

# **ABSORÇÃO FOLIAR E PRINCÍPIOS DE ADUBAÇÃO FOLIAR**

**PROF. VALDEMAR FAQUIN**

**PROF. CIRO ANTÔNIO ROSOLEM**

# 1. INTRODUÇÃO

- **VIDA VEGETAL => OCEANOS**

- => HABITAT TERRESTRE:**

- RAÍZES - FIXAÇÃO**

- ABSORÇÃO ÁGUA E NUTRIENTES**

- PARTE AÉREA = FOLHAS**

- ORGÃO DE SÍNTESE**

- HABILIDADE ABSORVER ÁGUA E NUTRIENTES**

# **ESSA É A BASE PARA O USO PRÁTICO DA:**

- **ADUBAÇÃO FOLIAR**
- **APLICAÇÃO FOLIAR DE PRODUTOS:**
  - herbicidas
  - hormônios
  - desfolhantes

# ADUBAÇÃO FOLIAR

- **NUTRIR AS PLANTAS PELAS FOLHAS**
  - **TÉCNICA BASTANTE USADA**
  - **MUITAS VEZES, ALTERNATIVA + EFICIENTE**
  - **MERCADO SIGNIFICATIVO DE ADUBOS**
  - **POUCOS TRABALHOS NO BRASIL**
  - **POLÊMICO: MACRONUTRIENTES**

# INTERESSES DA ADUBAÇÃO FOLIAR

- CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS EVENTUAIS
- FORNECIMENTO DE MICROS (PERENES)
- APROVEITAMENTO OPERAÇÕES
- CÁLCIO DIRETO AOS FRUTOS
- > APROVEITAMENTO ADUBOS
- DISTRIBUIÇÃO MAIS UNIFORME
- NÃO DEPENDE DA UMIDADE DO SOLO

## 2. ASPECTOS ANATÔMICOS

- **FIGURA 2. 22 (Faquin, p. 51)**
- **FIGURAS 2 e 3 (Rosolem, p. 10 e 11)**

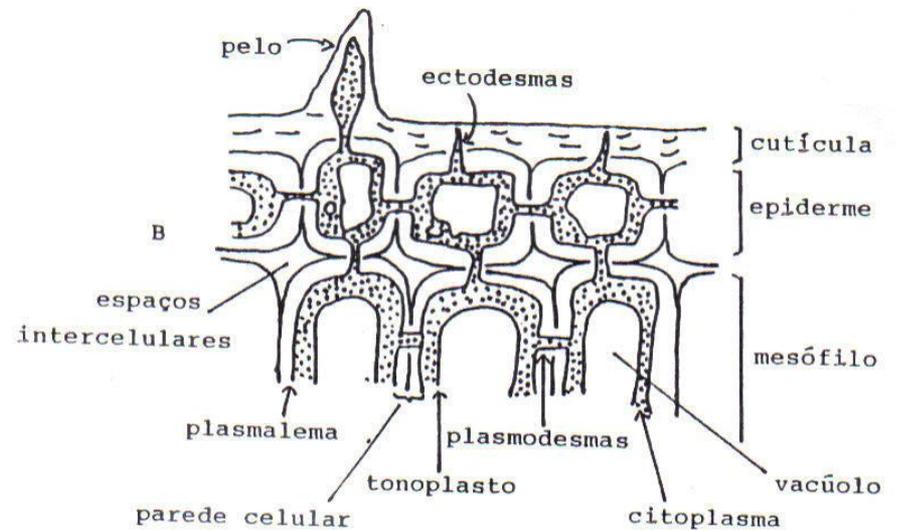
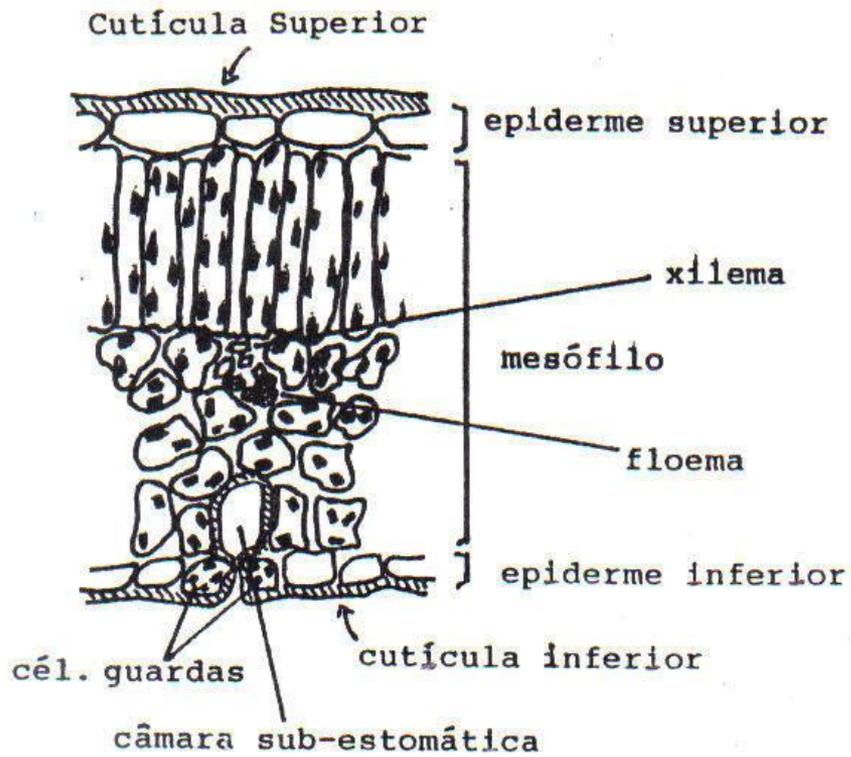
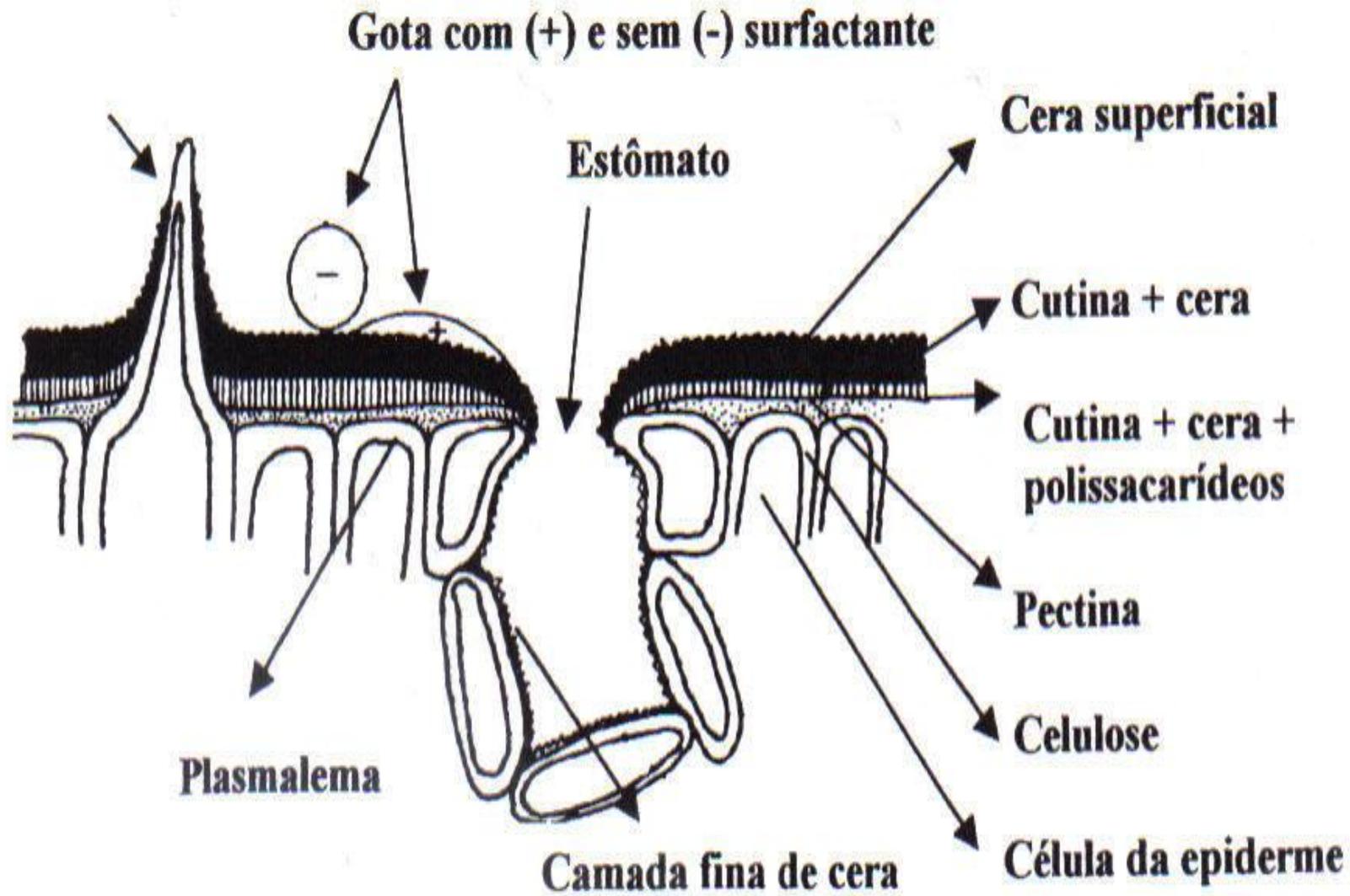


FIGURA 2.22. Aspectos da anatomia foliar: (A) corte transversal da lâmina; (B) detalhe da cutícula revestindo a epiderme



**Figura 2:** Representação esquemática da superfície foliar e posição das barreiras à penetração de solutos.

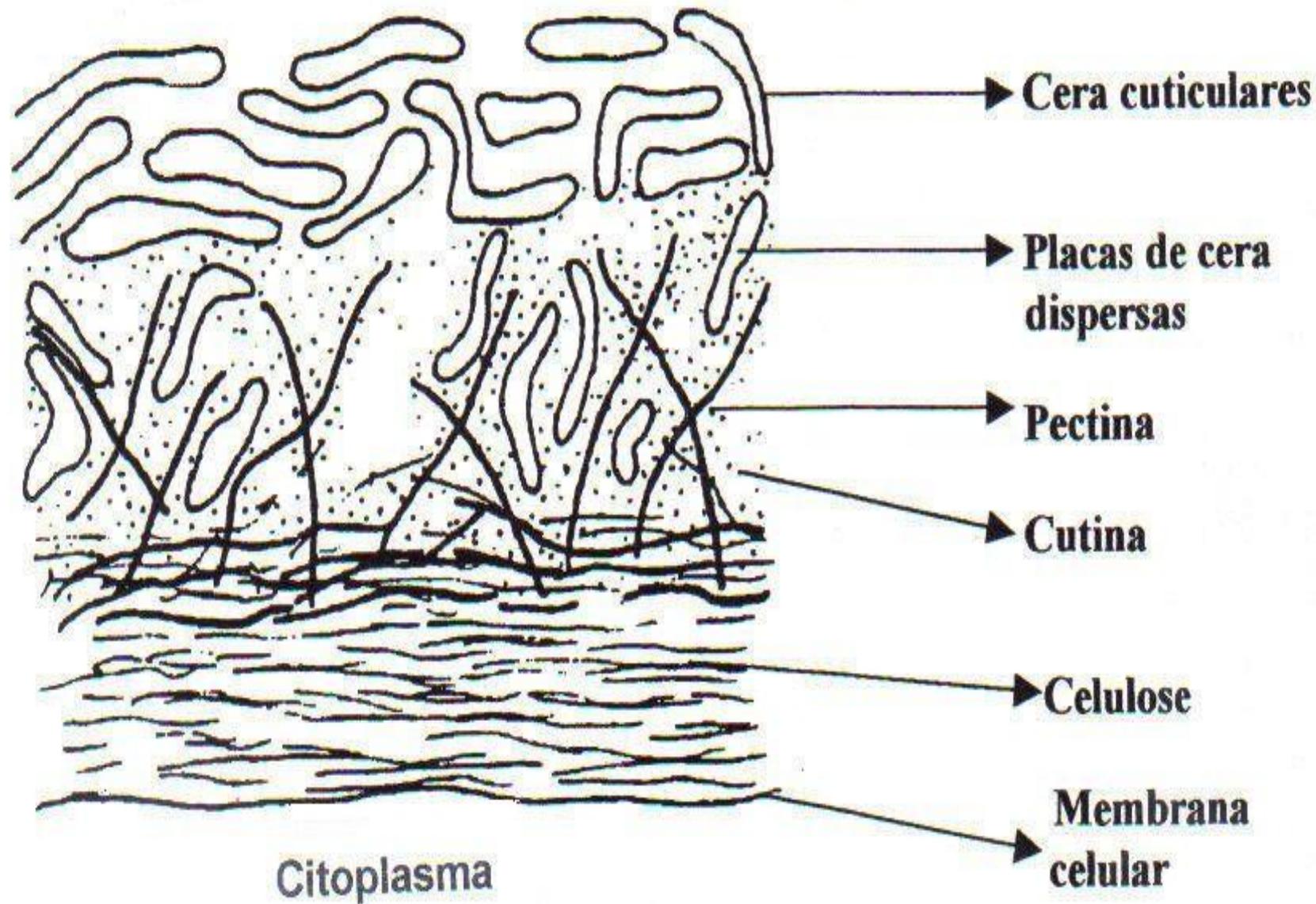


Figura 3: Estrutura da cutícula, até a plasmalema da célula epidérmica.

# 3. VIAS E MECANISMOS

- **ABSORÇÃO FOLIAR- SEMPRE CUTICULAR**
- **CUTÍCULA: PRIMEIRA BARREIRA**
  - **LIPÍDICA**
    - hidrorrepelente
    - polaridade
    - canais
    - permeável = íons e água

**=> Tabela 1 (Rosolem, p. 14)**

**=> Figuras 4, 5, 6 e 7  
(Rosolem p. 13, 15 e 16)**

**Tabela 1: Diâmetros comparados do poros de paredes celulares e alguns solutos.**

<b>Material</b>	<b>Diâmetro do poro, nm</b>
Poros da parede celular	< 5
Sacarose	1,0
Íons hidratados	
K <sup>+</sup>	0,66
Ca <sup>++</sup>	0,82

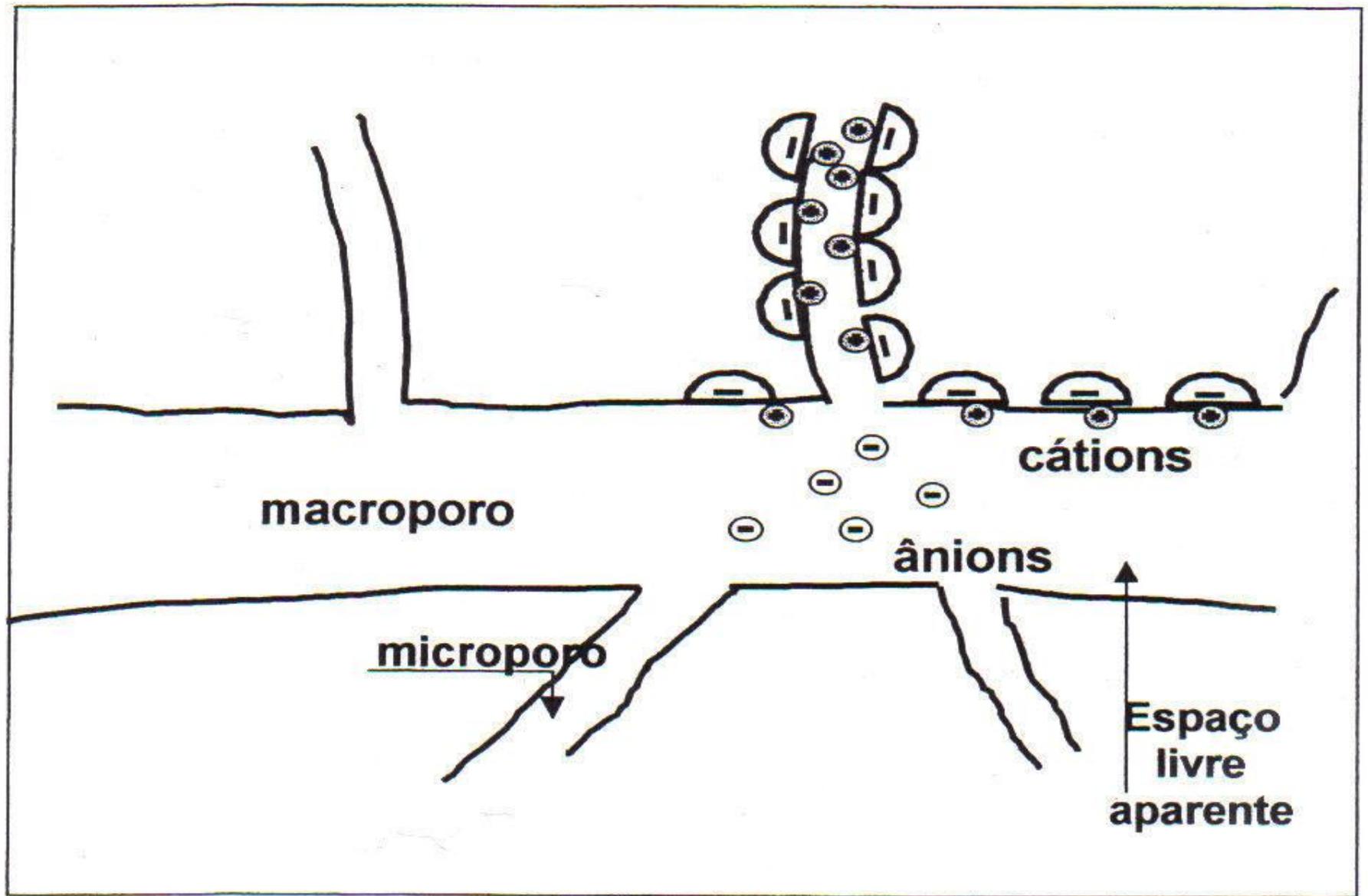


Figura 4: Esquema da distribuição da porosidade em paredes celulares, com suas respectivas cargas e efeito na difusão de íons.

