



Diagnose Foliar na Cultura dos Citros

III Simpósio brasileiro sobre nutrição de plantas aplicada em sistemas de alta produtividade

12 de abril de 2012

Dirceu Mattos Jr.



Centro de Citricultura Sylvio Moreira
INSTITUTO AGRONÔMICO



1928-2012



Roteiro...

- Estado nutricional
- Formação da produção
- Estudos pioneiros
- Avaliação do estado nutricional: análises químicas e bioquímicas
- Interpretação da diagnose foliar: faixas, DRIS, CND, sintomas visuais
- Absorção diferenciada de cátions e ânions
- Diagnóstico visual: desordens nutricionais
- Bases para recomendação do manejo nutricional dos citros



Avaliação do estado nutricional dos citros

conceito, relações e consequência

Nutrição mineral

- *nutrientes*: substâncias químicas necessária ao metabolismo e formação da produção

Relações

- teor nutriente disponível no solo x teor foliar
- teor foliar x produção

Consequência

- atributos do solo e da planta



Formação da produção: estudo pioneiro

Efeito da adubação nitrogenada no crescimento, retenção foliar e concentração de N nas folhas de pomelo

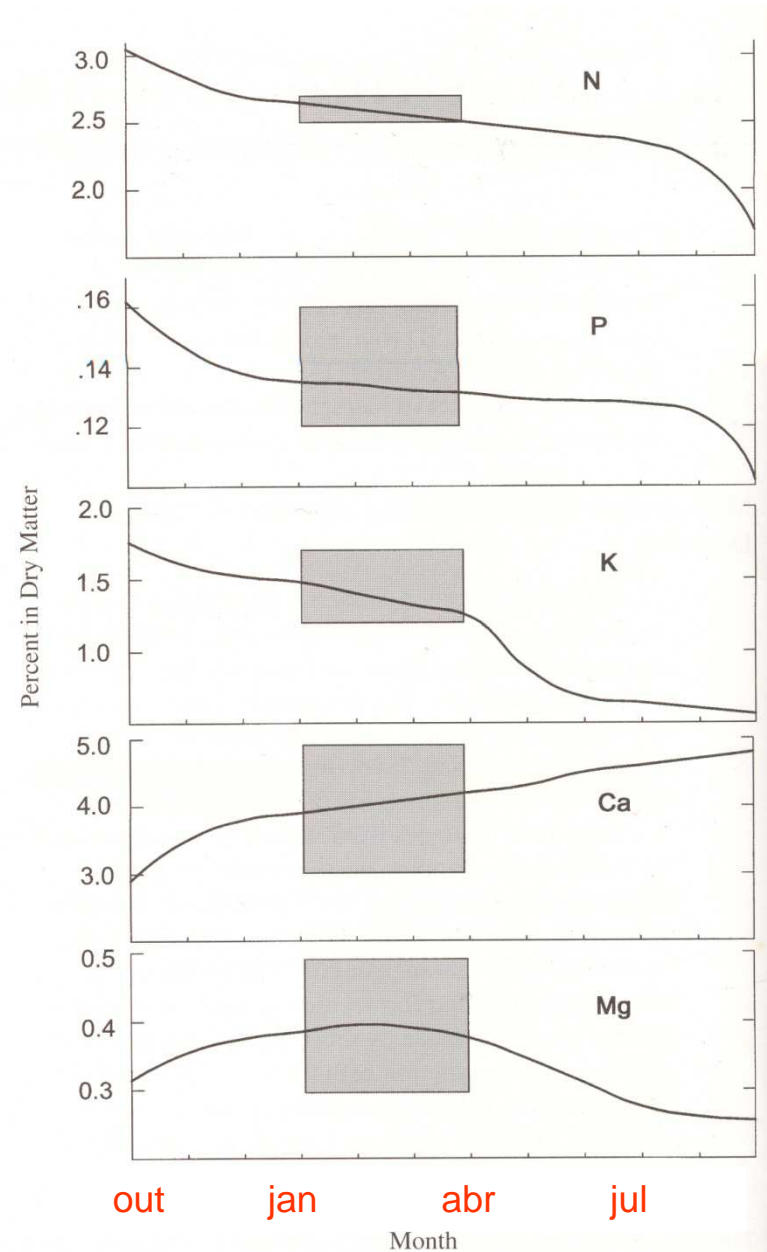


Dose N	altura	ramos novos		folhas novas		total de	teor N
		prim.	verão	prim.	verão	folhas	
kg/pl	m	nº./m ²		nº./ramo		nº./ramo	g/kg
0,45	5,3	79	18	7,2	9,9	10	22,6
0,65	5,2	78	15	7,3	10,2	13	23,4
0,90	5,4	81	17	7,8	10,4	18	24,0
1,35	5,4	83	17	7,8	10,8	20	24,6
1,80	5,4	82	17	7,7	10,8	21	24,9
Teste F	ns	ns	ns	*	*	**	**

