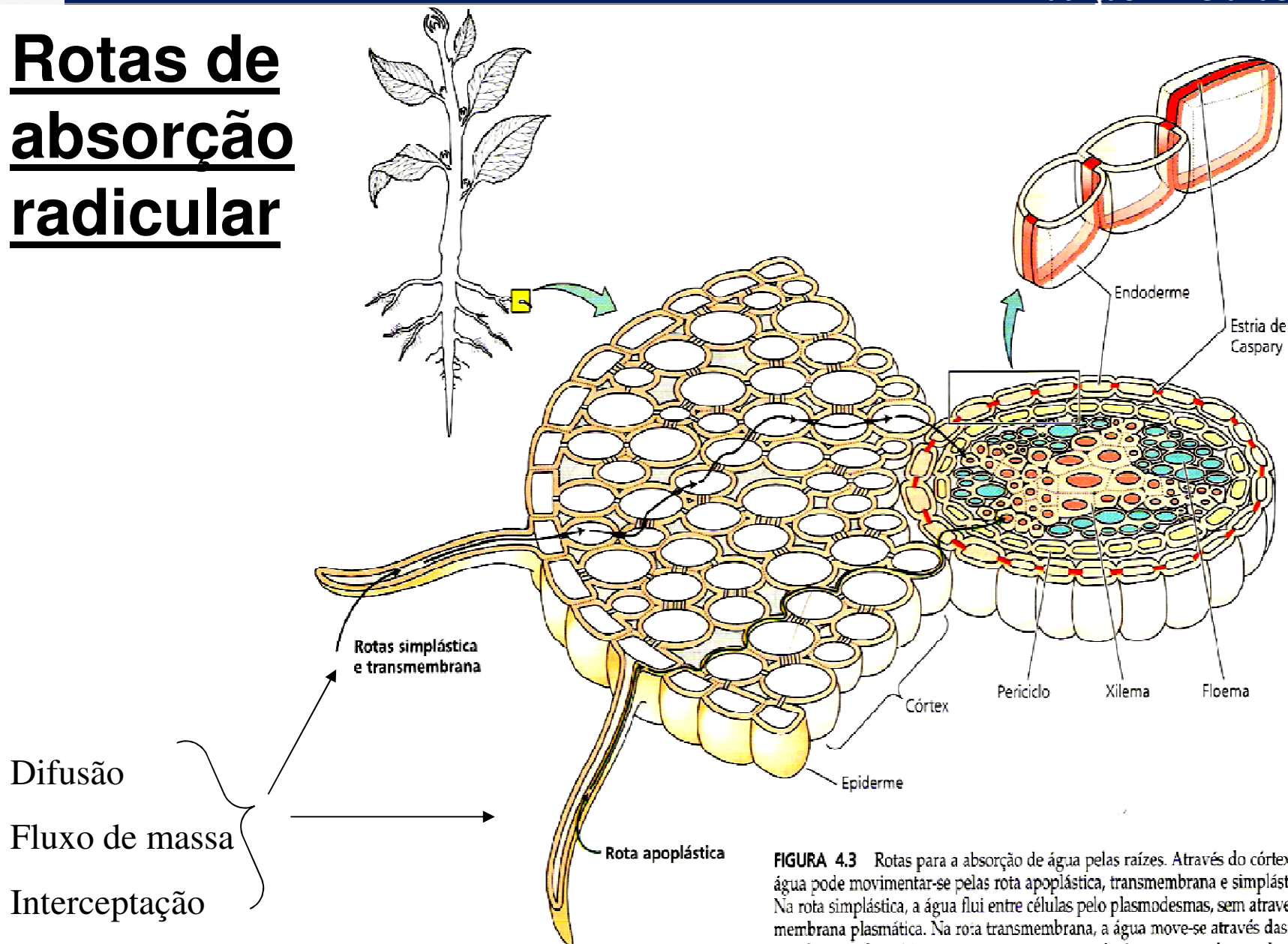


- **Absorção e adubação foliar**
  - Introdução
  - Absorção foliar
  - Fatores que afetam a absorção foliar
  - Vantagens e limitações
  - Resposta das culturas

VIDA VEGETAL - começou no mar, durante o processo evolutivo as folhas não perderam a capacidade de absorver  $H_2O$  e sais minerais.