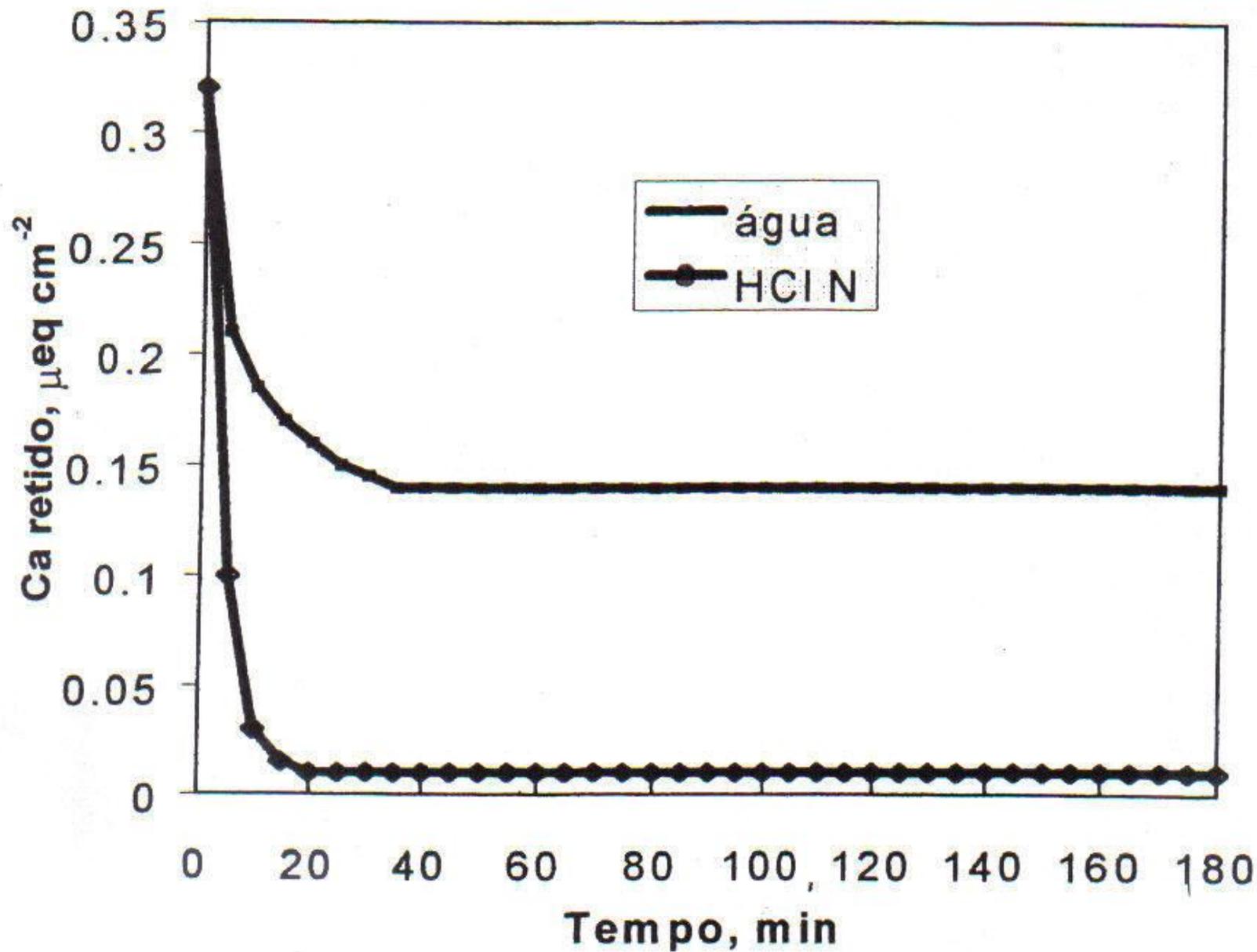


Figura 5: Retenção cuticular do Ca em cutículas de frutos de maçã em função da lavagem com água ou HClN.

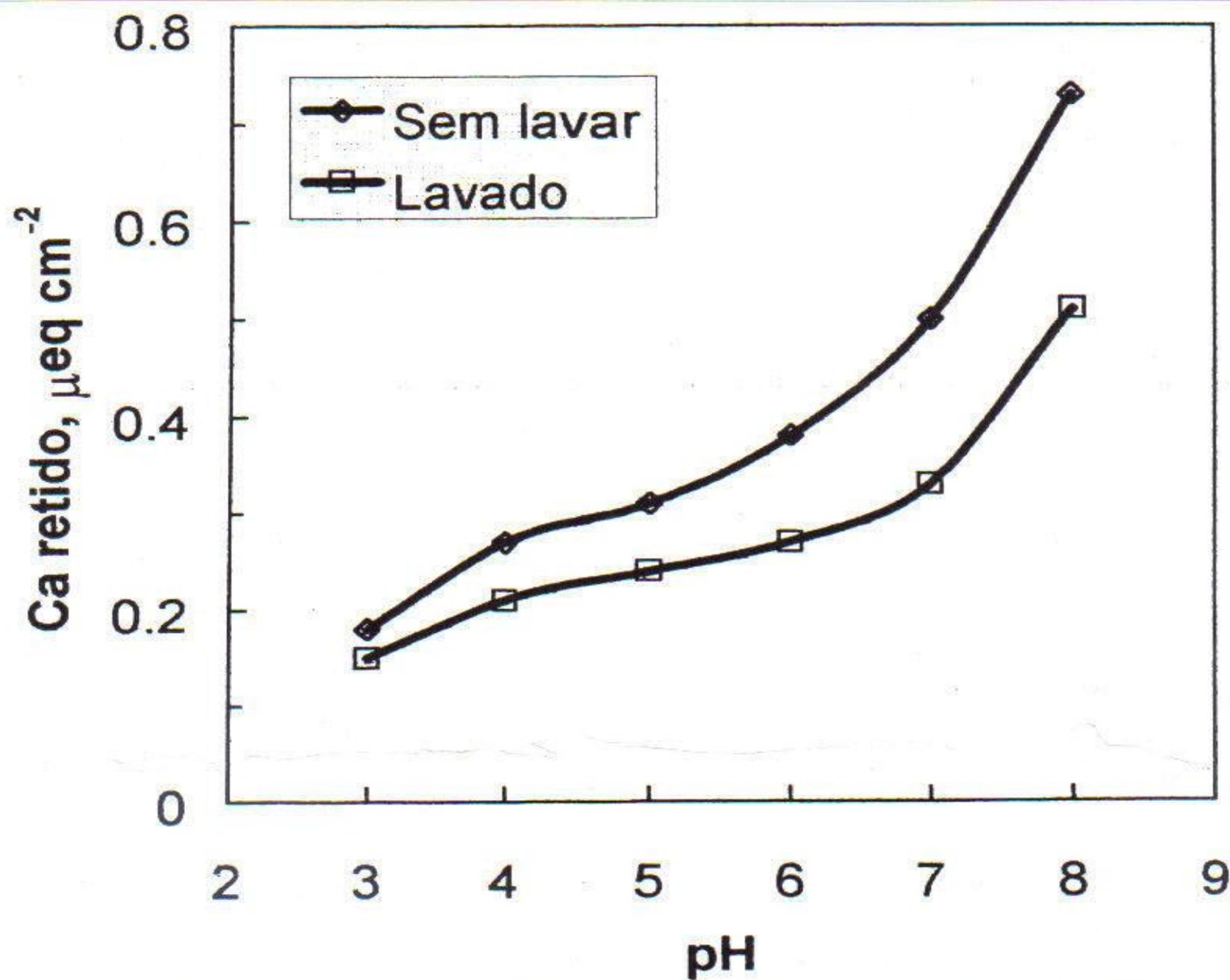


Figura 6: Retenção cuticular de cálcio em função do pH da solução.

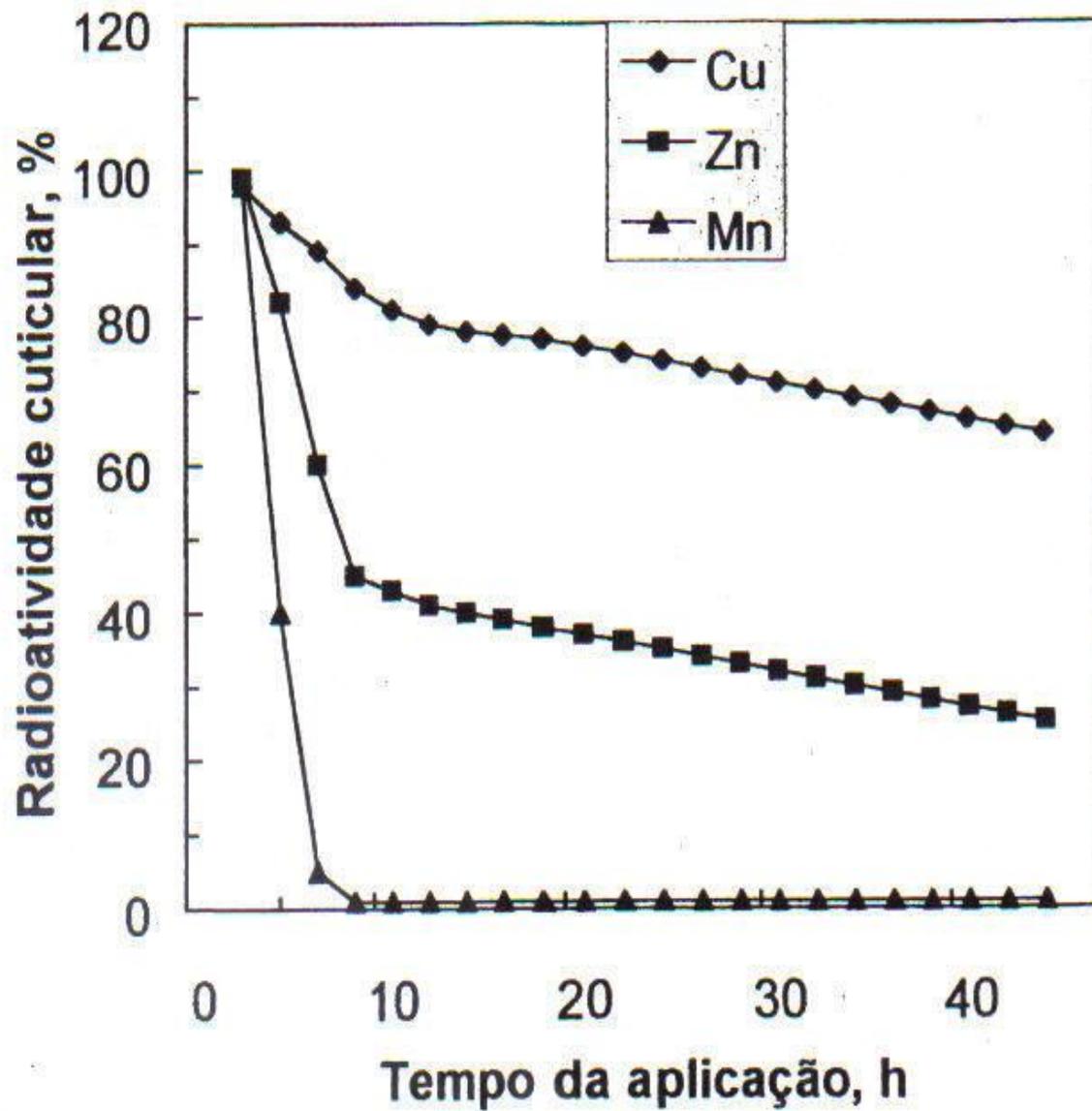


Figura 7: Efeito comparativo da lavagem com água na retenção cuticular de Cu, Zn e Mn.

# FASES DA ABSORÇÃO FOLIAR

**(a) PASSIVA: OCUPAÇÃO DO APOPLASTO**

- não exige energia (ATP)

**(b) ATIVA: OCUPAÇÃO DO SIMPLASTO**

- contra gradiente concentração

- exige energia (ATP)

- respiração e fotossíntese

Figuras 2.22 e 2.25 (Faquin, p. 51 e 55)

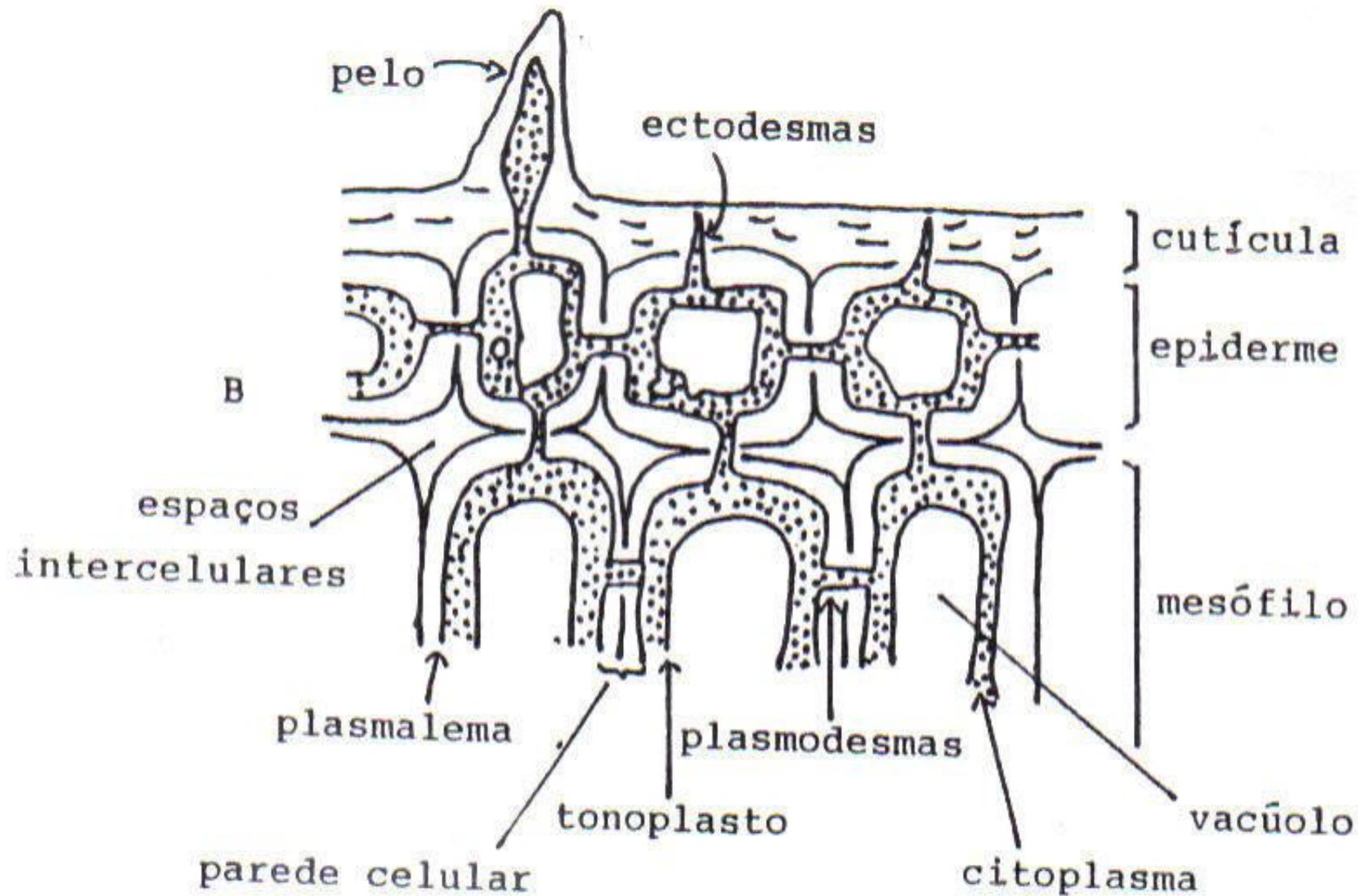


FIGURA 2.22. Aspectos da anatomia foliar: (A) corte transversal da lâmina; (B) detalhe da cutícula revestindo a epiderme

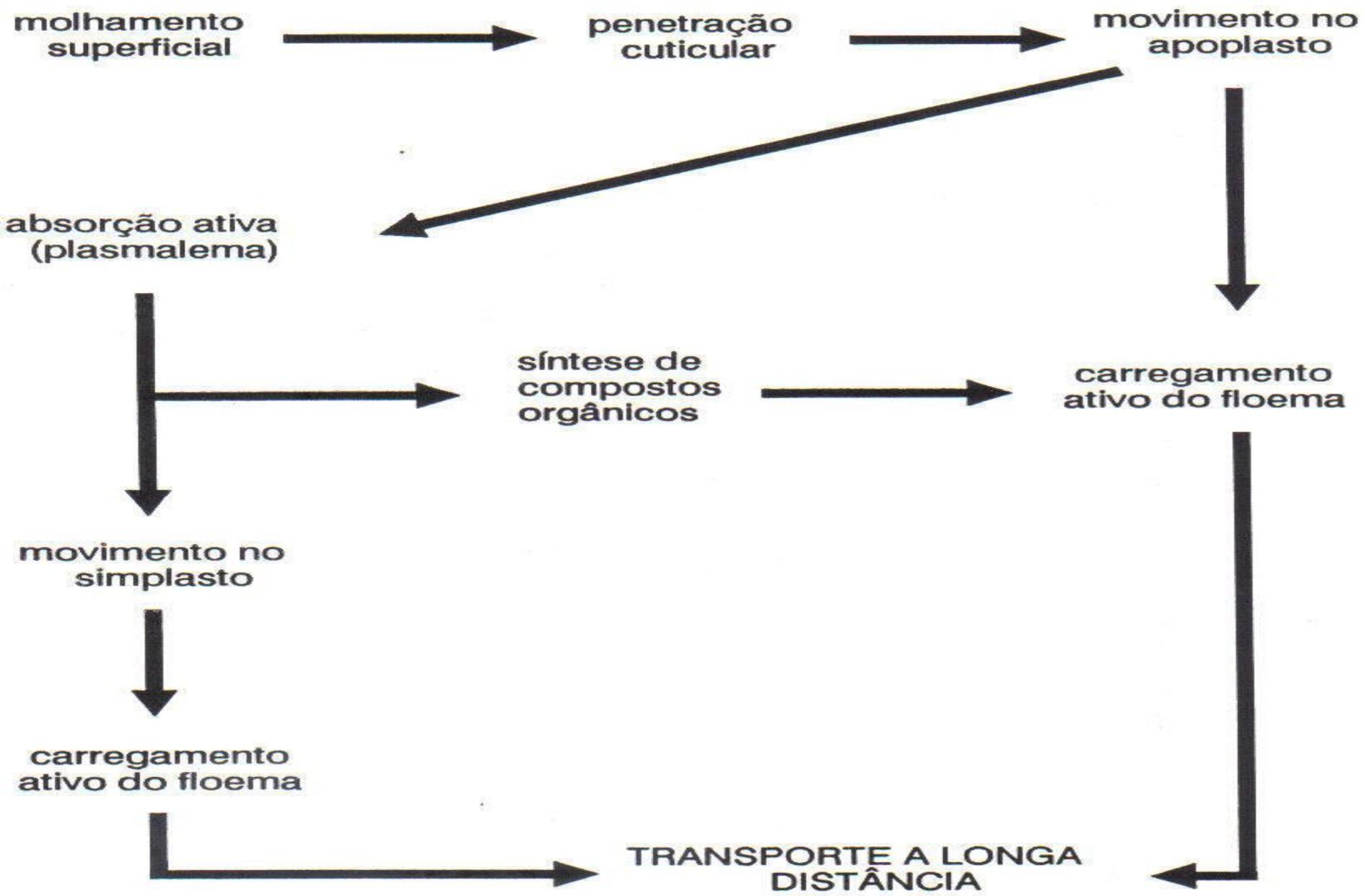


FIGURA 2.25. Possíveis caminhos dos solutos através da folha. (Modificado de HAYNES & GOH, 1977. Sci. Hort., 2(4):291-302).