Smith (1969)



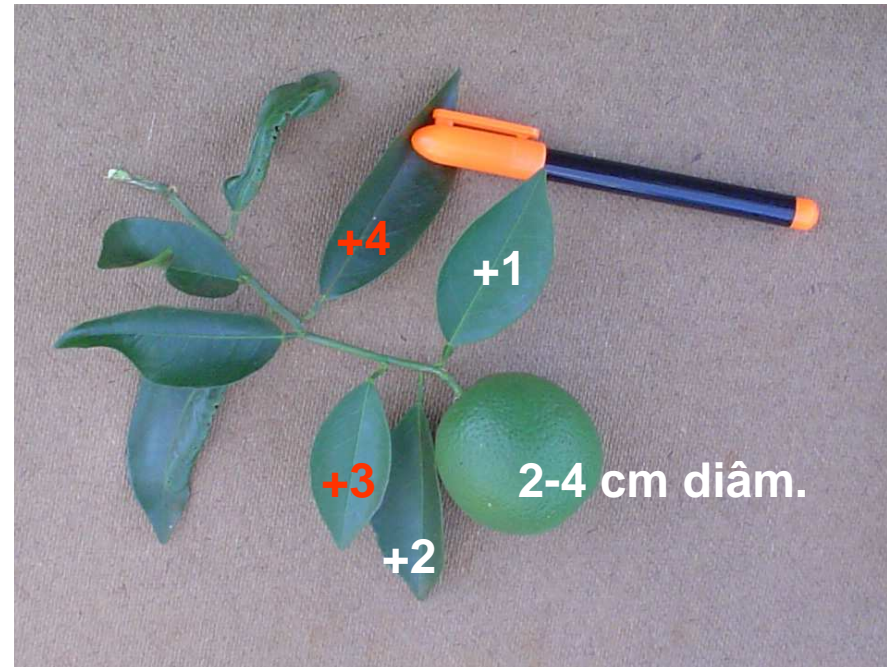
Análise química das folhas: variação sazonal



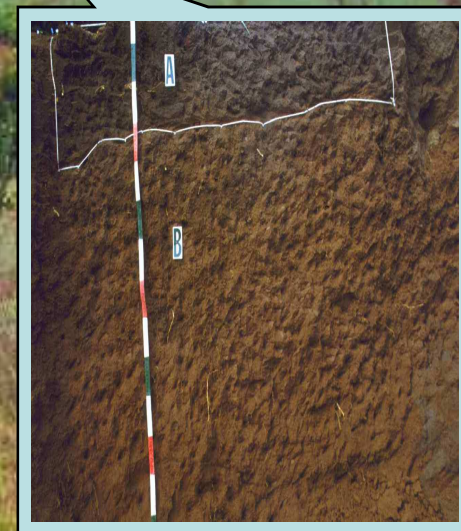
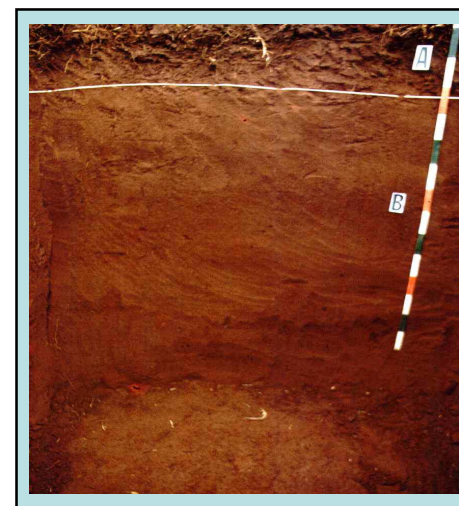
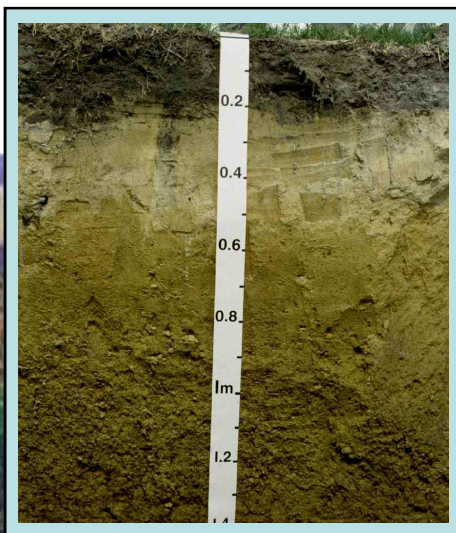
Smith (1966)