**As folhas, assim como as raízes,  
também apresentam capacidade de  
absorver nutrientes**

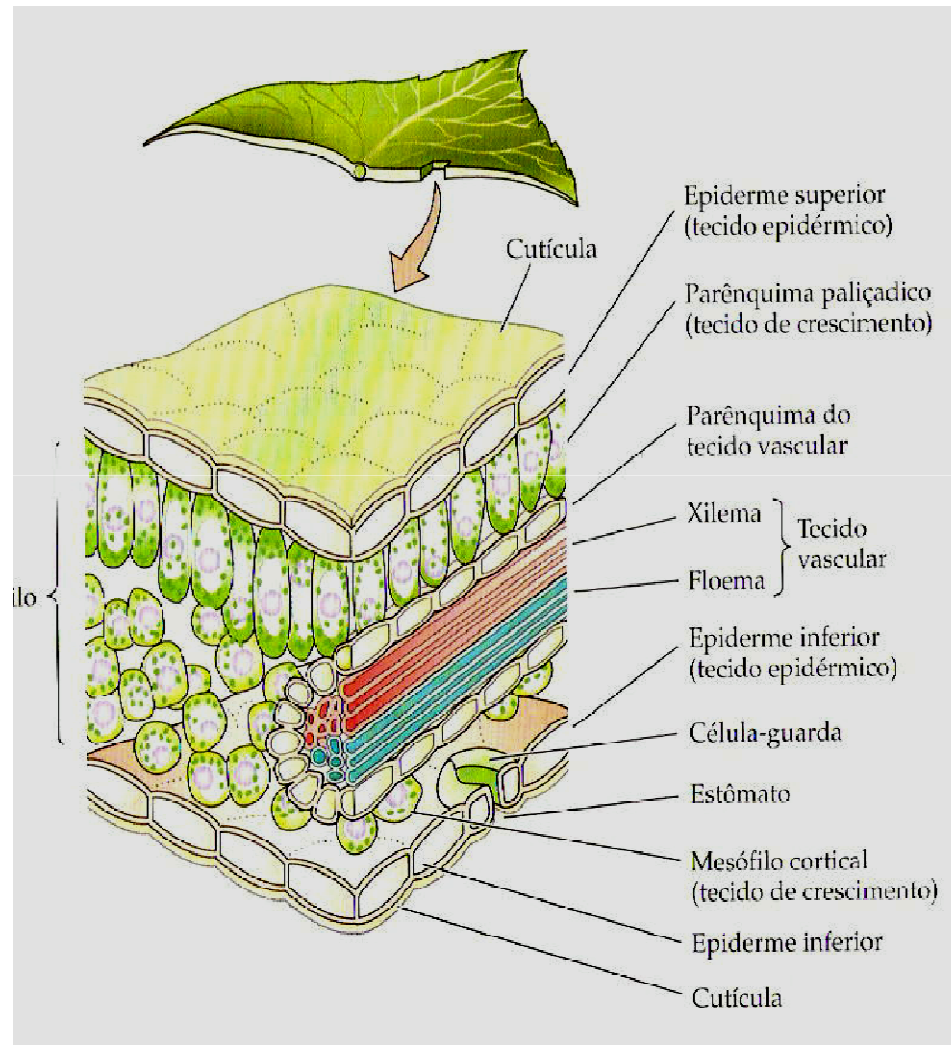
# Rotas de absorção radicular



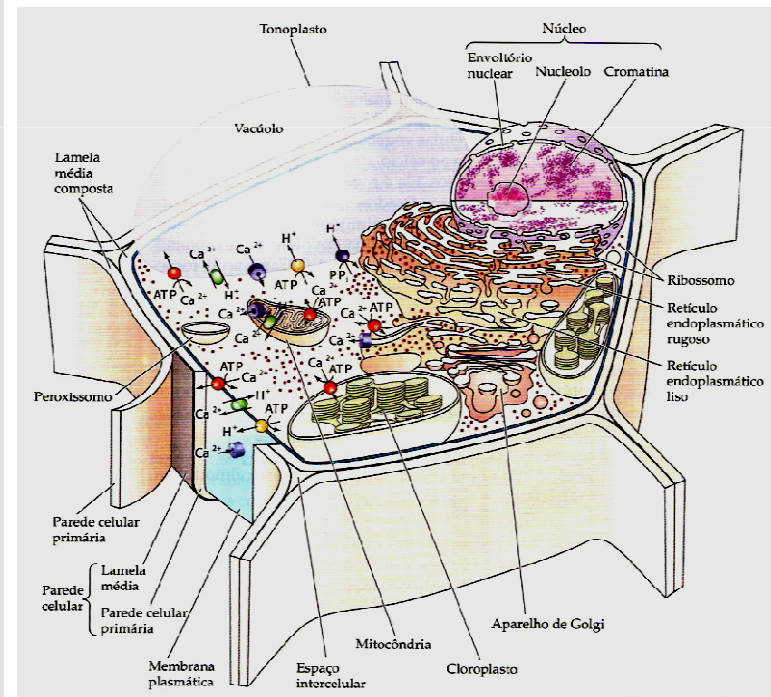
**FIGURA 4.3** Rotas para a absorção de água pelas raízes. Através do córtex, a água pode movimentar-se pelas rota apoplástica, transmembrana e simplástica. Na rota simplástica, a água flui entre células pelo plasmodesmas, sem atravessar a membrana plasmática. Na rota transmembrana, a água move-se através das membranas plasmáticas, com uma curta permanência no espaço da parede celular. Na endoderme, a rota apoplástica é bloqueada pela estria de Caspary.

**Fonte:** Taiz & Zeiger, (2004).

# Absorção foliar



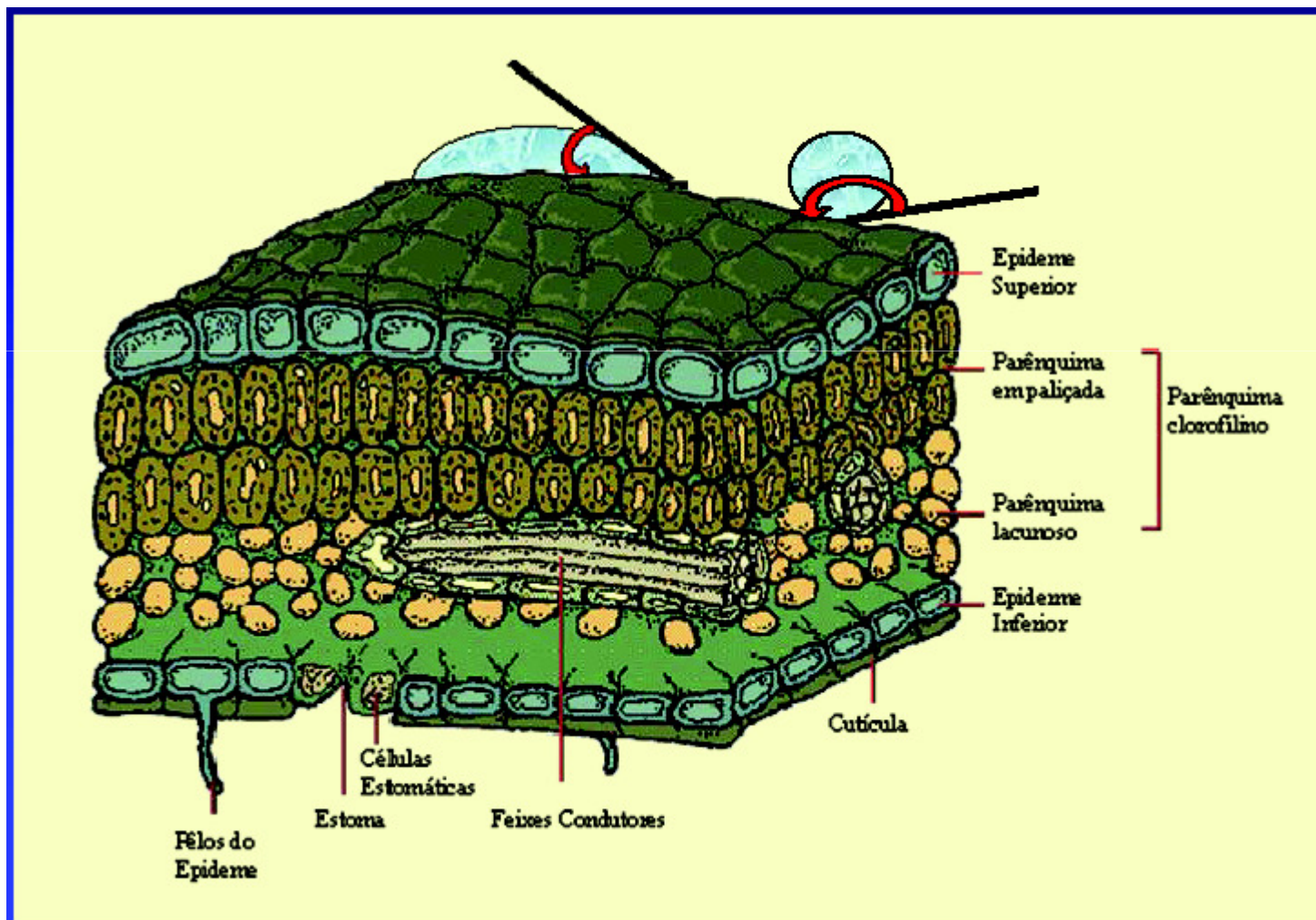
- Penetração na cutícula lipídica;
- Absorvido através da superfície plasmática;
- Passagem através da membrana plasmática e entra no citoplasma.



Fonte: Taiz & Zeiger, (2004).