**- HIPÓTESES: ÍDEM RAÍZ**

- Carregadores
- ATPases ....

**- CINÉTICA: ÍDEM RAÍZ**

- Figura 10 (Rosolem p. 19)

**- TRANSPORTE: VIA FLOEMA**

- Figura 2.25 (Faquin, p.55)

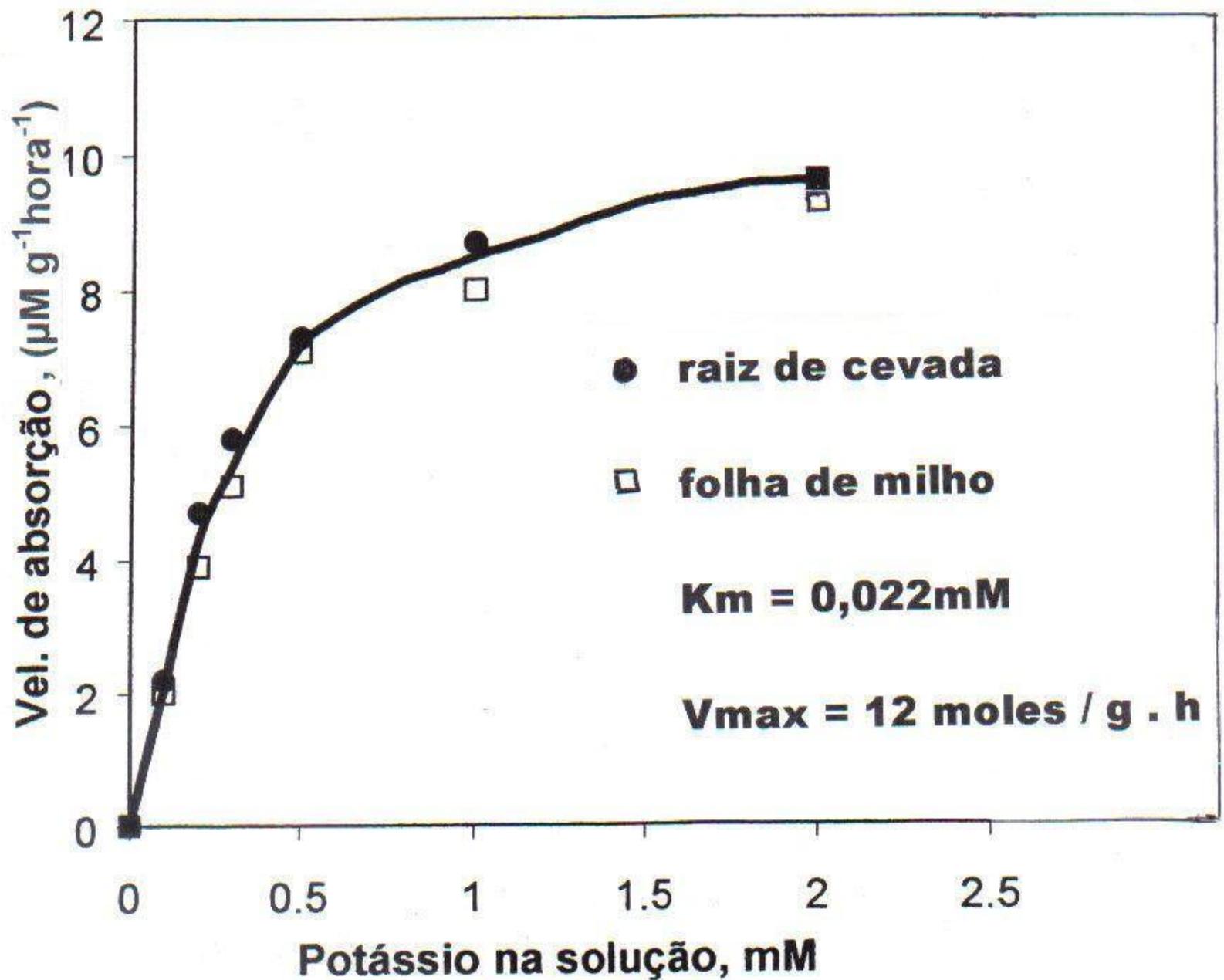


Figura 10: Absorção de potássio por raízes de cevada e folhas de milho.

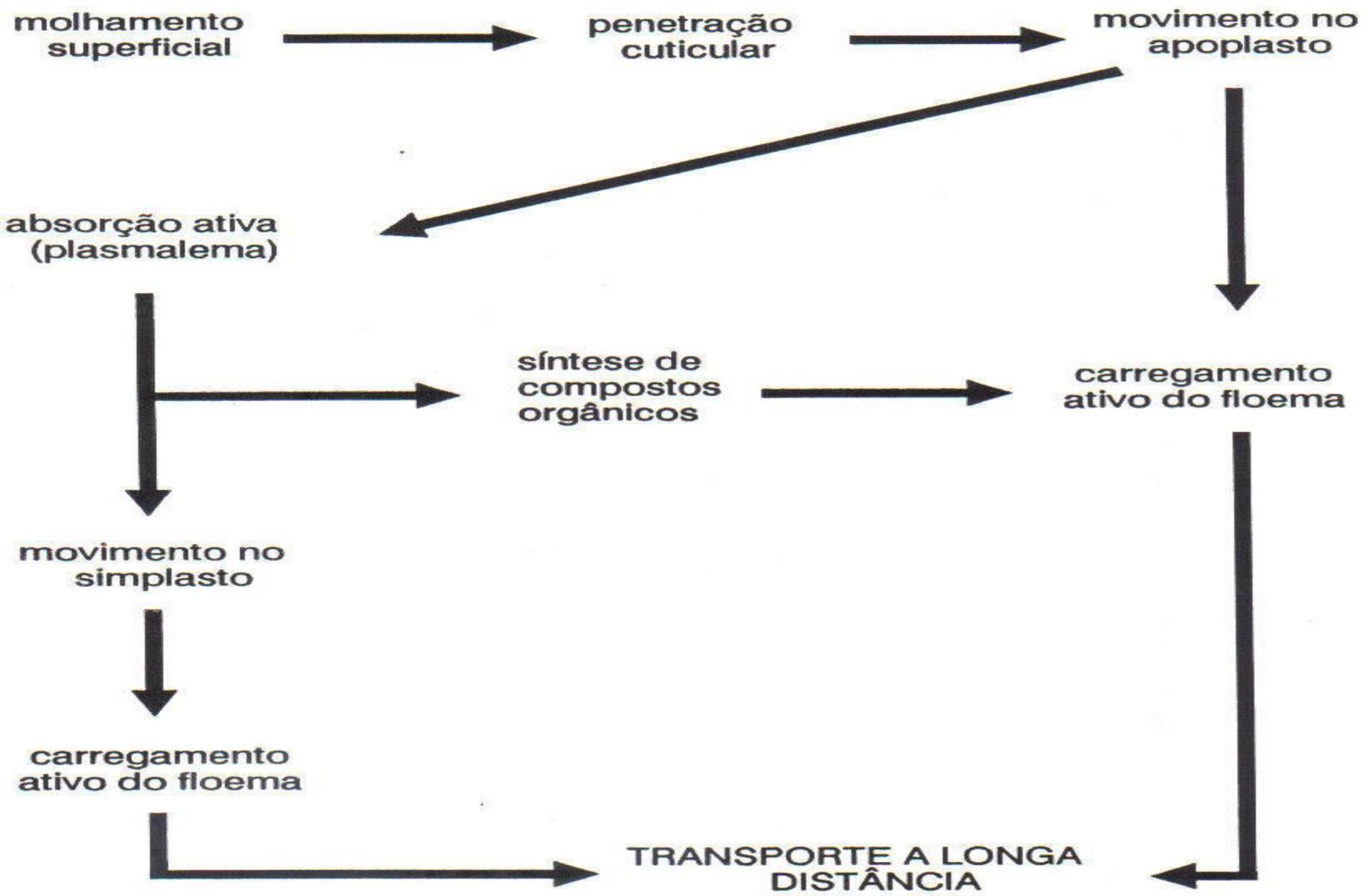


FIGURA 2.25. Possíveis caminhos dos solutos através da folha. (Modificado de HAYNES & GOH, 1977. Sci. Hort., 2(4):291-302).

## 4. VELOCIDADE DE ABSORÇÃO E MOBILIDADE (transporte) DOS NUTRIENTES NO FLOEMA

### → VELOCIDADE:

- varia de “M” para “M”

e de planta para planta

Tabela 2 (Rosolem p. 20)

**Tabela 2: Velocidade de absorção foliar de nutrientes. (Compilado por Rosolem, 1984).**

<b>Nutriente</b>	<b>Tempo para 50 % de absorção</b>
Nitrogênio	1 ½ - 36 horas
Fósforo	16 horas – 15 dias
Potássio	10 horas – 4 dias
Cálcio	2 – 4 horas
Magnésio	10 – 24 horas
Enxôfre	16 horas – 4 dias
Cloro	1 – 4 dias
Ferro	10 – 20 dias
Manganês	1 – 2 dias
Molibdênio	10 – 20 dias
Zinco	1 – 2 dias

**→ MOBILIDADE** (transporte no floema):

- folha ==> outros órgãos

- varia de “M” para “M”

**Tabela 2.12 (Rosolem, p. 22)**

**Figuras 12 e 18 (Rosolem, p. 23 e 30)**

**Tabela 3: Classificação dos nutrientes quanto à sua mobilidade na planta.**

<b>Altamente móvel</b>	<b>Móvel</b>	<b>Parcialmente móvel</b>	<b>Imóvel</b>
Nitrogênio	Fósforo	Molibdênio	Boro
Potássio	Cloro	Manganês	Cálcio
	Enxôfre	Zinco	
	Magnésio	Ferro	

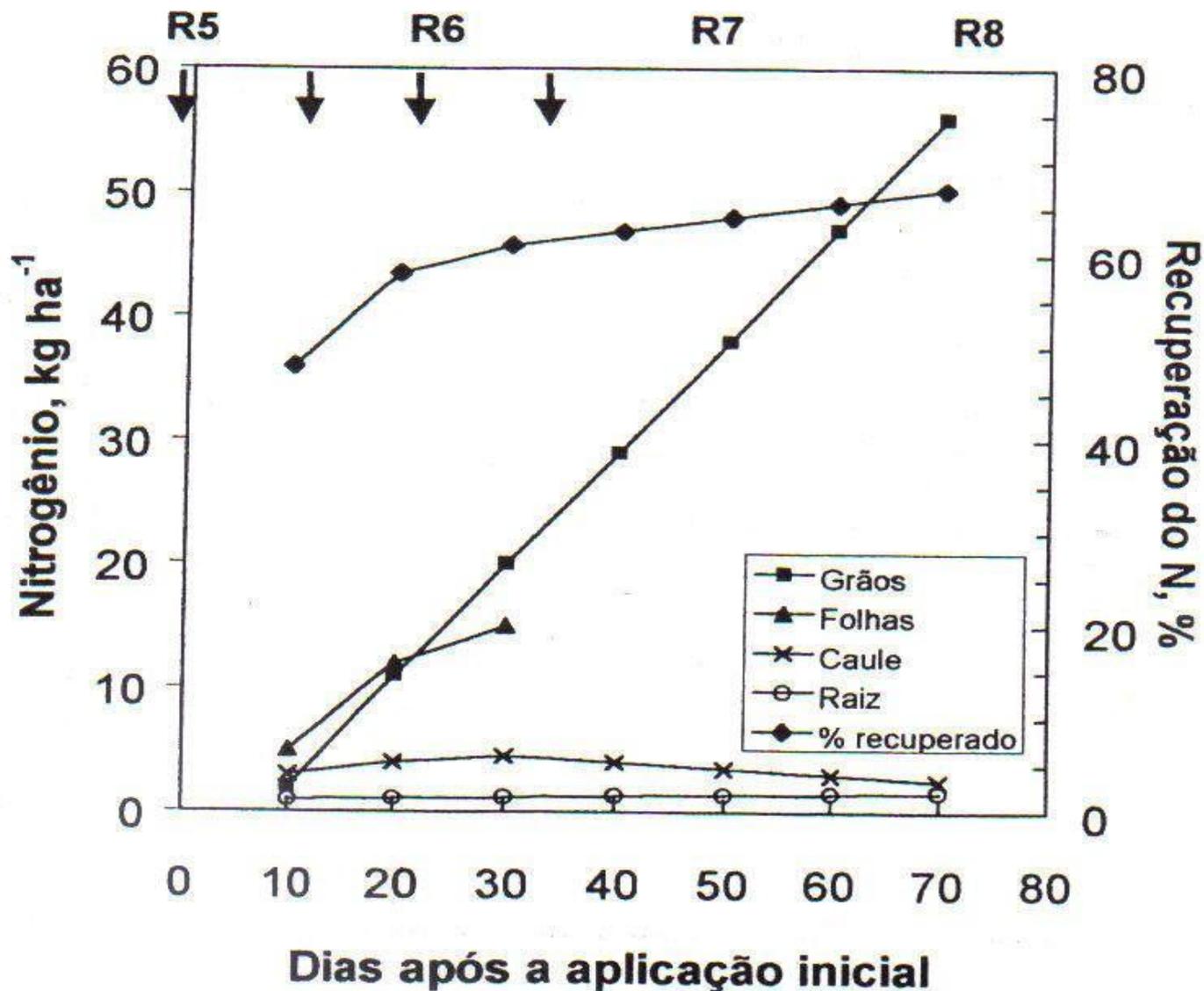


Figura 12: Efeito da aplicação de nitrogênio na absorção e redistribuição do nitrogênio em soja, durante a formação dos grãos. Foram realizadas 4 aplicações de  $21 \text{ kg ha}^{-1}$  de N cada (flexas). O estágio fisiológico da planta é indicado por Rn.