Amostragem de folhas para análise química



Variedades e porta-enxertos conforme o tipo de solo



Composição mineral das folhas de citros

Tabela 4. Tendências na variação de teores dos elementos com o avanço da anomalia.

Elemento	Amarelinho	Declínio	HLB	Morte súbita
N	↑	↓	↓	↓
P	↓	↑	↑	↔
K	↓	↑	↓	↓
Ca	↔	↓	↓	↔
Mg	↔	↓	↓	↔
S	↔	↔	↓	↔
B	↔	↔	↔	↓
Co	↔	↓	↔	↔
Cu	↔	↑	↑	↔
Fe	↔	↓	↑	↑
Mn	↔	↓	↔	↔
Mo	↓	↑	↔	↑
Ni	↑	↑	↓	↔
Zn	↑	↔	↓	↓
Ba	↑	↓	↓	↓
Cd	↓	↔	↔	↔
Cr	↔	↓	↑	↔
Pb	↓	↓	↑	↑
V	↓	↔	↓	↓
Al	↔	↓	↑	↑

Malavolta et al. (2005)



Interpretação de resultados de análise de folhas de citros

Nutriente	baixo	adequado	excessivo
	g/kg		
N	<17	18 - 22	>22
P	<1,1	1,2 - 1,6	>2,0
K	<9	10 - 15	>20
Ca	<35	35 - 45	>50
Mg	<2,4	2,5 - 4,0	>5,0
S	<1,9	2,0 - 3,0	>5,0
	mg/kg		
B	<35	36 - 100	>150
Cu	<4,0	4,1 - 10,0	>15,0
Fe	<49	50 - 120	>200
Mn	<34	35 - 50	>100
Zn	<34	35 - 50	>100
Mo	<0,09	0,10 - 1,00	>2,00

limões e
lima ácida



Concentração de nutrientes nas partes da laranjeira

Table 2 - Macronutrient concentrations in dry matter from various parts of 6-year-old Hamlin sweet orange trees on Swingle citrumelo rootstock.

Tree component	N	K	P	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹ †					
Leaf <6-month-old	25.5 (1.9)	13.8 (1.4)	2.3 (0.3)	36.8 (3.7)	3.0 (0.3)	2.3 (0.1)
Leaf >6-month-old	23.4 (1.8)	10.3 (1.0)	1.5 (0.3)	46.5 (3.0)	1.9 (0.1)	3.1 (0.2)
Twig <1.5 cm diam.	7.8 (0.4)	4.1 (0.5)	1.3 (0.2)	16.7 (0.4)	1.4 (0.1)	0.8 (#)
Twig >1.5 cm diam.	4.1 (1.2)	2.9 (0.8)	0.8 (0.3)	8.5 (0.9)	0.6 (0.1)	0.4 (0.1)
Trunk	4.4 (0.2)	3.1 (0.3)	0.7 (#)	5.4 (0.8)	0.4 (0.1)	0.4 (#)
Fruit	8.3 (0.3)	10.7 (0.5)	1.3 (0.1)	4.0 (0.6)	0.8 (0.1)	0.6 (0.1)
Taproot	3.8 (0.3)	2.6 (0.3)	0.4 (#)	5.2 (0.3)	0.3 (0.1)	0.3 (#)
Fibrous root‡	15.5 (1.5)	9.9 (1.5)	1.3 (0.1)	8.7 (1.0)	3.2 (0.6)	2.5 (0.4)
Woody root§	7.7 (0.8)	6.1 (0.5)	1.1 (0.1)	6.5 (1.2)	0.9 (0.1)	0.6 (0.1)
Woody root¶	6.1 (0.5)	4.4 (1.2)	0.8 (0.2)	6.7 (1.0)	0.7 (0.2)	0.5 (0.1)
LSD _{0.05}	0.6	0.5	0.1	1.0	0.1	0.5

†Numbers within parenthesis represent the standard error of the mean; ‡ <0.2 cm diameter; §0.2-1.0 cm diameter; ¶ >1.0 cm diameter; # Value <0.1.