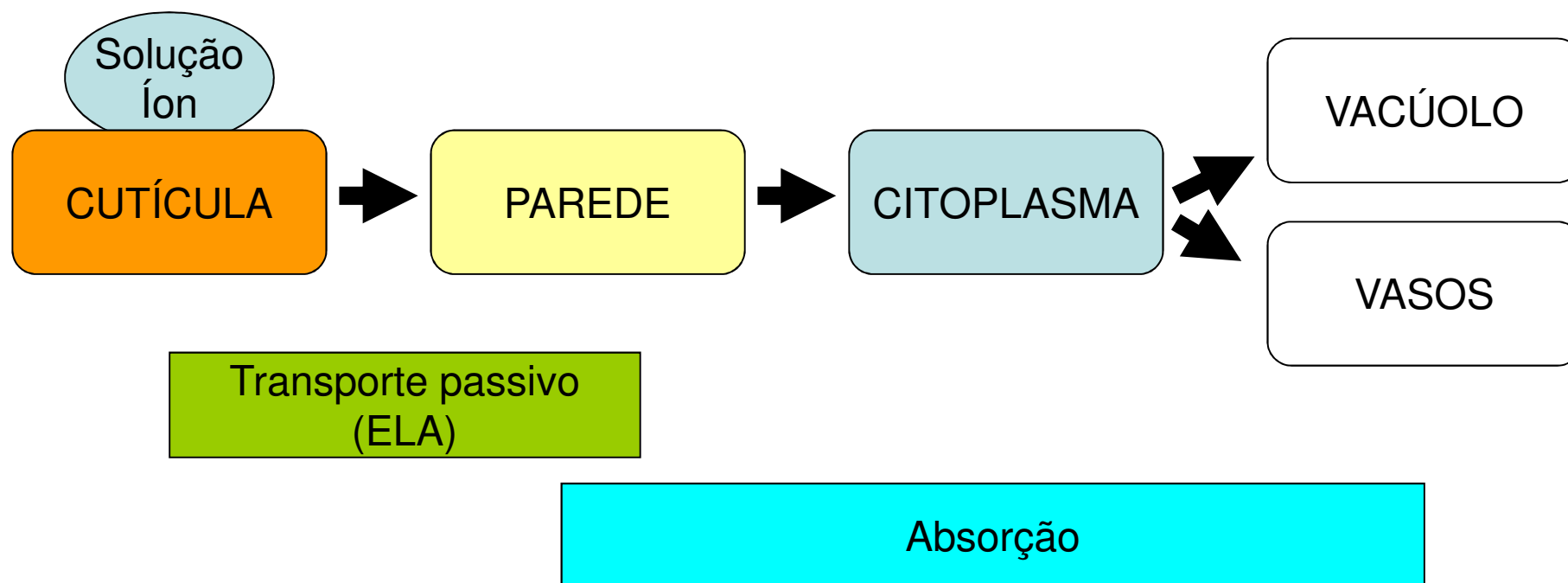


# ABSORÇÃO FOLIAR

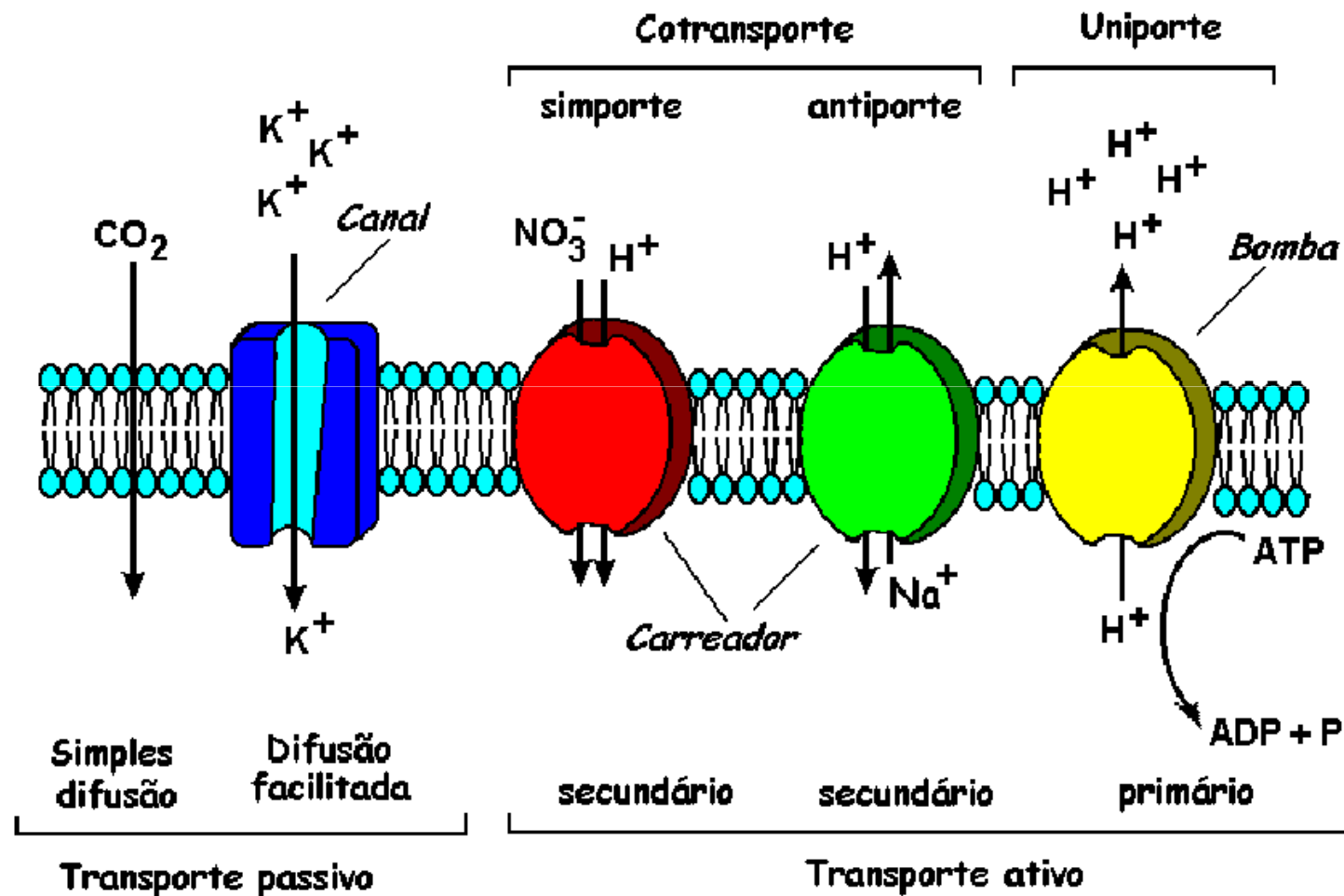


# ABSORÇÃO FOLIAR

Caminho percorrido pelo nutriente



# ABSORÇÃO FOLIAR



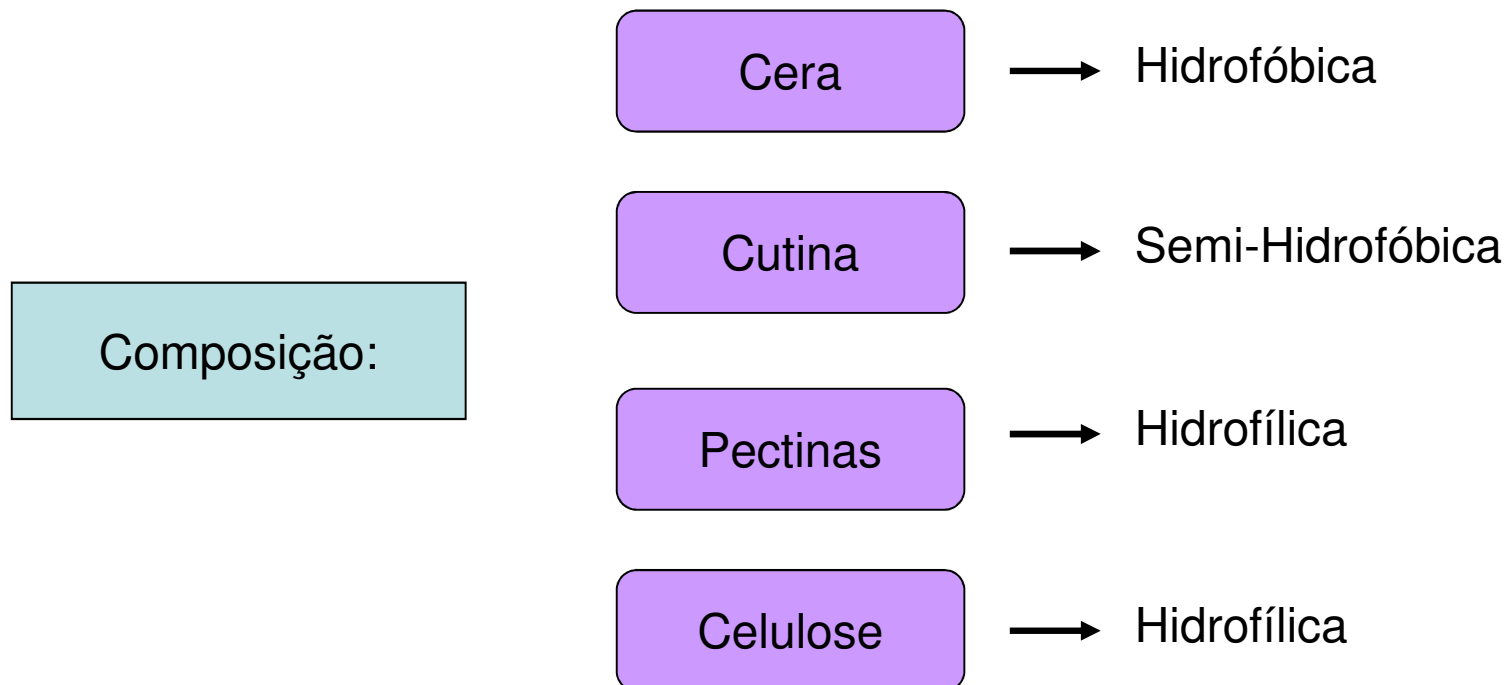


# ABSORÇÃO FOLIAR

## CUTÍCULA

### CUTÍCULA

A cutícula é permeável à água e a todos os tipos de substâncias, sejam elas polares, apolares, lipossolúveis ou hidrossolúveis.