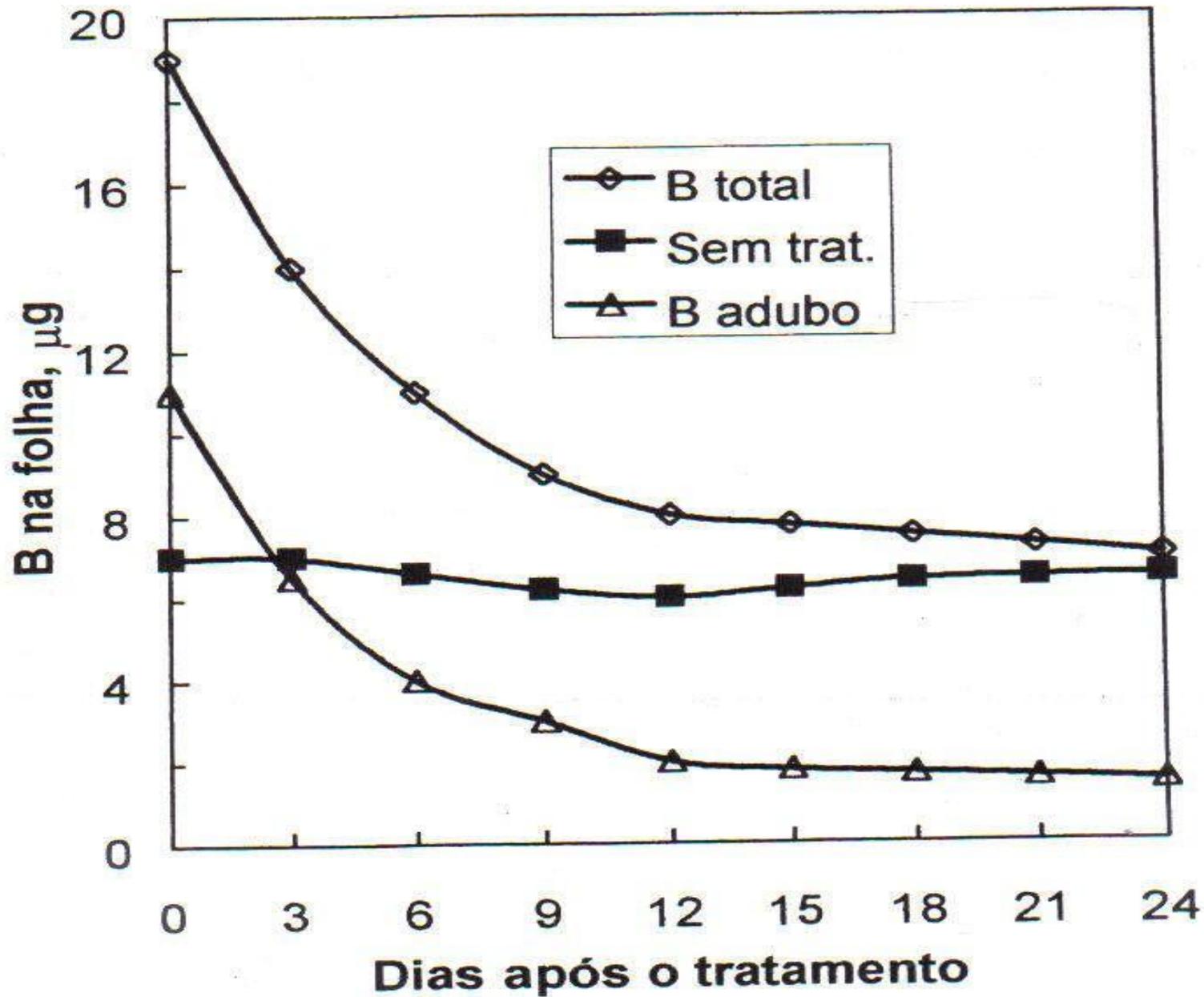


Figura 18: Translocação do boro em folhas de macieira.

# 5. FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO FOLIAR

## A) FATORES INTRINSECOS (planta):

### a) PERMEABILIDADE DA CUTÍCULA / FACE DA FOLHA

- varia: espessura, qtde e qualde da cera, n° estômatos, tricomas, umidade .....

Tabela 5 (Rosolem, p. 35)

Figuras 8 e 9 (Rosolem, 17 e 18)

**Tabela 5: Absorção de radiofósforo pelo cafeeiro novo em função do método de aplicação.**

<b>Parte tratada</b>		<b>Absorção relativa Raíz=100</b>	<b>Atividade absorvida % da fornecida</b>
Raízes		100	5,0
Folhas	Página superior	185	12,0
	Página inferior	646	42,6
	Ambas	313	20,5

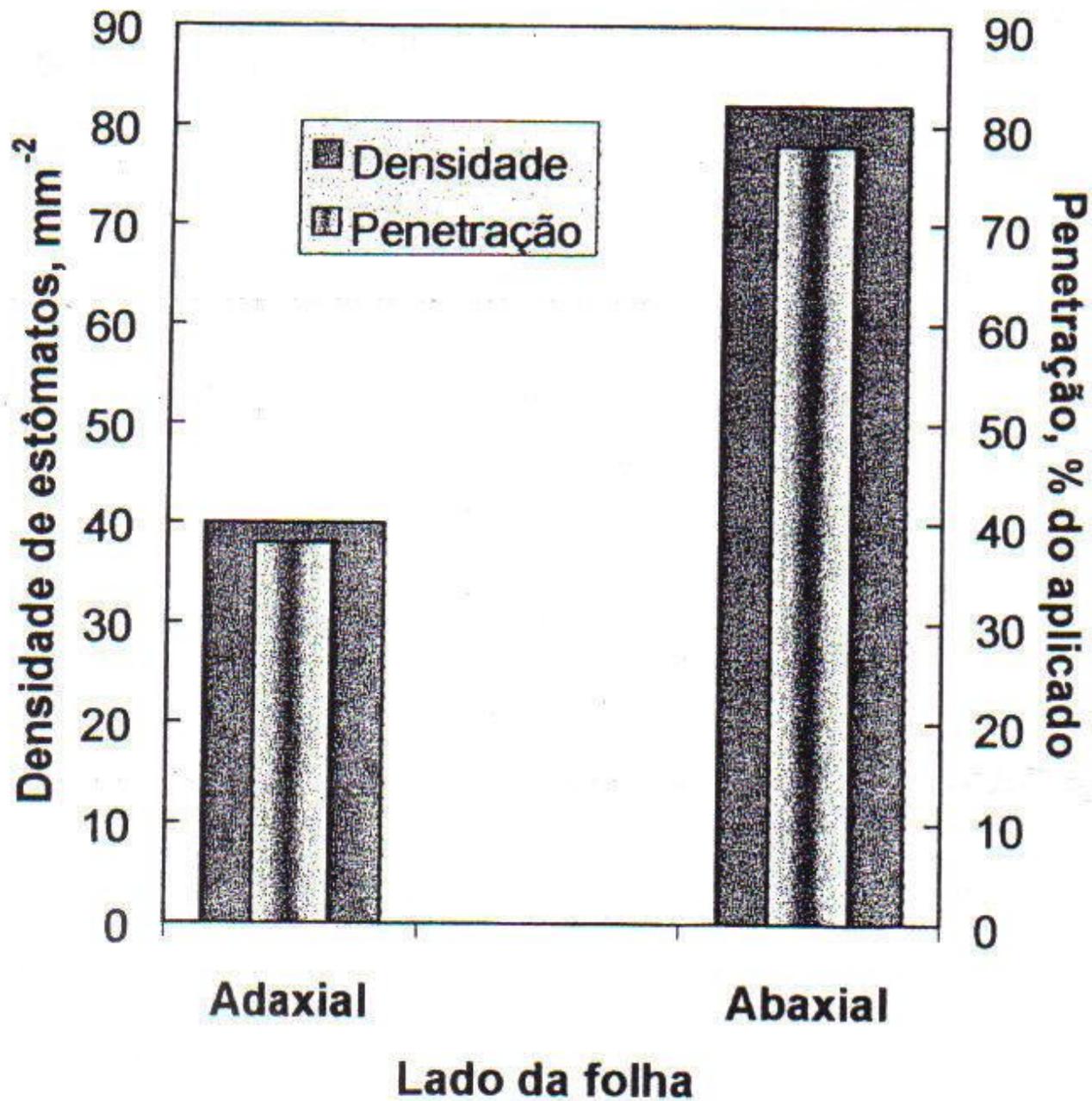


Figura 8: Efeito da densidade de estômatos na epiderme na absorção foliar.

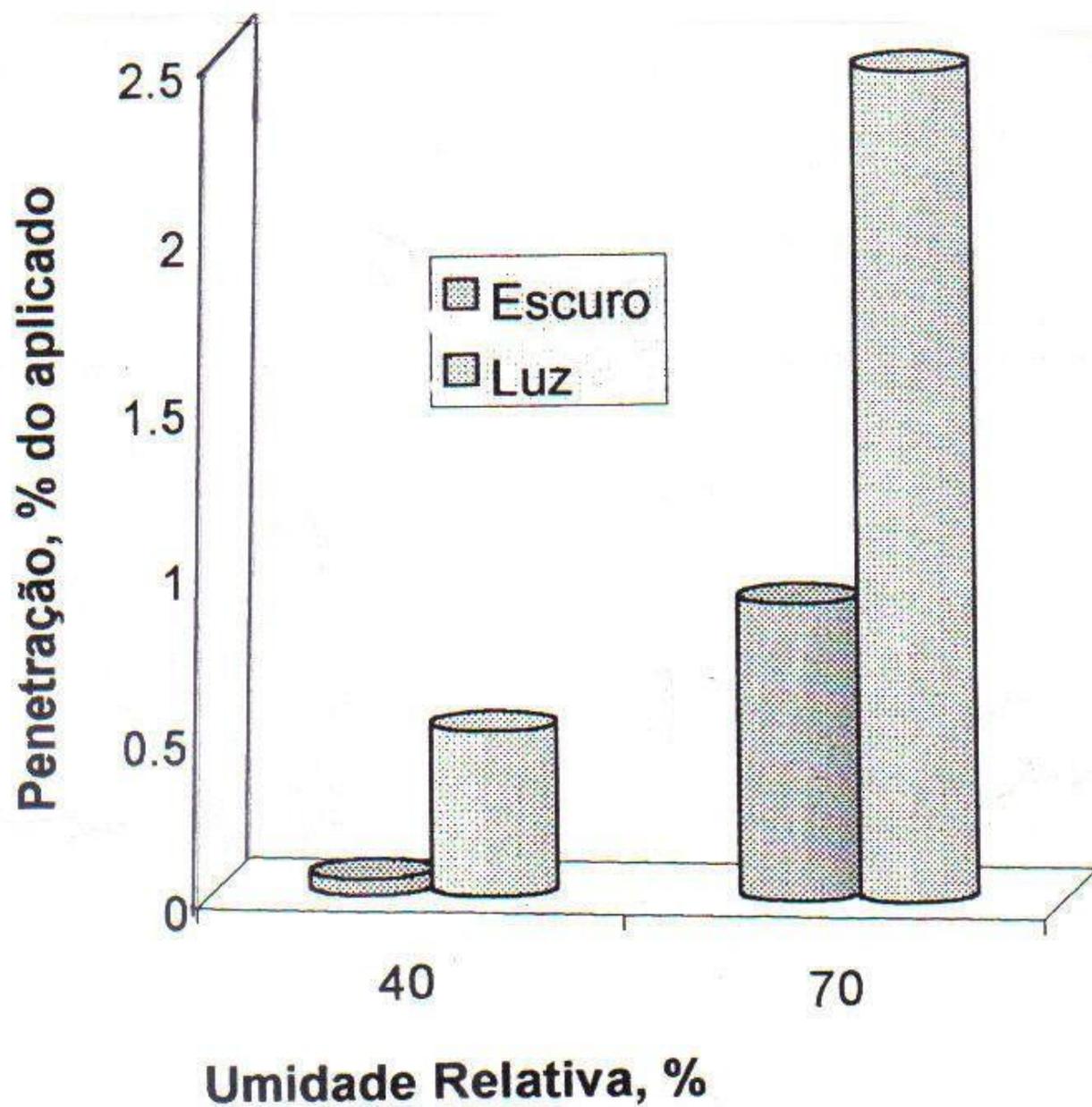


Figura 9: Efeito da quantidade de estômatos abertos e da umidade relativa do ar na absorção foliar. (Escuro – estômatos fechados).

## **b) IDADE DA FOLHA**

- **FOLHAS NOVAS → MAIOR ABSORÇÃO**
  - cutícula mais fina
  - maior atividade metabólica
  - menor estado iônico interno

## **c) ESTADO IÔNICO INTERNO**

- maior concentração, menor absorção

**Tabela 2.17 (Faquin, p. 61)**

**Figura 24 (Rosolem, p. 36)**

TABELA 2.16. Absorção foliar e translocação do  $^{32}\text{P}$  por plantas de cevada bem nutridas e deficientes no nutriente<sup>(1)</sup>

Parâmetro	Absorção e Translocação ( $\mu\text{mol P/g mat. seca} \cdot \text{h}$ )	
	Testemunha	Deficientes em P
Absorção pela folha tratada	5,29	9,92
Translocação da folha tratada	2,00	5,96
Translocação para a raiz	0,63	4,38

(1)  $^{32}\text{P}$  aplicado em folha madura. Duração do experimento 3 dias.

Fonte: Clarkson & Scattergood (1982), em MARSCHNER (1986)

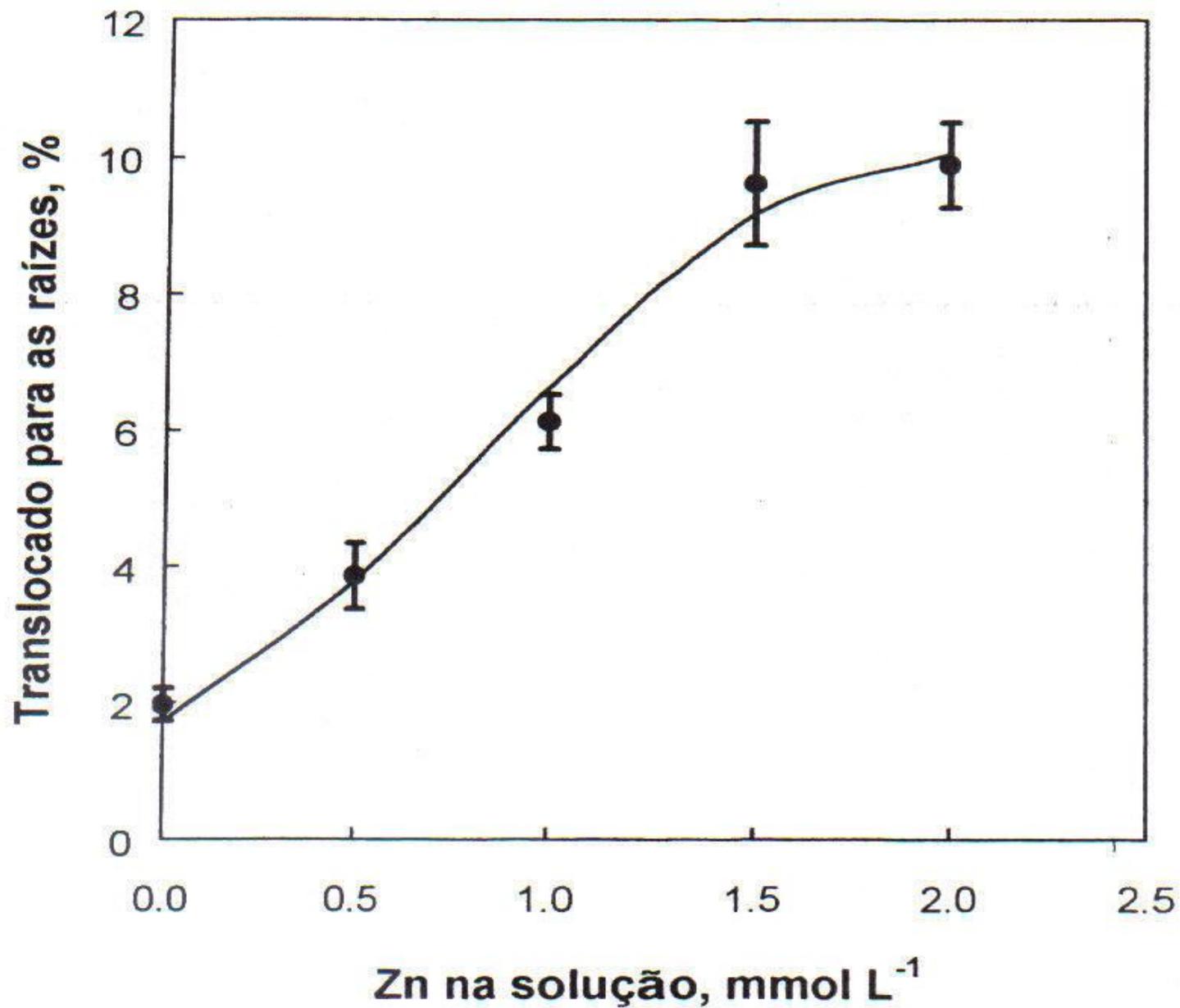


Figura 24: Proporção de Zn nas raízes de milho, oriundo do nutriente aplicado nas folhas, em função do estado nutricional da planta.