# ABSORÇÃO FOLIAR

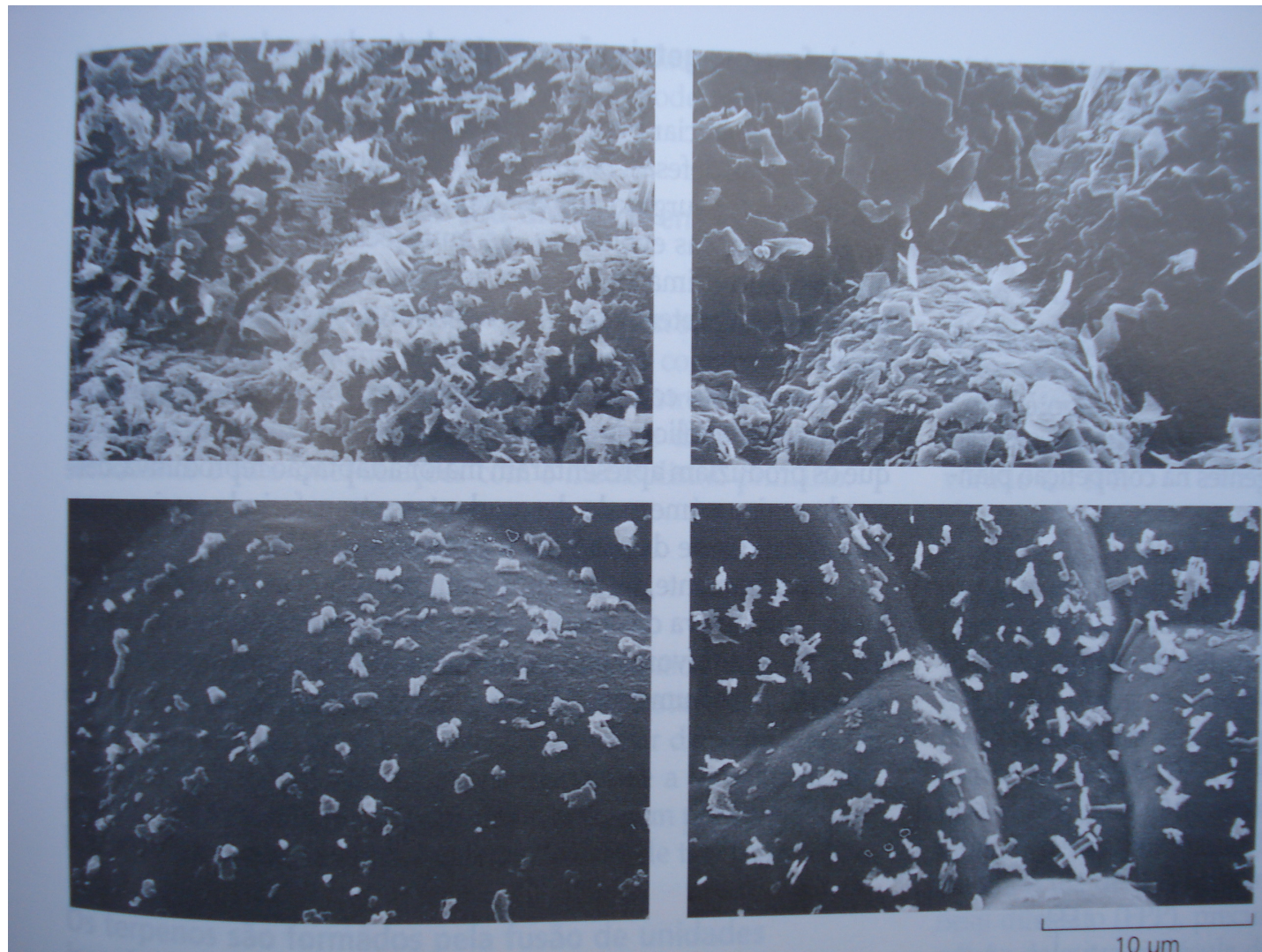
## PROPRIEDADES DA CUTÍCULA

1. Hidrorrepelência: propriedade que tem um sólido de não ser molhado pelo líquido

- Microprojeções de cera
- Espessura da camada cerífera
- Composição química da cera

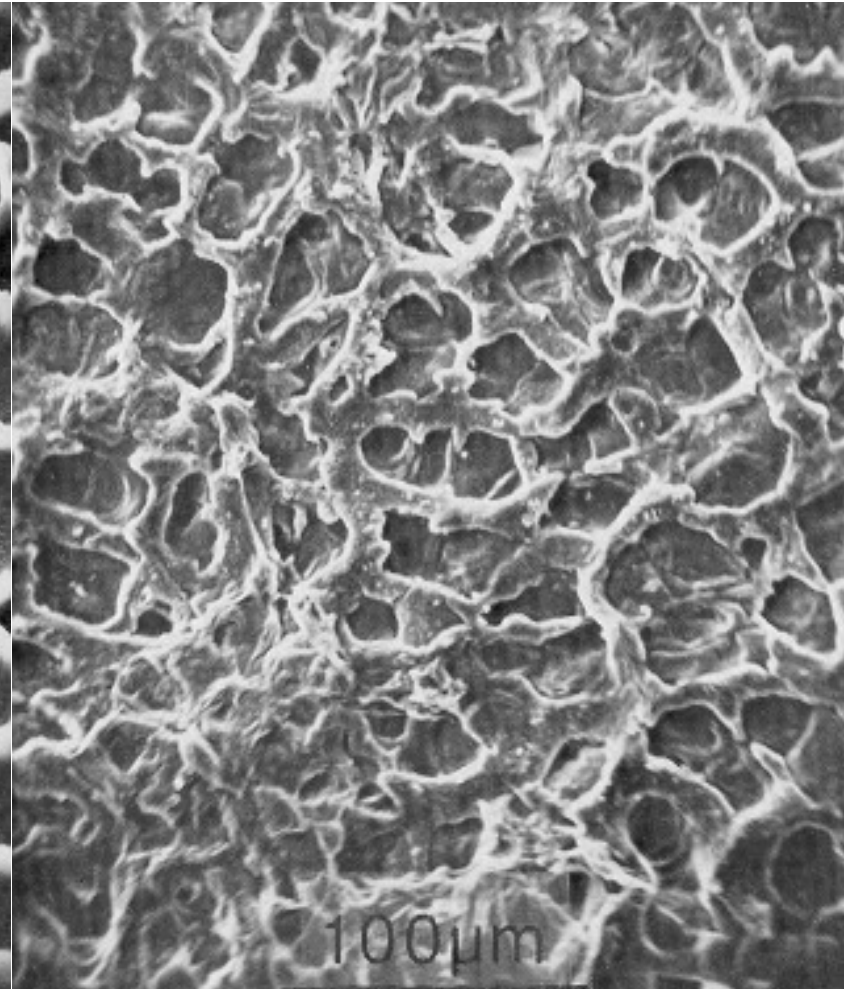
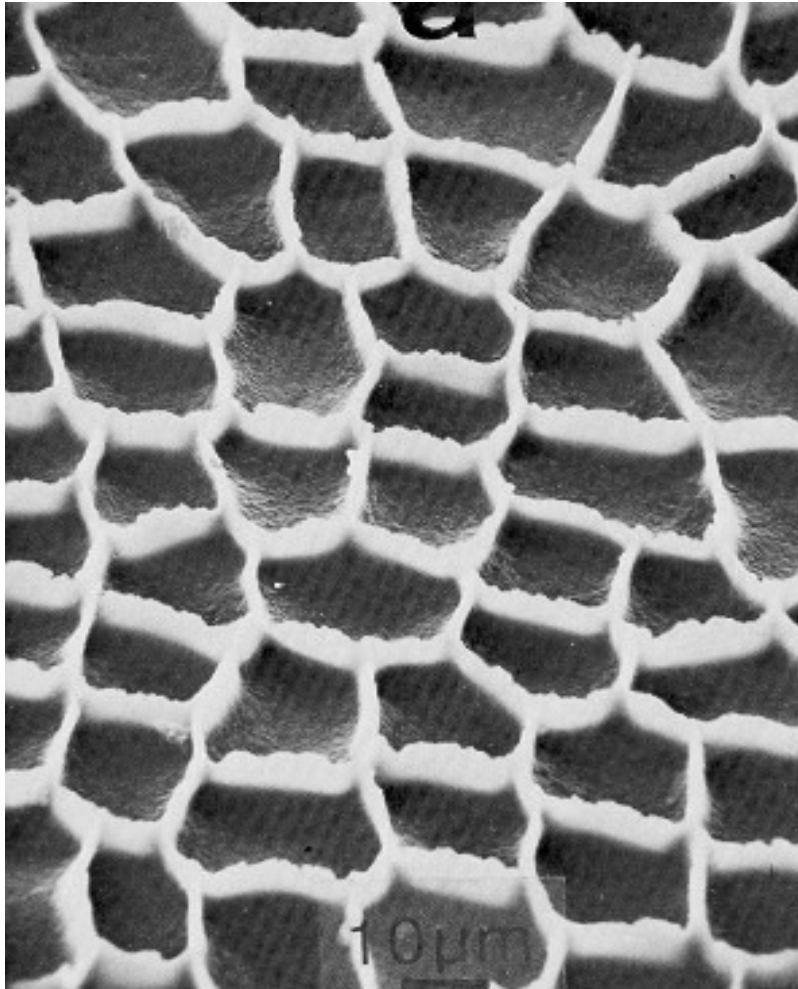
# ABSORÇÃO FOLIAR