## **B) FATORES EXTERNOS (MEIO)**

### **a) MOLHAMENTO DA FOLHA (ângulo de contato)**

- 1ª CONDIÇÃO PARA ABSORÇÃO

- MOLHAMENTO DEPENDE

  - NATUREZA DA CUTÍCULA

  - TENSÃO SUPERFICIAL DA GOTA

**Figura 4 (Rena, p. 158)**

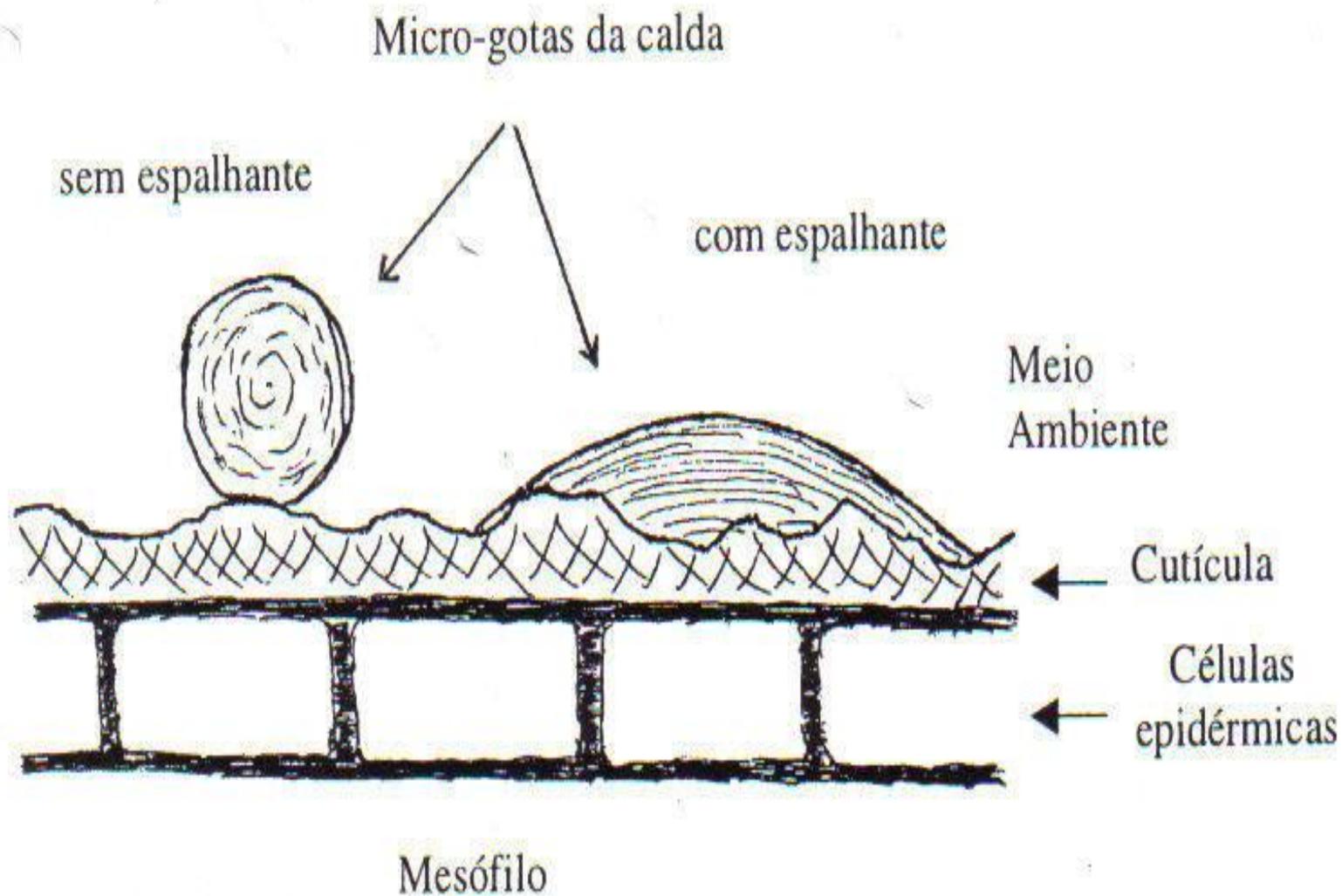
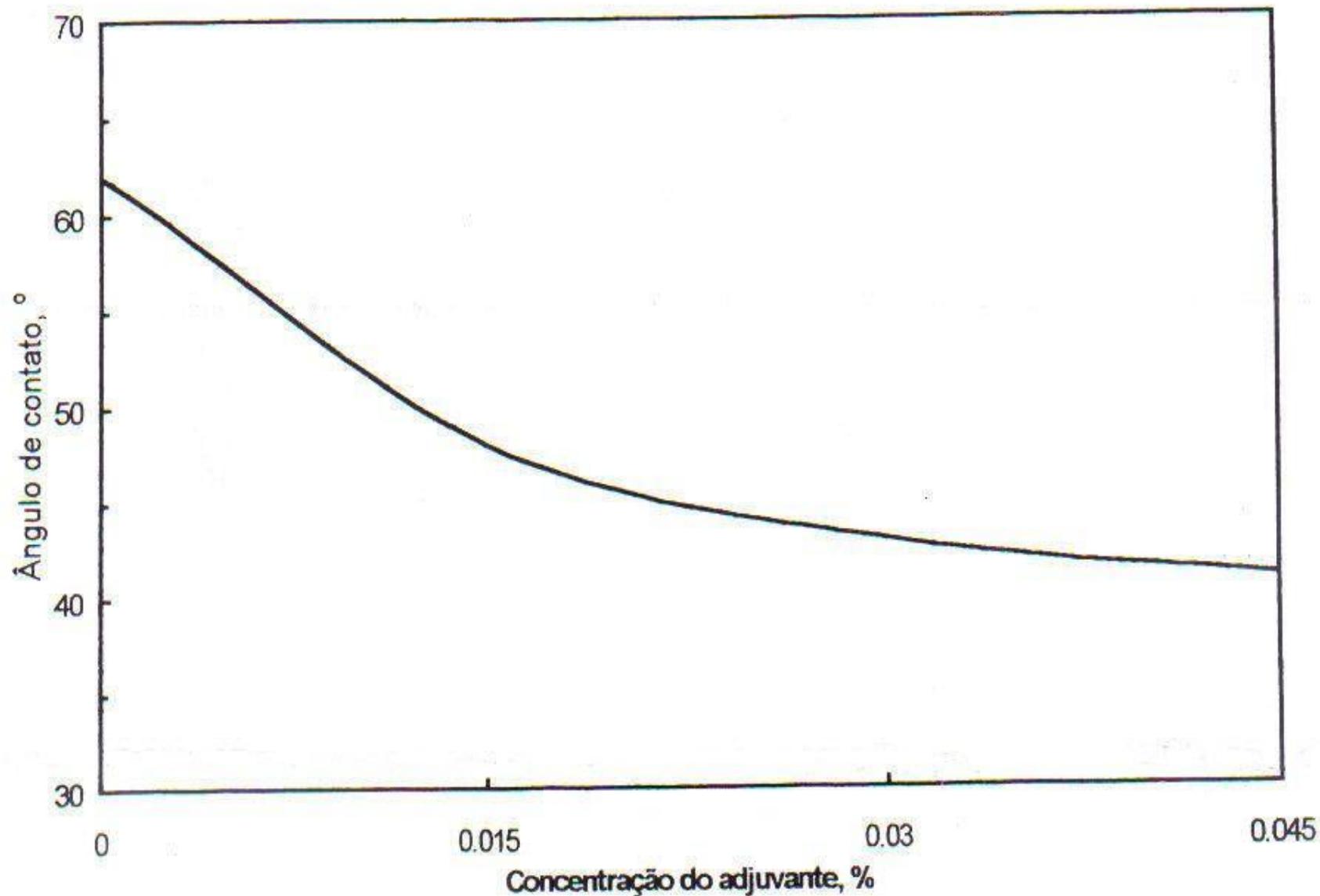


Figura 4 - Formato das micro-gotas pulverizadas sobre a folha do cafeeiro com e sem detergente.

# ADJUVANTES (ESPALHANTES ADESIVOS)

- **ADITIVOS QUÍMICOS = aumentam a absorção**
  - **ESPALHANTES:** < tensão superficial gota (detergentes)
  - **MOLHANTES:** adesão molecular água-cutícula
  - **ADESIVOS:** adesão + acentuada e < escorrimento
  - **HUMECTANTES:** dificulta evaporação

Figuras 33, 34, 35 e 37 (Rosolem, p. 58, 59 e 63)



**Figura 33: Ângulo de contato da gota com a epiderme de folhas de feijoeiro em função da concentração de adjuvante na solução.**

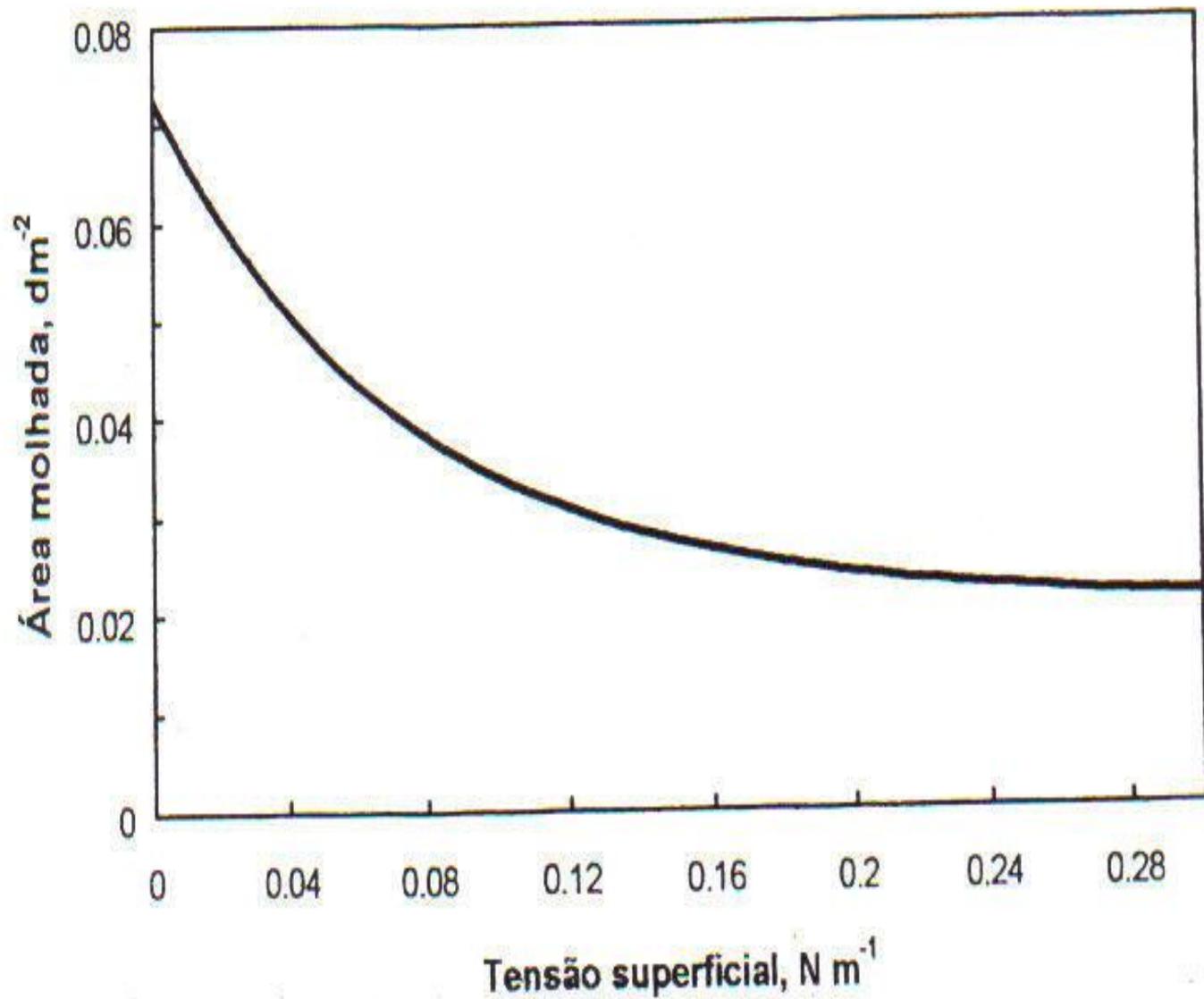


Figura 34: Área de folhas de feijoeiro molhada em função da tensão superficial da solução de uréia.

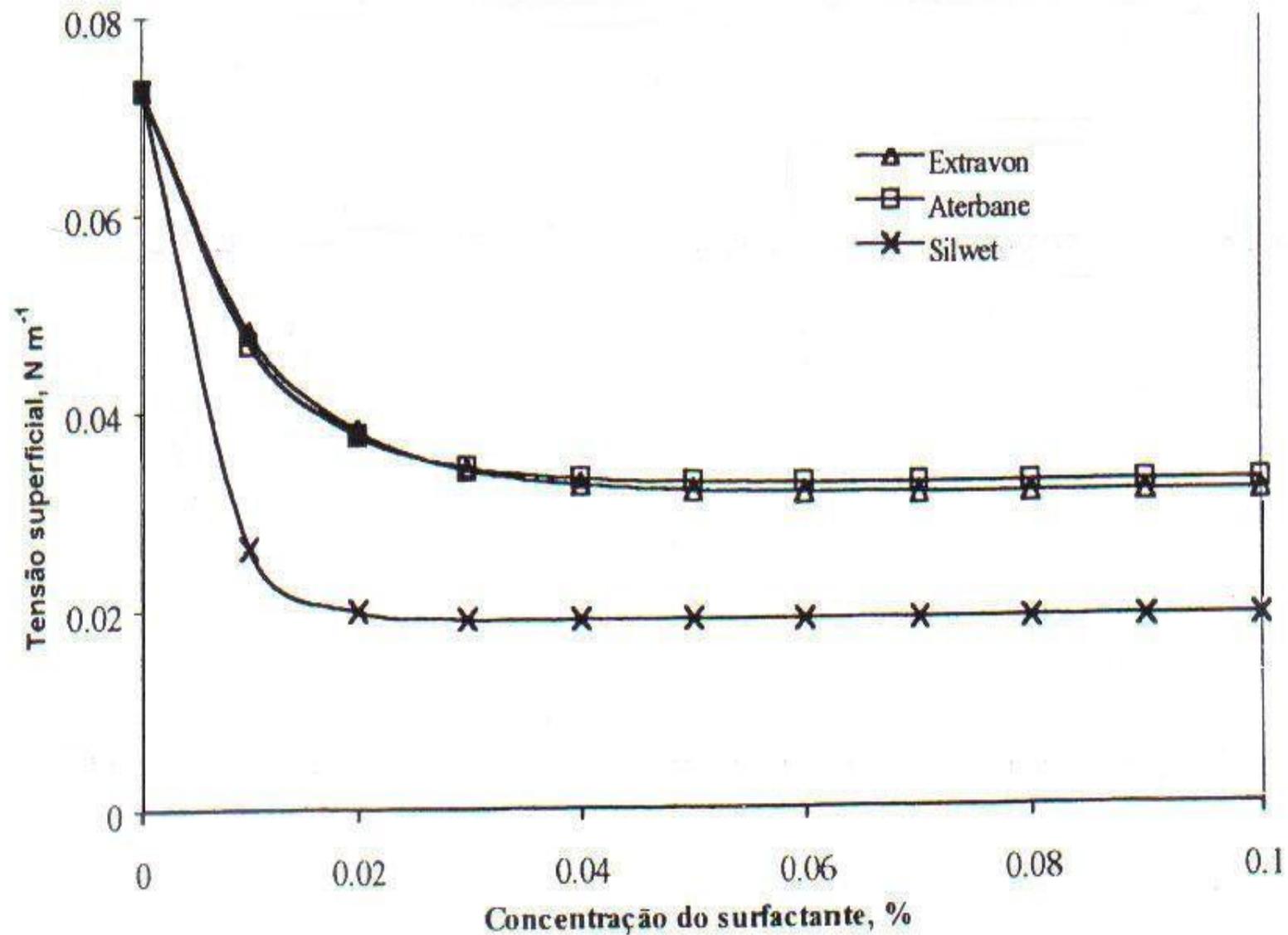


Figura 35: Tensão superficial da solução em função do tipo e concentração do surfactante.

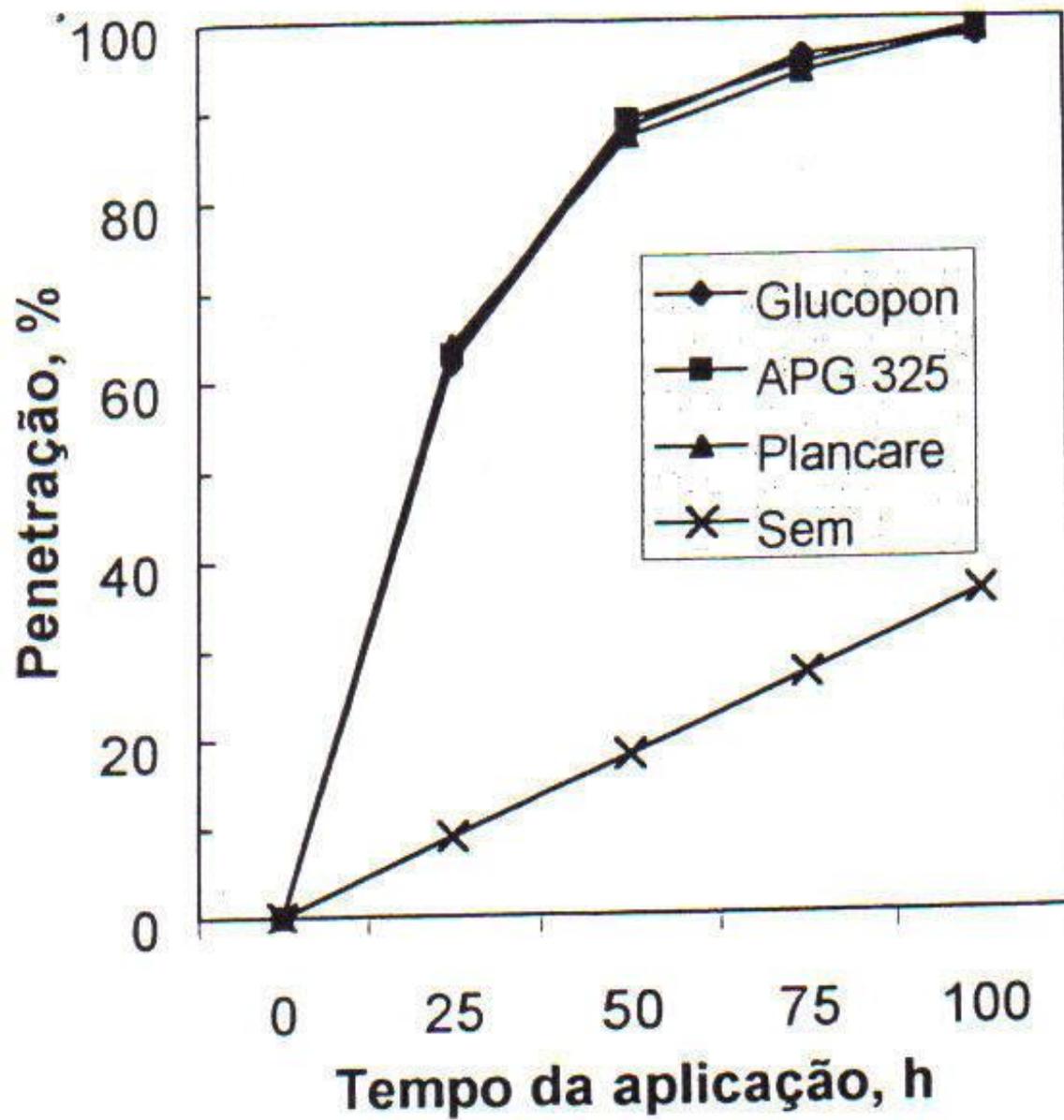


Figura 37: Efeito de agentes molhantes na penetração cuticular de  $\text{CaCl}_2$ .