Microprojeções de cera



# MICROFOTOGRAFIA DE CUTÍCULAS DE

## FOLHAS DE PEREIRA      FRUTOS DE MACIEIRA



# ABSORÇÃO FOLIAR

## PROPRIEDADES DA CUTÍCULA

2. Hidrofilia: hidratação das pectinas
3. Troca iônica: grupos  $\text{—OH}$  e  $\text{—COOH}$  na pectina, cutina e cera
4. Polaridade: substâncias polares apresentam grupos de afinidade com a água.
  - penetração de substâncias polares: pectina
  - penetração de substâncias apolares: cera e cutina



# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 1) Fatores inerentes à folha:

### 1. Estrutura da folha:

Cutícula fina e alta frequência de estômatos favorecem a absorção foliar

Absorção de zinco (como cloreto) pelo cafeeiro

| Parte tratada              | Absorção (% do aplicado) |
|----------------------------|--------------------------|
| Raízes (solução nutritiva) | 5,0                      |
| Folhas:                    |                          |
| Parte superior             | 12,0                     |
| Parte inferior             | 42,5                     |
| Folhas: ambas              | 20,5                     |

Malavolta, 1981

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 1) Fatores inerentes à folha:

1. Estrutura da folha:

2. Composição química da cutícula:

3. Idade da folha:

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 2) Fatores inerentes aos nutrientes:

1. Mobilidade na folha:

## MOBILIDADE COMPARADA DOS NUTRIENTES APLICADOS NAS FOLHAS

| Altamente móvel | Móvel    | Parcialmente móvel | Imóvel |
|-----------------|----------|--------------------|--------|
| Nitrogênio      | Fósforo  | Zinco              | Boro   |
| Potássio        | Cloro    | Cobre              | Cálcio |
| Sódio           | Enxofre  | Manganês           |        |
|                 | Magnésio | Ferro              |        |
|                 |          | Molibdênio         |        |



## TEMPO PARA ABSORÇÃO DE 50% DOS NUTRIENTES APLICADOS NAS FOLHAS

| Nutriente | Tempo          |
|-----------|----------------|
| N (uréia) | 1/2 a 36 horas |
| P         | 5 - 15 dias    |
| K         | 10 a 96 horas  |
| Ca        | 10 a 96 horas  |
| Mg        | 6 a 24 horas   |
| S         | 1 a 10 dias    |
| Cl        | 1 a 4 dias     |
| Fe        | 10 a 20 dias   |
| Mn        | 18 a 48 horas  |
| Mo        | 10 a 20 dias   |
| Zn        | 11 a 36 horas  |

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 2) Fatores inerentes aos nutrientes:

1. Mobilidade na folha:

2. Interações entre nutrientes:

- Sinergismo entre uréia e Mn
- Antagonismo entre Cu e Zn

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 3) Fatores inerentes às soluções pulverizadas:

### 1. Solubilidade das fontes de nutrientes:

| Fonte                    | Temperatura | Solubilidade      |
|--------------------------|-------------|-------------------|
|                          | °C          | g L <sup>-1</sup> |
| Sulfato de amônio        | 20          | 760               |
| Sulfato de Mn            | 0           | 1050              |
| Sulfato de Zn            | 20          | 965               |
| Sulfato de Cu            | 0           | 316               |
| Uréia                    | 20          | 1050              |
| Nitrato de amônio        | 20          | 1950              |
| Fosfato diamônio (DAP)   | 20          | 408               |
| Fosfato monoamônio (MAP) | 20          | 374               |
| Molibdato de amônio      | --          | 430               |
| Ácido bórico             | 30          | 63,5              |
| Bórax                    | 0           | 21                |

Fonte: Vitti; Boareto; Penteado (1994)

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 3) Fatores inerentes às soluções pulverizadas:

1. Solubilidade das fontes de nutrientes:

2. Concentração das soluções:

Fitotoxicidade de  
adubo nitrogenado  
em milho



## CONCENTRAÇÃO DE URÉIA NA CALDA DE PULVERIZAÇÃO PARA ALGUMAS CULTURAS

| Cultura   | % uréia   | Cultura  | % uréia   |
|-----------|-----------|----------|-----------|
| Abacaxi   | 2,4 - 6   | Cereja   | 0,6 - 3,0 |
| Aipo      | 2,4       | Cítricas | 0,6 - 1,2 |
| Alface    | 0,5 - 0,7 | Feijão   | 0,5 - 0,7 |
| Alfafa    | 2,4       | Fumo     | 0,3 - 1,2 |
| Algodão   | 2,4 - 6   | Lúpulo   | 5,0 - 6,0 |
| Ameixa    | 0,6 - 1,8 | Maçã     | 0,5 - 0,7 |
| Banana    | 0,6 - 1,2 | Milho    | 0,6 - 2,4 |
| Batatinha | 2,4       | Morango  | 0,5 - 0,7 |
| Beterraba | 2,4       | Pepino   | 0,3 - 0,6 |
| Cacau     | 0,6 - 1,2 | Pêssego  | 0,6 - 3,0 |
| Café      | 2,5       | Pimenta  | 0,5 - 0,7 |
| Cana      | 1,2 - 2,4 | Repolho  | 0,7 - 1,4 |
| Cebola    | 2,4       | Trigo    | 2,4 - 9,6 |
| Cenoura   | 2,4       | Videira  | 0,5 - 0,7 |

Adaptado de: OLEYNIK et al., 1998

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 3) Fatores inerentes às soluções pulverizadas:

1. Solubilidade dos nutrientes:

2. Concentração das soluções:

3. Composição das soluções:

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 3) Fatores inerentes às soluções pulverizadas:

1. Solubilidade dos nutrientes:

2. Concentração das soluções:

3. Composição das soluções:

4. Surfactantes:

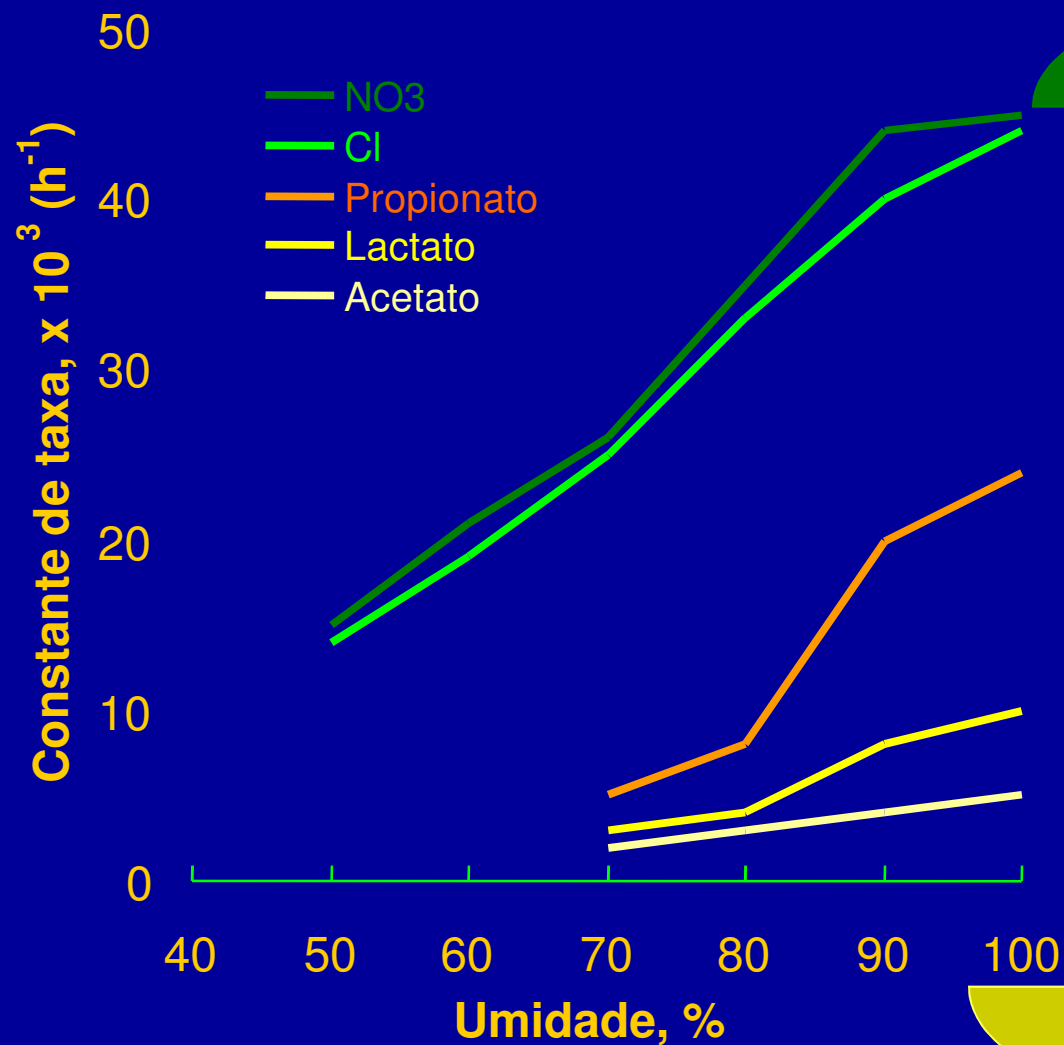
- espalhantes
- adesivos
- humectantes



**Composição solução** (compatibilidade, solubilidade, índice salino, interações entre nutrientes, surfactantes, ...)

- uréia: sinergismo, alta solubilidade, baixo I.S.
- ( $\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4$ ) precipitam vários metais (Mg, Cu, Zn)
- Mg favorece translocação de P
- Açúcar retarda absorção da uréia e reduz fitotoxidez
- agentes protetores:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaO} + \text{NaOH}$ ,  $\text{CaS}$  permitem maiores concentrações de Zn e Cu sem causar injúrias
- MgSO<sub>4</sub>: protetor contra injúrias foliares

# PENETRAÇÃO CUTÍCULAR DE Ca EM FRUTOS DE MAÇÃ



**Melhor com  
NO<sub>3</sub> e Cl**

**Aumenta com  
a umidade**

## Efeito de agentes quelatizantes na absorção e translocação do Ferro

| Forma aplicada | Absorvido     | Translocado    |               |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
|                | % do aplicado | % do absorvido | % do aplicado |
| Sulfato        | 0,9 b         | 7,1 c          | 0,06          |
| EDTA           | 19,9a         | 26,8a          | 5,33          |
| EDDHA          | 15,0a         | 19,4 b         | 2,91          |
| DTPA           | 14,1a         | 22,0a          | 3,10          |

## INFLUÊNCIA DE QUELATIZANTES NA ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DE Zn

| Forma aplicada | Absorvido     | Translocado    |               |
|----------------|---------------|----------------|---------------|
|                | % do aplicado | % do absorvido | % do aplicado |
| Sulfato        | 74,4a         | 7,7a           | 5,71          |
| EDTA           | 24,5 b        | 10,0a          | 2,45          |
| EDDHA          | 3,7 c         | 10,0a          | 0,37          |
| DTPA           | 5,7 c         | 7,5a           | 0,43          |

# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 3) Fatores inerentes às soluções pulverizadas:

1. Solubilidade dos nutrientes:

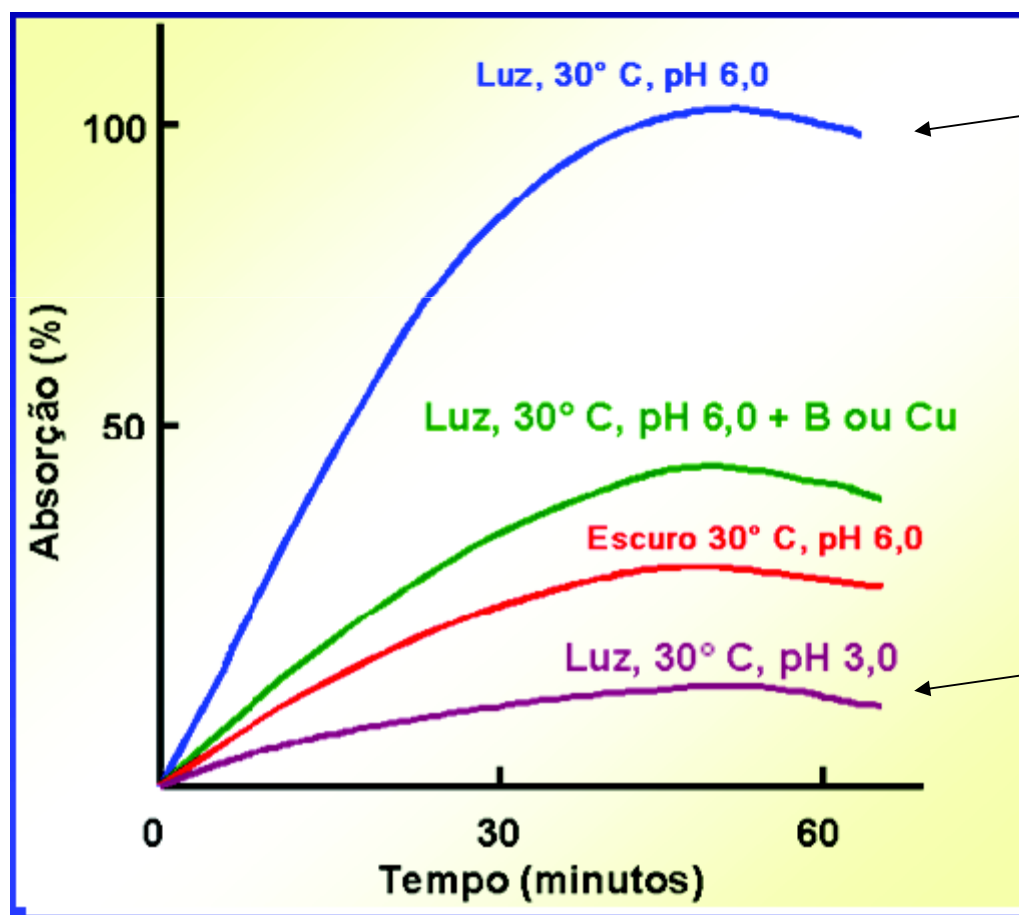
2. Concentração das soluções:

3. Composição das soluções:

4. Surfactantes:

5. pH da solução:

## FATORES QUE INFLUENCIAM A ABSORÇÃO DO ZINCO PELAS FOLHAS DO CAFEIEIRO

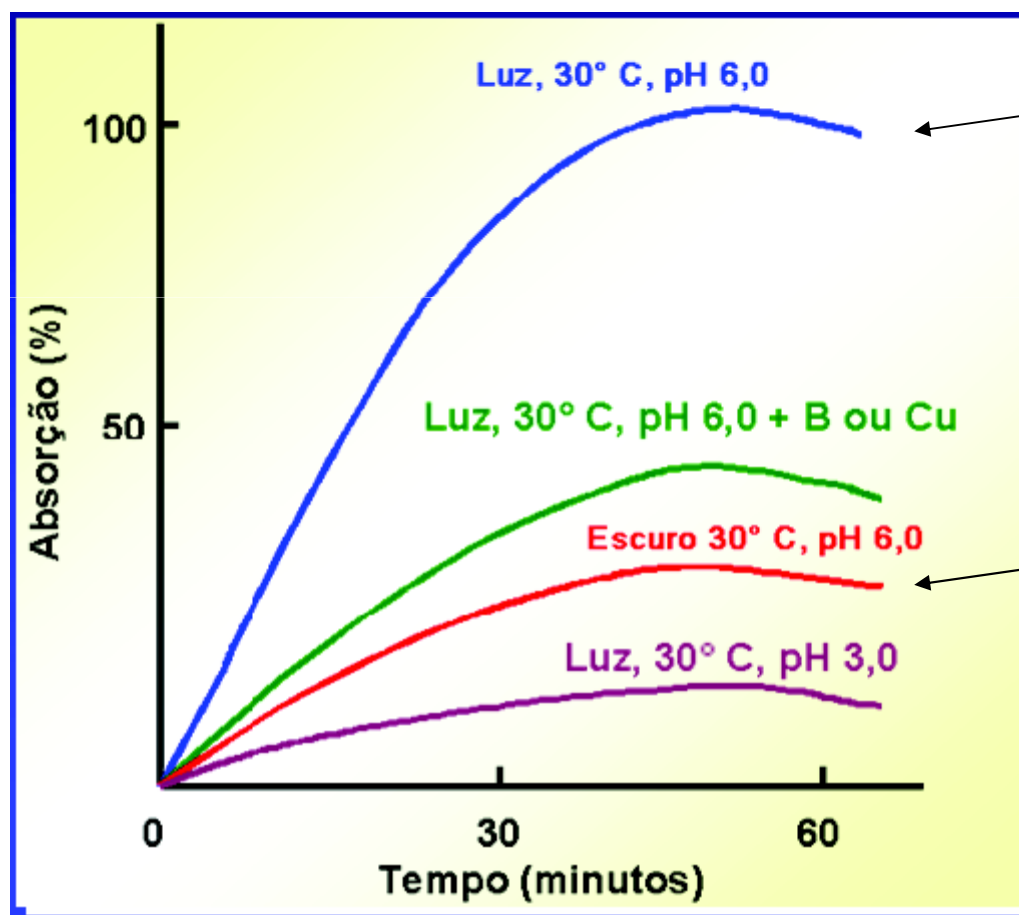


# FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## 3) Fatores externos:

1. Luz:
2. Disponibilidade de água no solo:
3. Umidade atmosférica:
4. Temperatura:
5. Modo de aplicação:

## FATORES QUE INFLUENCIAM A ABSORÇÃO DO ZINCO PELAS FOLHAS DO CAFEIEIRO



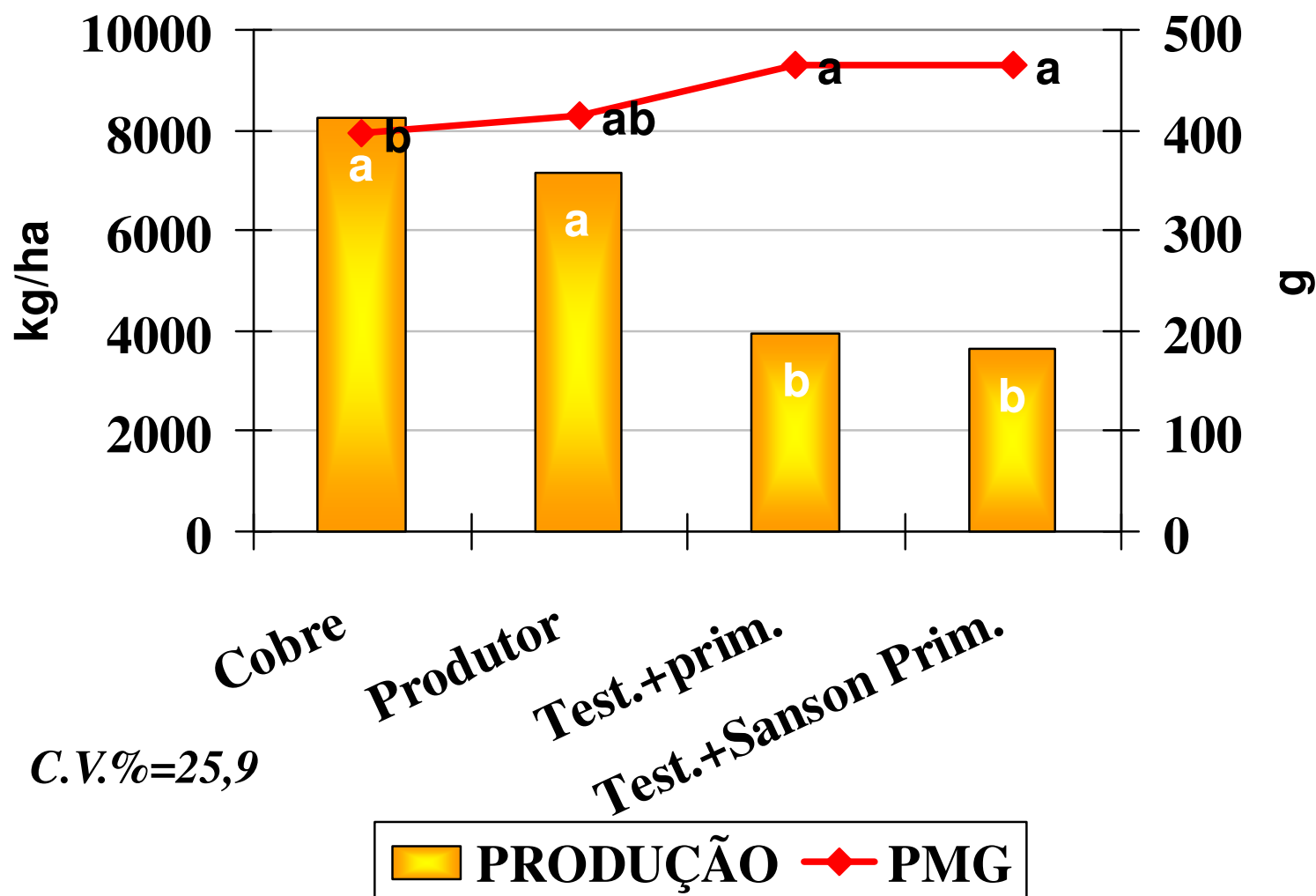


# VANTAGENS DA ADUBAÇÃO FOLIAR

1. Correção das deficiências a curto prazo;
2. Alto índice de utilização pelas plantas dos nutrientes aplicados;
3. Contornar restrições de absorção de nutrientes pelo solo;
4. Doses totais de micronutrientes geralmente são menores que via solo;
5. Possibilidade de aplicação de micronutrientes com tratamentos químicos.