## **b) TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA**

- **TEMPERATURA ELEVADA + UMIDADE BAIXA**

**→ secamento gota e fechamento estômatos**

**Figuras 9, 40, 41 e 42 (Rosolem, p. 18, 66, 67 e 68)**

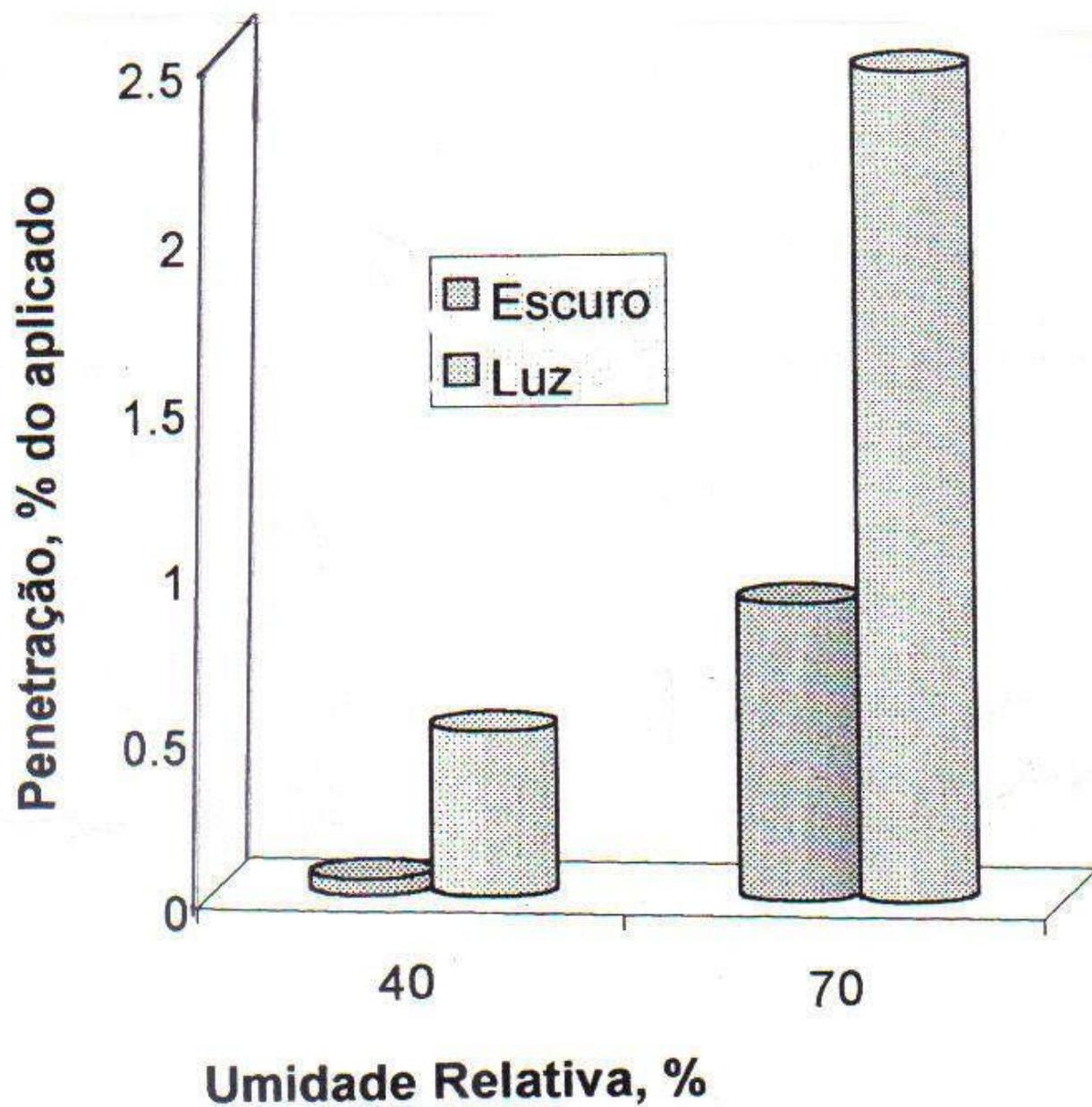


Figura 9: Efeito da quantidade de estômatos abertos e da umidade relativa do ar na absorção foliar. (Escuro – estômatos fechados).

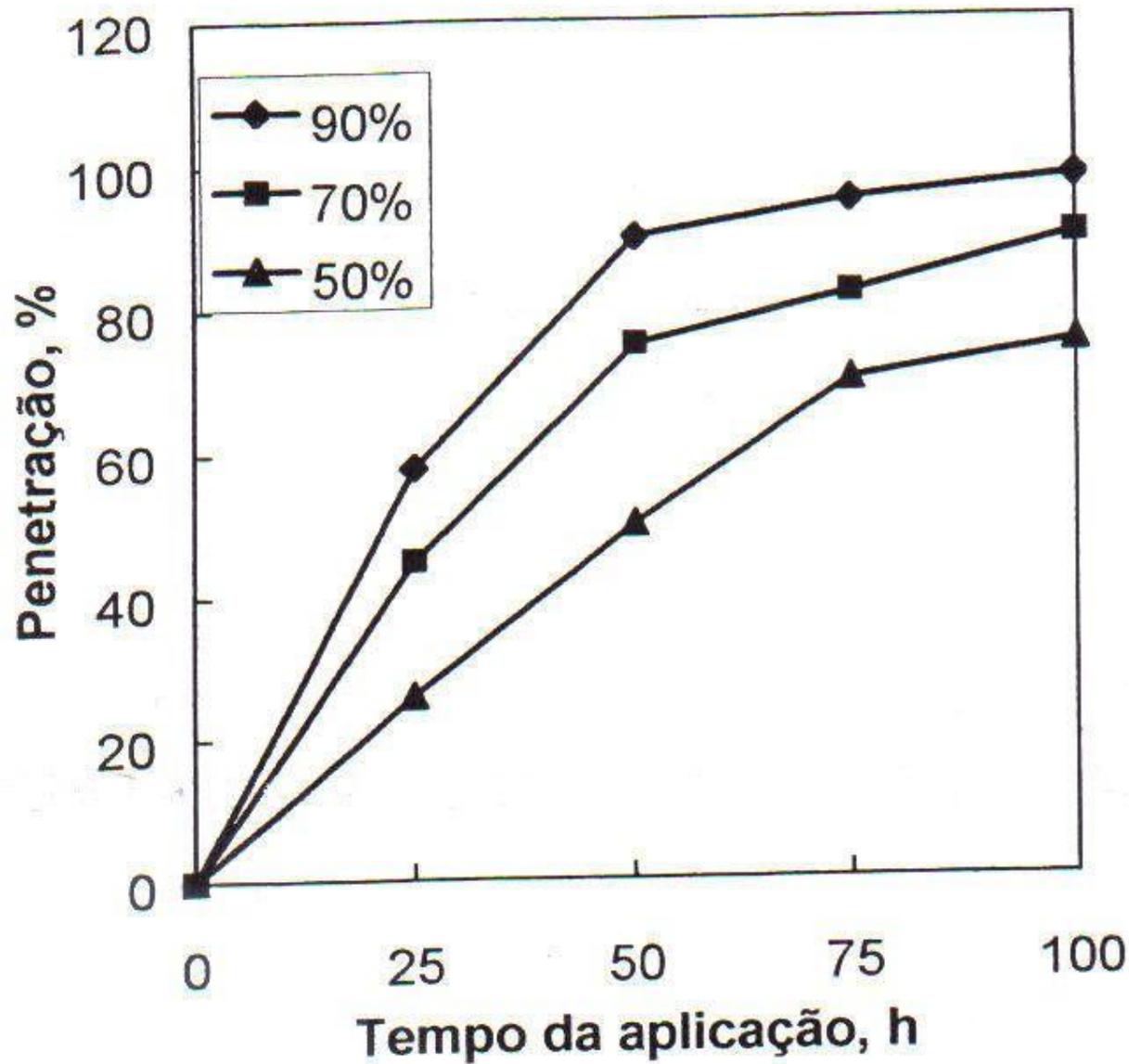


Figura 40: Efeito da umidade relativa do ar na penetração cuticular de CaCl<sub>2</sub> mais surfactante em frutos de macieira.

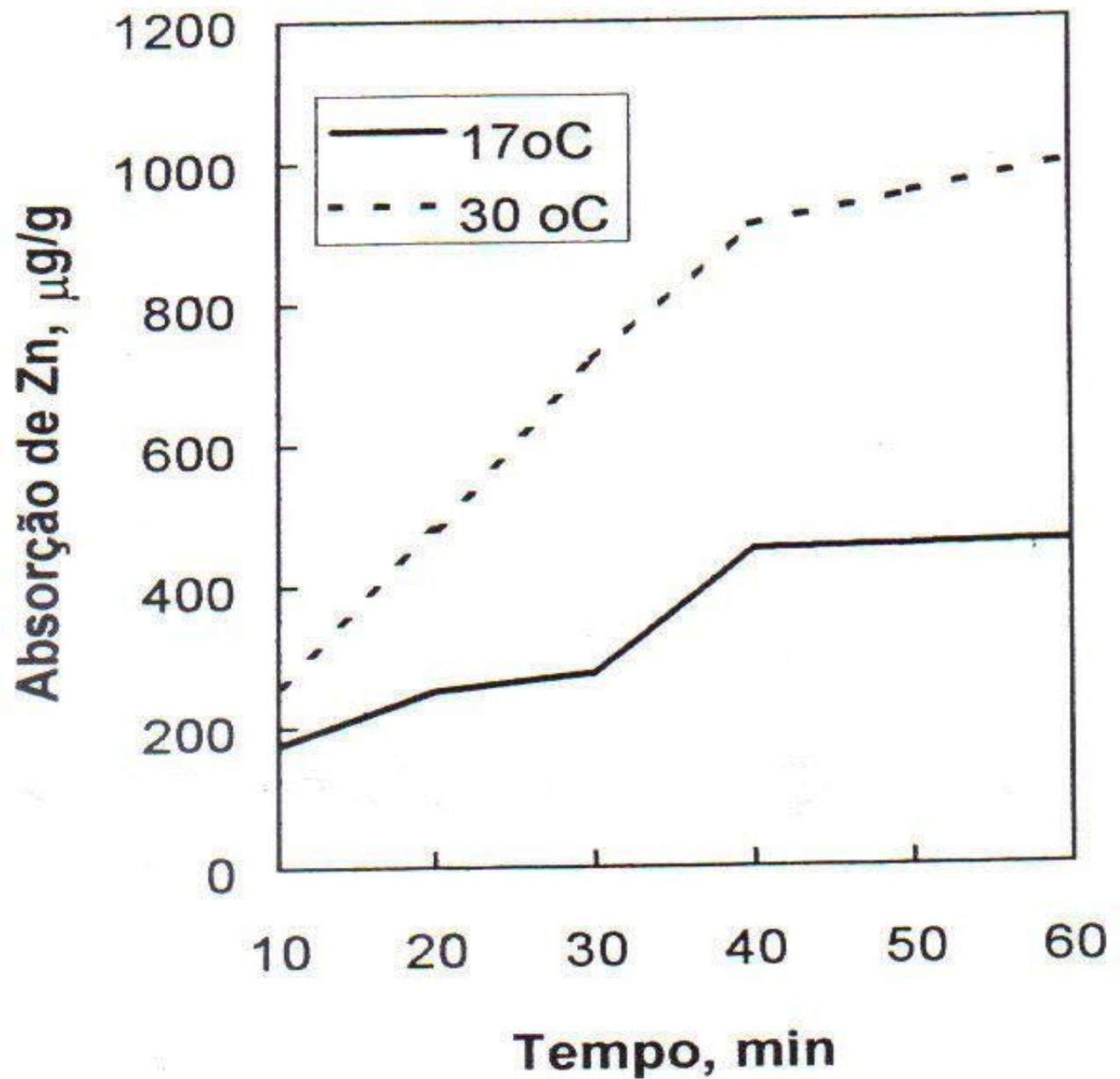


Figura 41: Absorção de zinco pelo cafeeiro em função da temperatura.

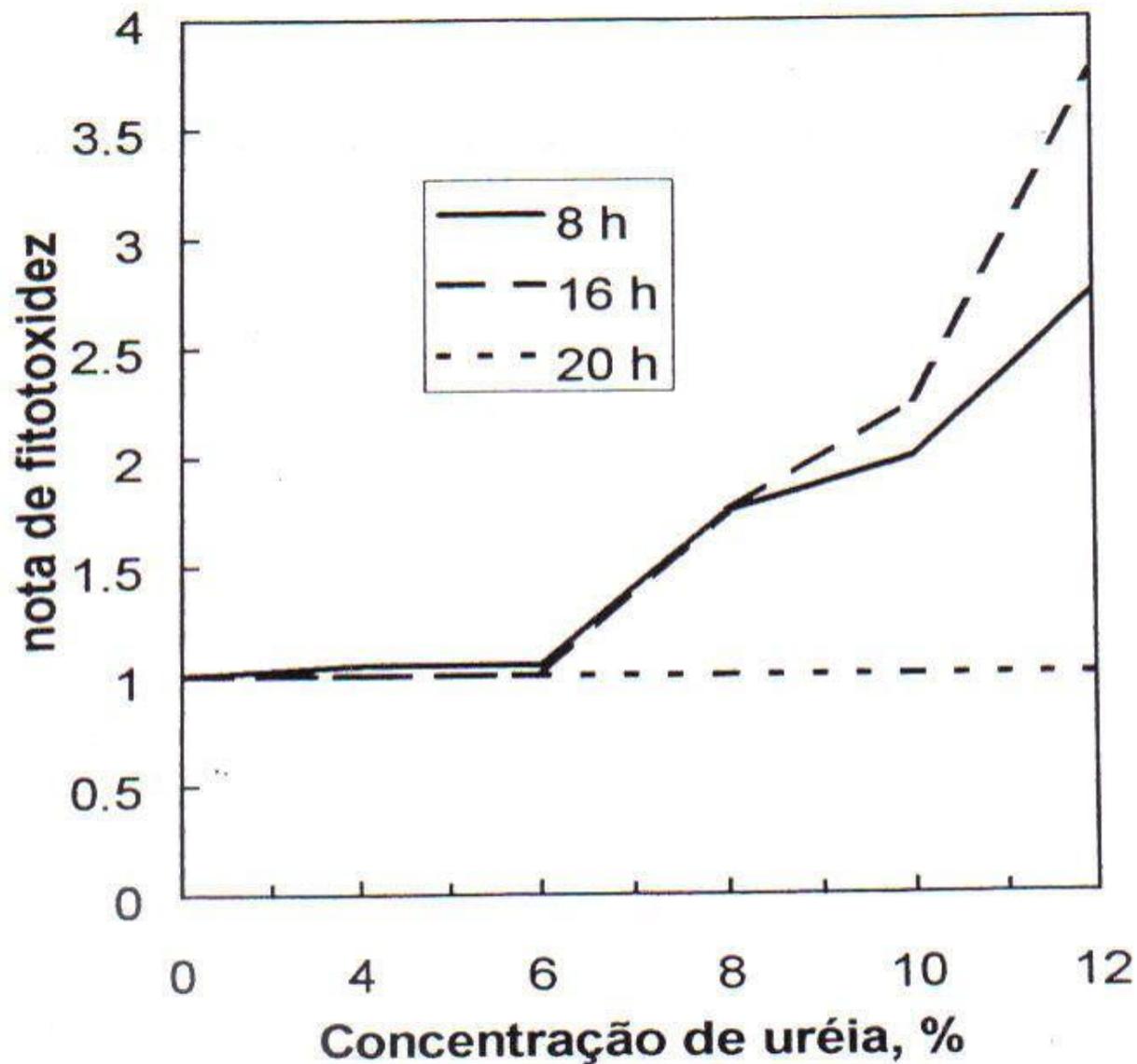


Figura 42: Fitotoxidez causada pela uréia aplicada a folhas de feijoeiro em função da hora de aplicação e da concentração de uréia. (1 – sem sintomas; 5 – sintomas muito severos).

## **c) LUZ**

- **ABERTURA DE ESTÔMATOS**
- **FOTOSSÍNTESE (ATP)**

**Tabela 2.16 e Figura 2.26 (Faquin, p. 60 e 59)**

**TABELA 2.15.** Efeitos da luz e do inibidor 2,4-DNP sobre a absorção de potássio por segmentos de folha de milho

Tratamento	Absorção de K ( $\mu\text{mol/g} \cdot \text{h}$ )		% Inibição
	Luz	Escuro	
Testemunha	3,7	2,3	38
2,4-DNP ( $10^{-5}\text{M}$ )	2,0	0,2	90
% inibição	46	91	

Fonte: Rains (1968), em MARSCHNER (1986)

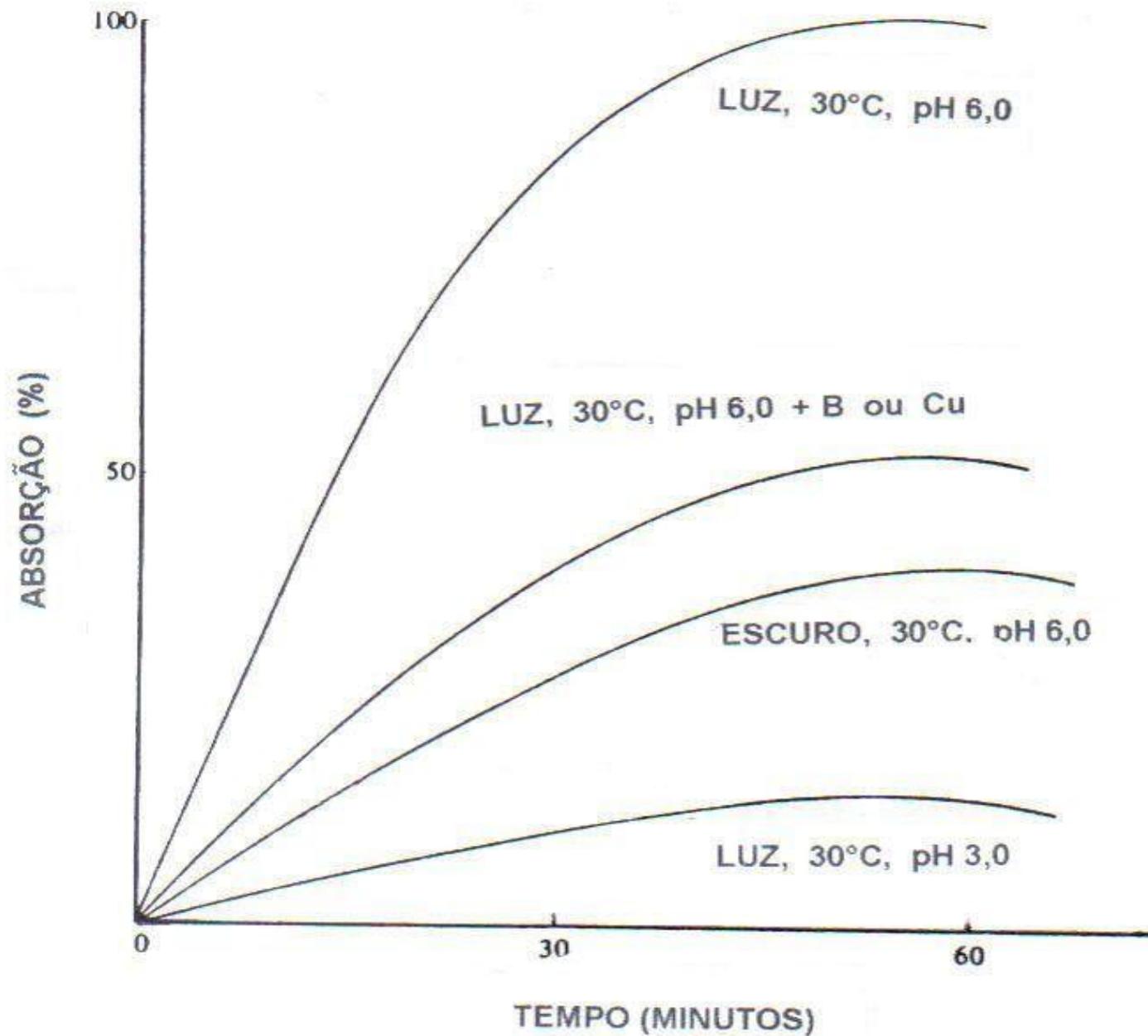


FIGURA 2.26. Efeito de diferentes fatores na absorção foliar de Zn pelo café (BLANCO, 1970. ESALQ-USP, Piracicaba, Tese Doutorado)

## d) pH DA SOLUÇÃO (polêmico)

- **IDEAL: VARIA ENTRE NUTRIENTES**
- **SOLUÇÕES: MULTINUTRIENTES**
  - Ex: - B e Zn => pH 6 – 7
  - N (uréia), P, K, e Ca => pH 4 - 5

**Recomendação: usar pH de 5 – 6**

**Figuras 2.26 (Faquin, p.59) e 32 (Rosolem, p.56)**

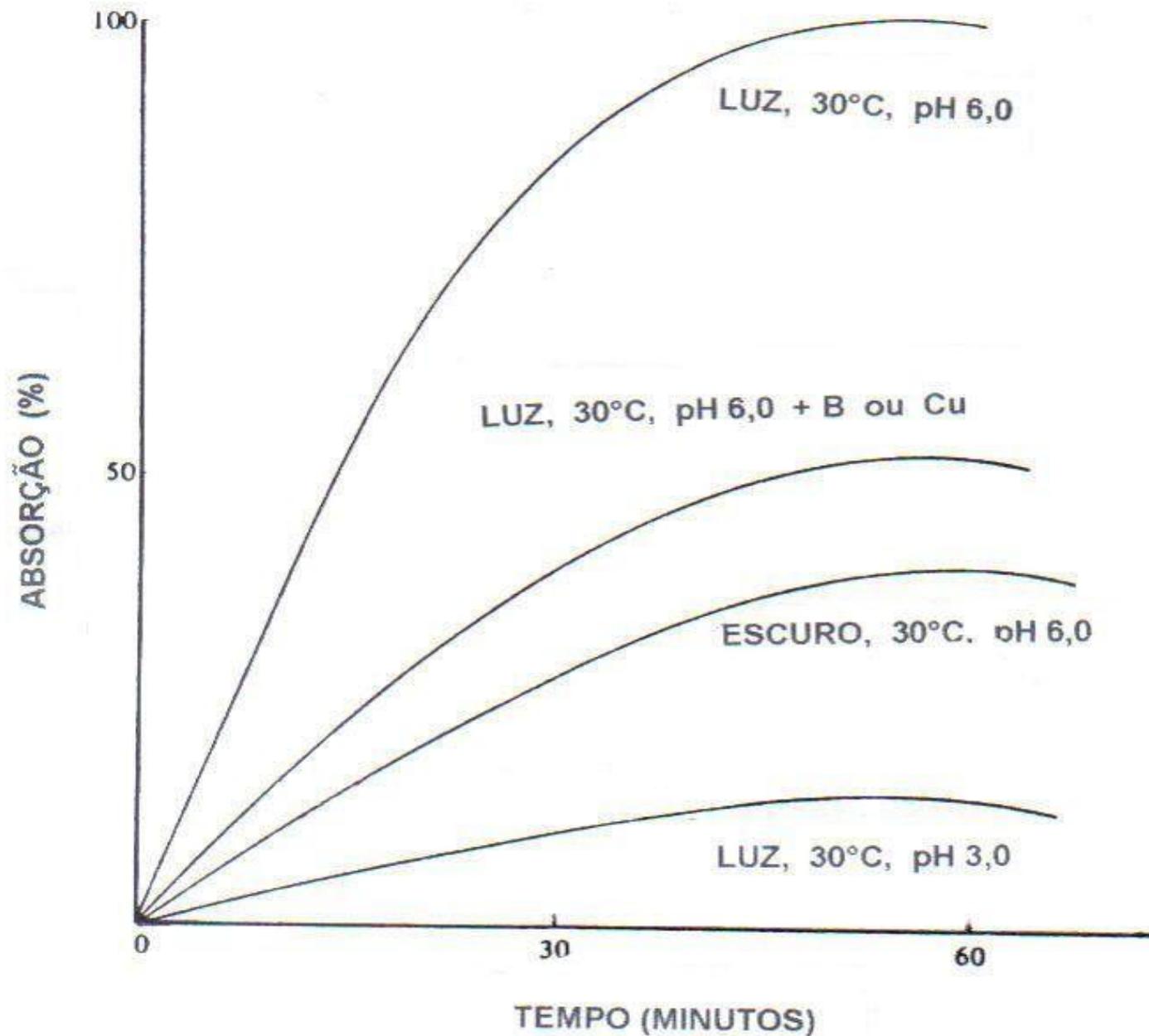


FIGURA 2.26. Efeito de diferentes fatores na absorção foliar de Zn pelo café (BLANCO, 1970. ESALQ-USP, Piracicaba, Tese Doutorado)

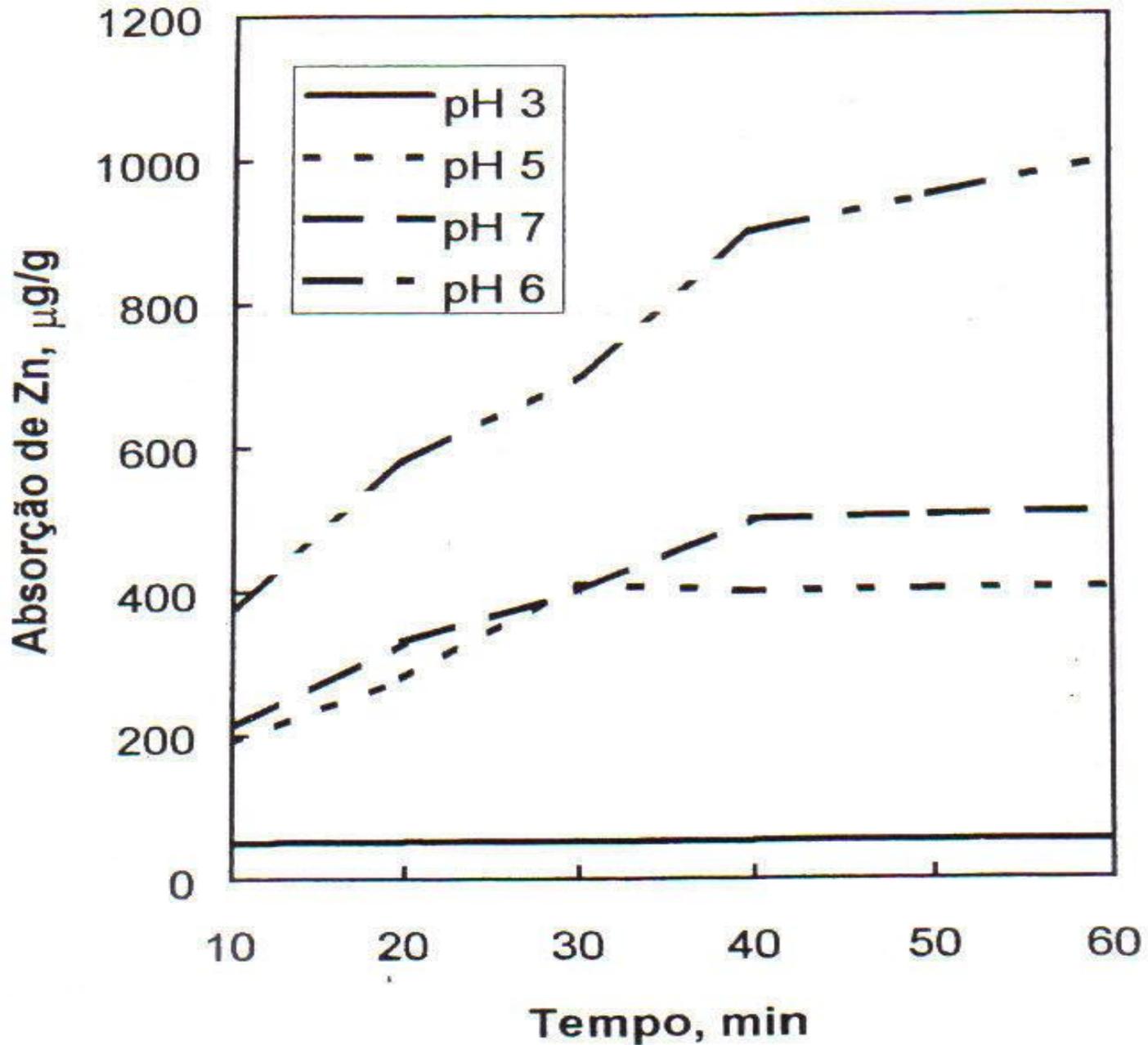


Figura 32: Efeito do pH da solução na absorção de zinco pelo cafeeiro.

## **e) FONTE DOS NUTRIENTES**

- **INFLUÊNCIA DO ÍON ACOMPANHANTE**

**Tabela 2.15 (Faquin, p. 60)**

**Figuras 26 e 28 (Rosolem, p. 43 e 48)**

**Tabelas 12, 13, 17 e 16 (Rosolem, p. 45 e 50)**

**TABELA 2.15. Efeito da fonte sobre a absorção de zinco por folhas de cafeeiro**

<b>Fonte</b>	<b>ppm Zn nas folhas</b>
<b>Testemunha</b>	<b>13</b>
<b>Sulfato de zinco</b>	<b>28</b>
<b>Cloreto de zinco</b>	<b>56</b>
<b>Nitrato de zinco</b>	<b>43</b>
<b>Quelato - Zn (EDTA)</b>	<b>24</b>
<b>Sulfato de zinco + KCl</b>	<b>39</b>

**Dose - 0,325 g Zn/pl por aplicação; folhas analisadas 60 dias após a 2ª aplicação**

**Fonte: GARCIA & SALGADO (1981)**

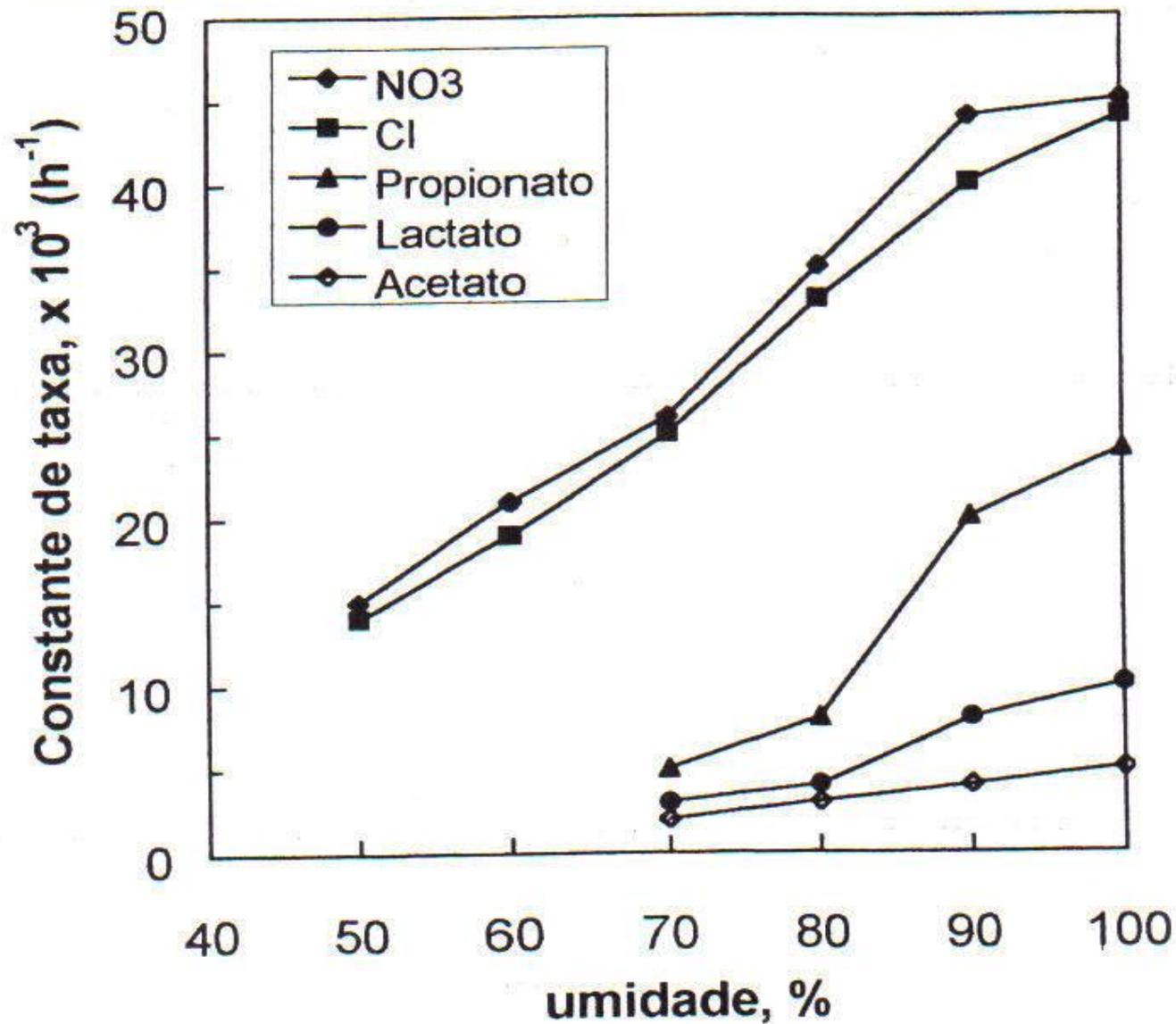


Figura 26: Penetração comparada de Ca, formulado em diferentes substâncias, em cutículas sem estômatos isoladas de rutos de maçã. Foi adicionado um agente molhantes à solução.

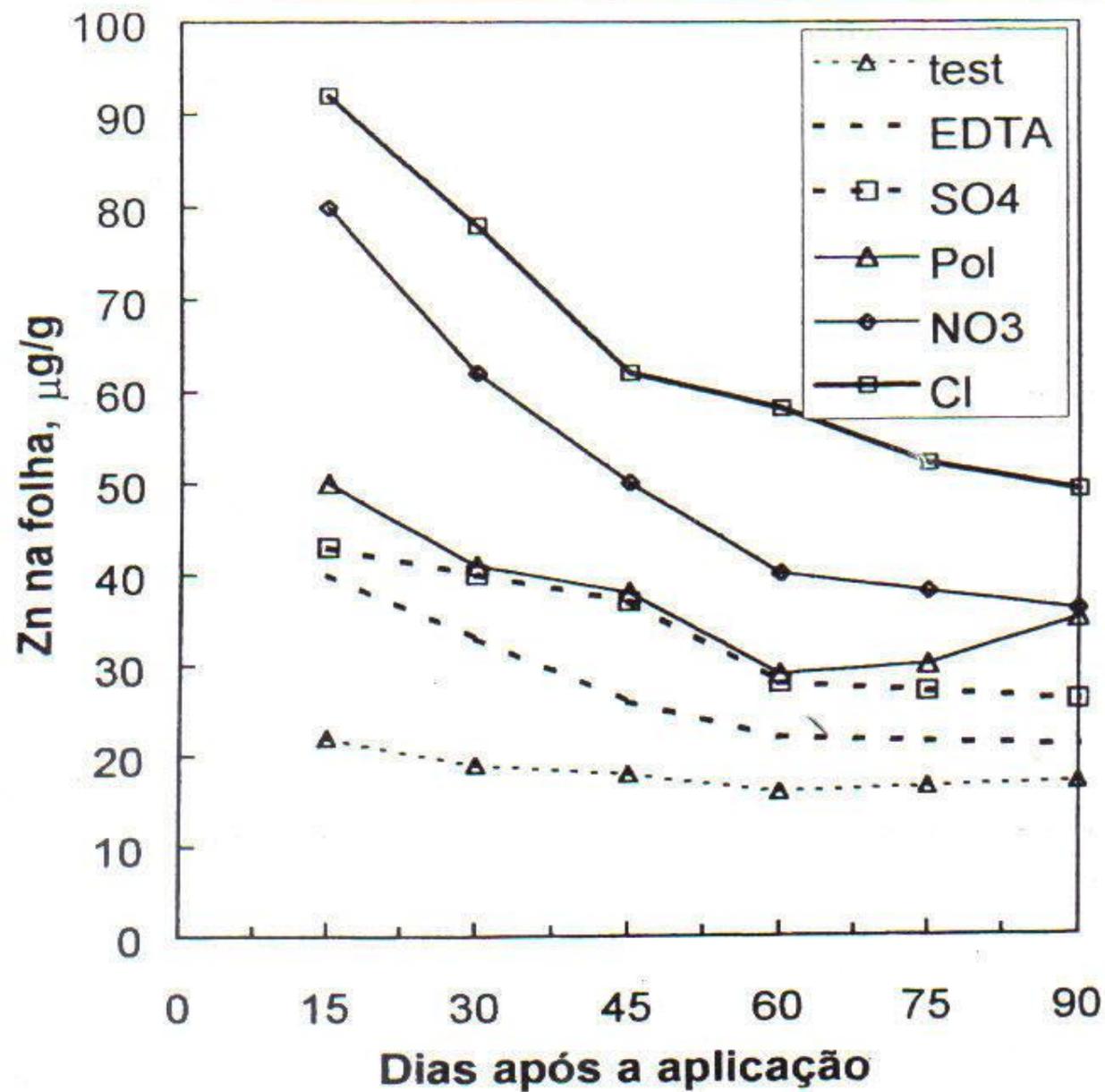


Figura 28: Efeito de zinco na absorção foliar do nutriente pelo cafeeiro (Pol-Polihexise vegetal).