# RESPOSTA DAS CULTURAS

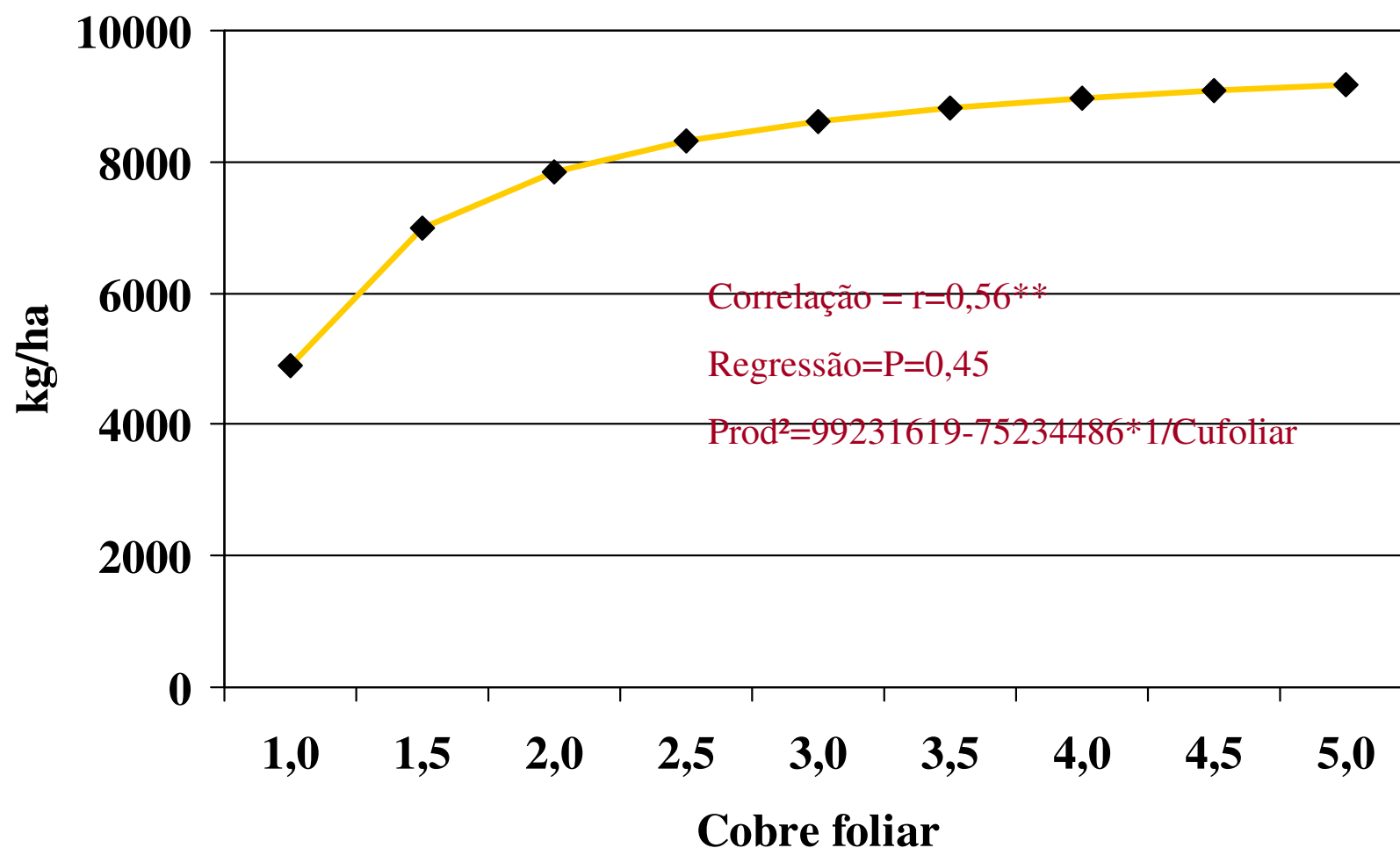
## MILHO EM VÁRZEA



# RESPOSTA DAS CULTURAS

## MILHO EM VÁRZEA

### Cu foliar x Produtividade



## RESPOSTA DAS CULTURAS

Com cobre  
foliar

Sem cobre



**TABELA 2** - Rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de cem grãos do feijoeiro cv. Carioca-MG, em função de safras e de doses de boro, molibdênio e zinco aplicadas via foliar ( médias da análise conjunta ).

| Tratamentos       | Rendimento (kg/ha) | Nº vagens por planta | Nº sementes por vagem | Peso de cem sementes (g) |
|-------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Inverno-primavera | 1442a              | 5,8a                 | 5,2a                  | 21,16a                   |
| Águas             | 675 b              | 5,1 b                | 4,1 b                 | 13,63 b                  |
| 0 g B/ha          | 1037               | 5,6                  | 4,7                   | 17,34                    |
| 20 g B/ha         | 1087               | 5,4                  | 4,6                   | 17,52                    |
| 40 g B/ha         | 1052               | 5,3                  | 4,7                   | 17,33                    |
| 0 g Mo/ha         | 897 b              | 5,0 b                | 4,5 b                 | 16,85 b                  |
| 75 g Mo/ha        | 1239a              | 5,9a                 | 4,8a                  | 17,93a                   |
| 0 g Zn/ha         | 1051               | 5,6                  | 4,7                   | 17,35                    |
| 45 g Zn/ha        | 1067               | 5,2                  | 4,6                   | 17,46                    |
| 90 g Zn/ha        | 1059               | 5,6                  | 4,7                   | 17,36                    |
| CV(%)             | 33,75              | 26,59                | 11,30                 | 4,95                     |

<sup>(1)</sup>Dentro de cada fator, médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F, ao nível de significância de 1% .

# LIMITAÇÕES DA ADUBAÇÃO FOLIAR

1. Não ocorre efeito residual ou é menor que as aplicações no solo:
2. Aplicações no início do crescimento da cultura podem não ser efetivas:
3. Alto custo de aplicação caso não seja possível aplicar com os tratamentos químicos:
4. Pode haver incompatibilidade com agroquímicos ou antagonismo entre nutrientes:

## RESPOSTA DAS CULTURAS

### RECOMENDAÇÃO PARA A CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA POR VIA FOLIAR

| Deficiência | Cultura                           | Fonte                                                  | Dosagem (kg 100L <sup>-1</sup> ) |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Nitrogênio  | Abacaxi                           | Uréia                                                  | 3 - 12                           |
|             | Batatinha                         |                                                        | 2,0 - 2,5                        |
|             | Cafeeiro                          |                                                        | 2,5                              |
|             | Cana-de-açúcar                    |                                                        | 1,25 - 3,0                       |
|             | Banana, manga                     |                                                        | 1,25 - 3,0                       |
|             | Macieira, Videira                 |                                                        | 0,50 - 0,75                      |
|             | Tomateiro                         |                                                        | 2,0 - 2,5                        |
| Fósforo     | Cafeeiro                          | Superfosfato simples, Fosfato de amônio ou de potássio | 1,0                              |
|             | Cana-de-açúcar                    |                                                        | 0,5 - 2,0                        |
| Potássio    | Cafeeiro                          | Cloreto, Sulfato, Nitrato,                             | 0,5                              |
|             | Citros                            | Sulfato                                                | 0,6 - 1,2                        |
|             |                                   | Nitrato                                                | 3 - 12                           |
| Cálcio      | Aipo                              | Cloreto de cálcio                                      | 1,8 - 2,4                        |
|             | Tomateiro                         |                                                        | 0,6 - ,4                         |
| Magnésio    | Aipo, Citros, Macieira, Tomateiro | Sulfato de magnésio                                    | 1 - 2                            |

Malavolta, 1981

## RESPOSTA DAS CULTURAS

### RECOMENDAÇÃO PARA A CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA POR VIA FOLIAR

| Deficiência de | Cultura                                                            | Fonte nutriente                          | Concentração<br>(kg/100L) |
|----------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
| Boro           | Aipo, alfafa,<br>beterraba,<br>crucíferas,<br>frutíferas, cafeeiro | Bórax<br>Ác. Bórico                      | 0,1 - 0,3<br>0,3-0,5      |
| Cobre          | Hortaliças,<br>frutíferas e<br>cafeeiro                            | Calda<br>bordaleza e<br>sulfato de Cu    | 0,2 - 0,5                 |
| Ferro          | Abacaxi, sorgo                                                     | Sulfato de Fe                            | 0,6 - 2,0                 |
| Manganês       | Aipo, citrus,<br>feijões, soja,<br>tomateiro                       | Sulfato de Mn                            | 0,4-0,8                   |
| Molibdênio     | Citrus, couve-flor,<br>repolho                                     | Molibdato de<br>Na ou de NH <sub>4</sub> | 0,05 - 0,10               |
| Zinco          | Plantas anuais                                                     | Sulfato de Zn                            | 0,25 - 0,40               |



# RESPOSTA DAS CULTURAS

## RECOMENDAÇÃO DE MICRONUTRIENTES POR VIA FOLIAR DIVERSAS CULTURAS (Motta et al., 2007)

**Dose: 0,25 a 0,5 kg ha<sup>-1</sup>**

**Aplicação: início do aparecimento dos sintomas**

**Fe, Mn e Zn: aplicações sucessivas**

## **ADUBAÇÃO FOLIAR - GERAL**

1. Deve ser encarada como suplemento da aplicação de fertilizantes no solo. Em **ALGUMAS** situações, a adubação foliar poderá substituir totalmente, ou quase a aplicação de fertilizantes no solo, corrigindo deficiências.
2. O fornecimento dos micronutrientes (exceto B) pode ser feito totalmente por via foliar, com vantagens sobre a aplicação no solo, pois evita-se a sua fixação pelo mesmo.

# Bibliografia

- Marschner, H. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2012. 71-84.
- Camargo, P.N.; Silva, O. Manual de adubação foliar. 1975. 258 p.
- Malavolta, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação, 1981. 596p.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 1986. 672p.
- Motta, A.C.V.; Serrat, B.M.; Reissmann, C.B.; Dionísio, J.A. Micronutrientes na rocha, no solo e na planta. 2007. 242p.
- Fernandes, M.S.; Souza, S.R. Absorção de nutrientes. **In:** FERNANDES, M.S. (Ed.) Nutrição mineral de plantas. Viçosa: SBCS, p.115-152. 2006.