**Tabela 12: 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

**Tabela 13: Efeito de agentes quelatizantes na absorção e translocação do manganês.**

Forma aplicada	Absorvido	Translocado	
	% do aplicado	% do absorvido	% do aplicado
Sulfato	20,8 b	1,5 c	0,31
EDTA	26,9a	7,9 <sup>a</sup>	2,12
EDDHA	24,6a	1,8 b	0,44
DTPA	34,1a	1,6 <sup>a</sup>	0,55

**Tabela 17: Influência de agentes quelatizantes na absorção foliar e translocação de zinco.**

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

Tabela 16: Lavagem de Fe, Mn e Zn de folhas tratadas com os nutrientes na forma de  $\text{SO}_4$  ou EDTA.

Nutriente	EDTA	$\text{SO}_4^-$
	----- % do aplicado -----	
Ferro	56	8
Manganês	87	1
Zinco	49	25

## f) COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO

→ URÉIA: CUIDADO



Figuras 30 e 42 (Rosolem, p. 52 68)

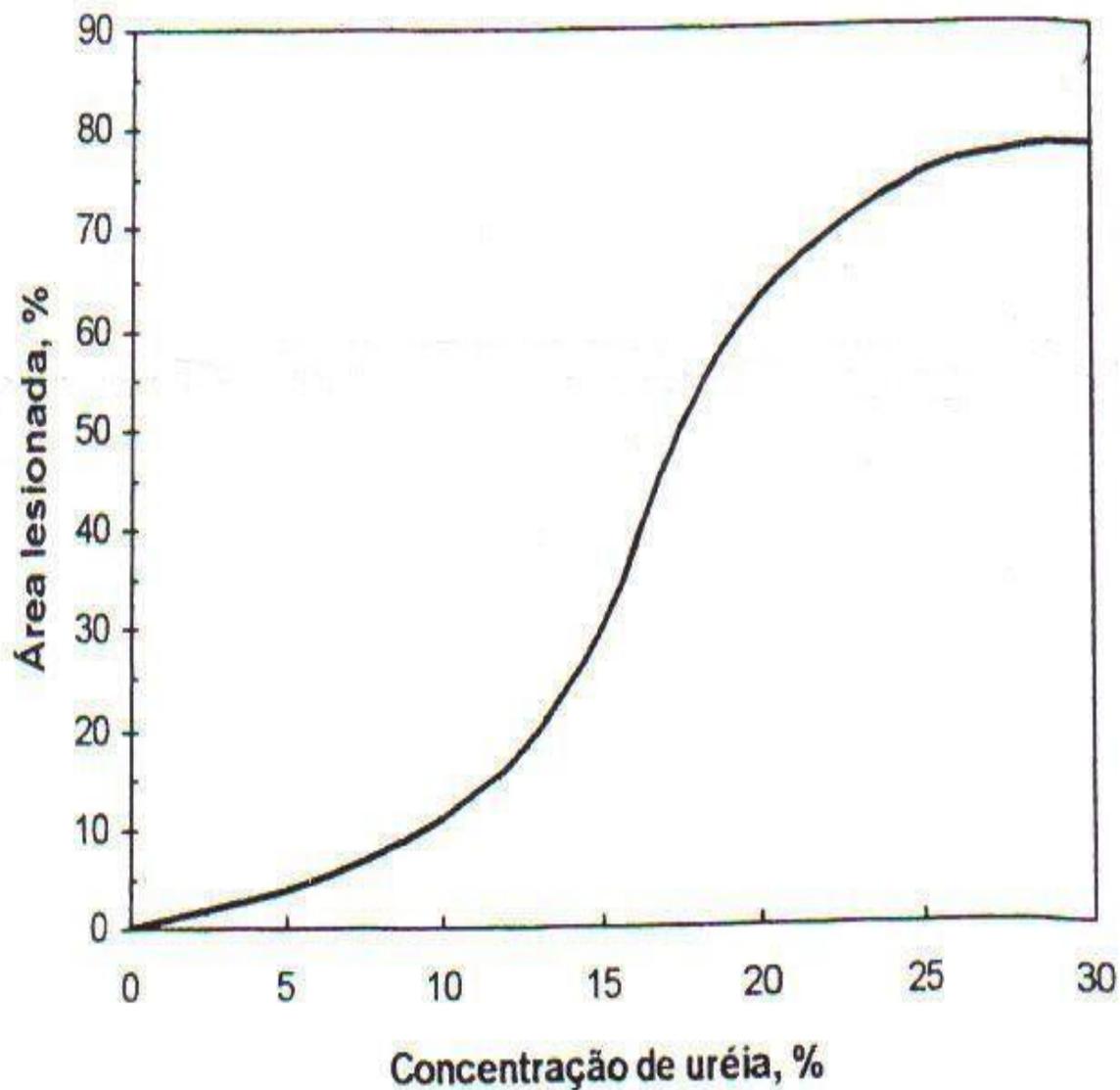


Figura 30: Área lesionada de folhas de feijoeiro que receberam soluções de uréia em diversas concentrações.

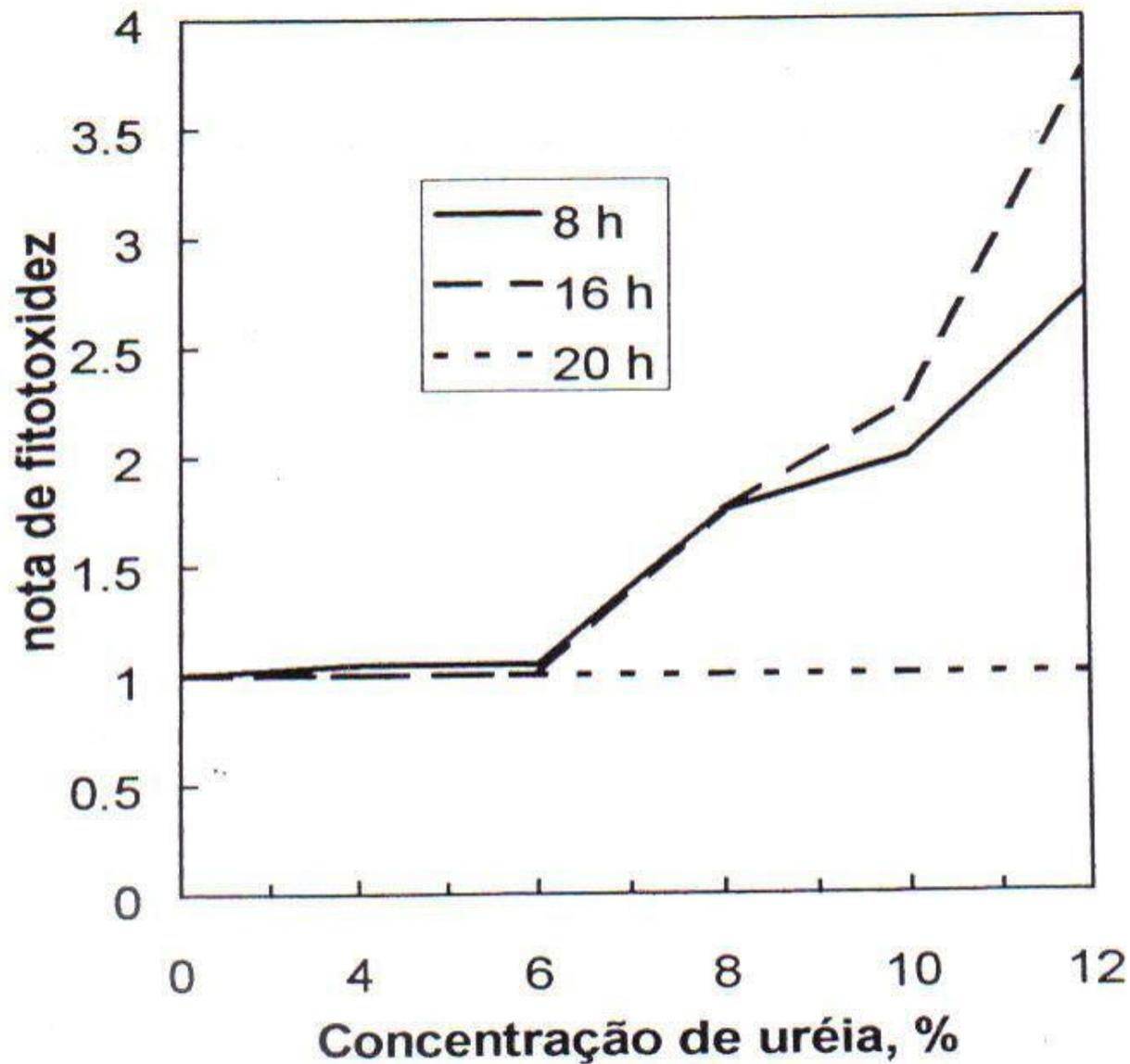


Figura 42: Fitotoxidez causada pela uréia aplicada a folhas de feijoeiro em função da hora de aplicação e da concentração de uréia. (1 – sem sintomas; 5 – sintomas muito severos).

# → COMPATIBILIDADE

⇒ fertilizante x fertilizante

⇒ fertilizante x defensivo

Ex: Ca x P e  $\text{SO}_4^{2-}$  (precipitação)

## → INTERAÇÃO IÔNICA

## → INIBIÇÃO (antagonismo)

Figura 2.26 (Faquin, p.59)

## → SINERGISMO

Tabela 2.15 (Faquin, p. 60)

Tabela 19 (Rena, p. 185)

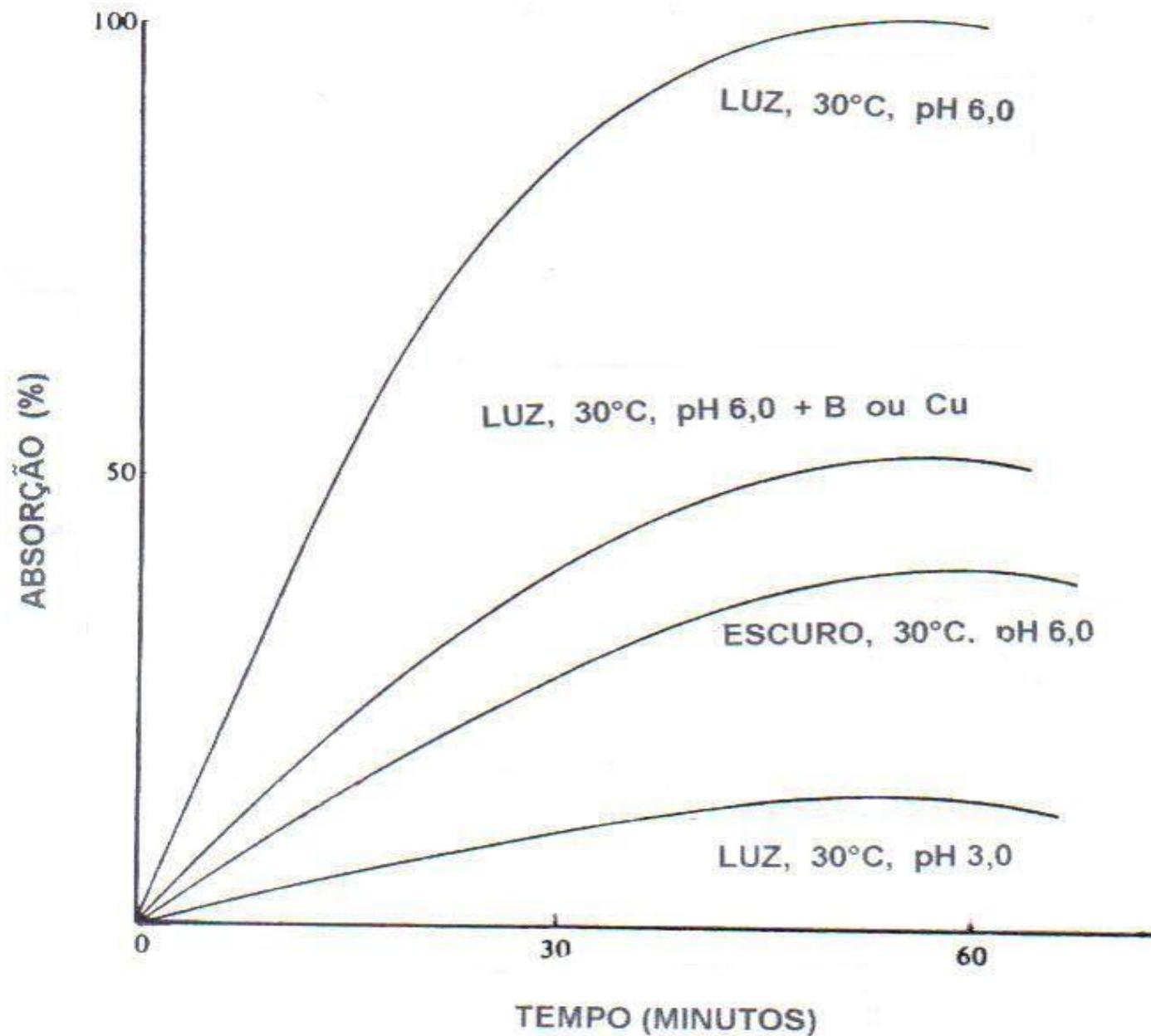


FIGURA 2.26. Efeito de diferentes fatores na absorção foliar de Zn pelo café (BLANCO, 1970. ESALQ-USP, Piracicaba, Tese Doutorado)

TABELA 2.15. Efeito da fonte sobre a absorção de zinco por folhas de cafeeiro

Fonte	ppm Zn nas folhas
Testemunha	13
Sulfato de zinco	28
Cloreto de zinco	56
Nitrato de zinco	43
Quelato - Zn (EDTA)	24
Sulfato de zinco + KCl	39

Dose - 0,325 g Zn/pl por aplicação; folhas analisadas 60 dias após a 2ª aplicação  
Fonte: GARCIA & SALGADO (1981)

Quadro 19 - Teor de zinco em folhas do terceiro par à época da primeira pulverização (agosto) após 3, 30 e 60 dias da aplicação de diferentes combinações de sulfato de zinco, cloreto de potássio e uréia na solução de pulverização, em experimento de campo

TRATAMENTO			TEMPO (dias)		
ZnSO <sub>4</sub>	KCl	URÉIA	3	30	60
%			ppm		
0	0	0	7,1	8,1	7,7
0,6	0	0	45,3	50,4	51,2
0,6	0	1,0	53,2	52,7	51,2
0,6	0,6	0	90,1	89,5	91,6
0,6	0,6	1,0	91,9	92,8	88,8

# CONSENSO DA ADUBAÇÃO FOLIAR

## → MACRONUTRIENTES

### - culturas extensivas:

- grande exigência

- grande n° de aplicações

⇒ ADUBAÇÃO DEVE SER RADICULAR

# QUANDO FOLIAR PARA MACROS?

→ CORREÇÃO DEFICIÊNCIAS EVENTUAIS

→ APROVEITAMENTO DE OPERAÇÕES  
(SUPLEMENTAR)

# **CULTURAS ALTO RENDIMENTO / CICLO CURTO (macronutrientes)**

**Ex: Floricultura:**

- menor exigência
- pequeno nº de aplicações

**Nesse caso: foliar substitutiva da  
radicular**

# MICRONUTRIENTES

- **pequenas exigências**
- **pequeno n° de aplicações**

**→ PERENES: foliar substitutiva**  
**(aproveitamento de operações)**

**- ANUAIS (depende da praticidade)**

**- altura da planta**

**- aproveitamento de operações**

**Ex: - Mo – feijão**

**- Mn – soja**

**- B - algodão**

→ B e Ca??

→ **IMÓVEIS NO FLOEMA:**

- aplicações frequentes

→ **IMÓVEIS NA PLANTA:**

- suprimento constante

→ **ADUBAÇÃO RADICULAR**

# QUANDO B e Ca FOLIAR??

→ CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS EVENTUAIS

→ APROVEITAMENTO DE OPERAÇÕES

→ PREVENTIVO: Ca em Tomate, maçã.....

**GRATO**

**“DEUS OS ABENÇÕE”**

**PROF. FAQUIN**