Mattos Jr. et al. (2003)

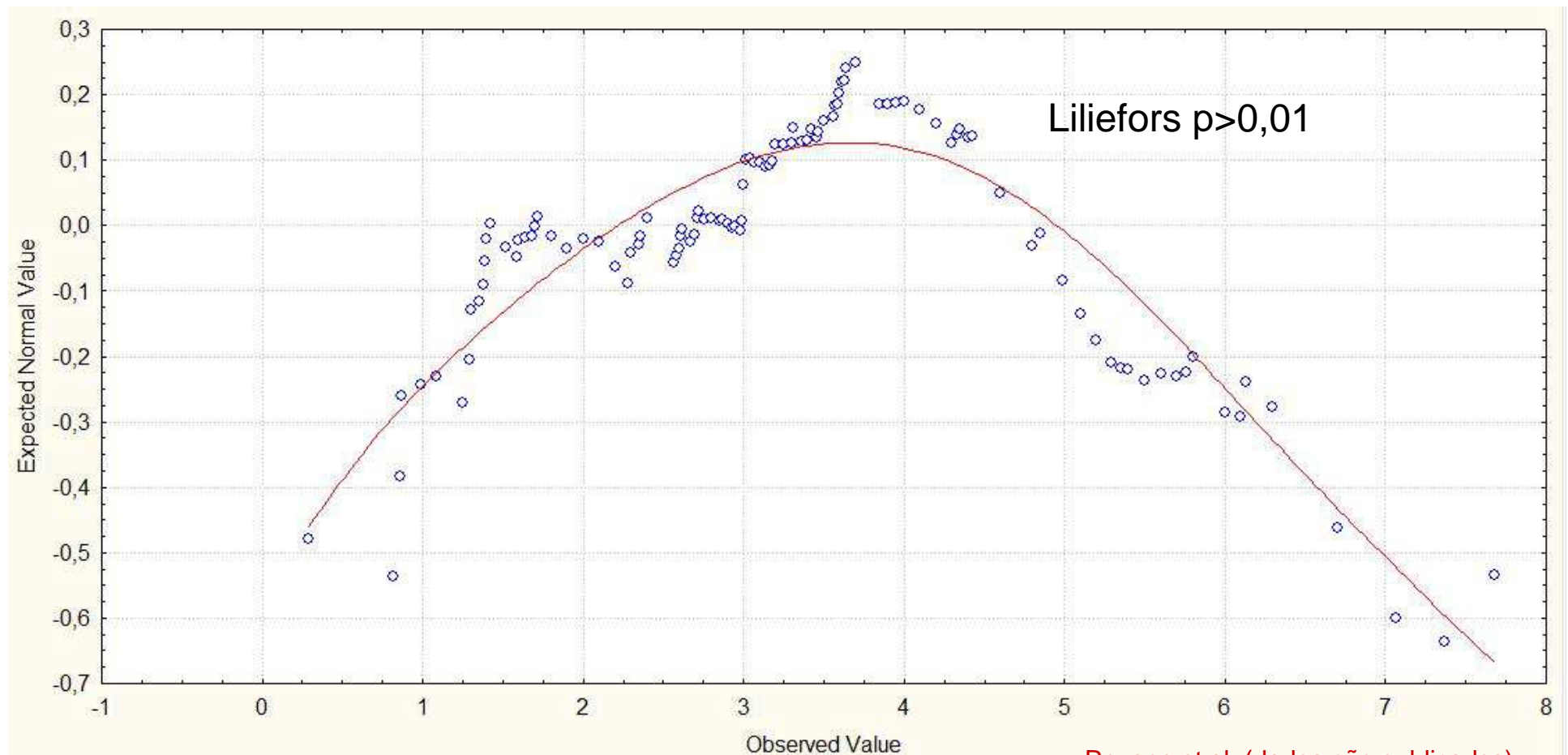




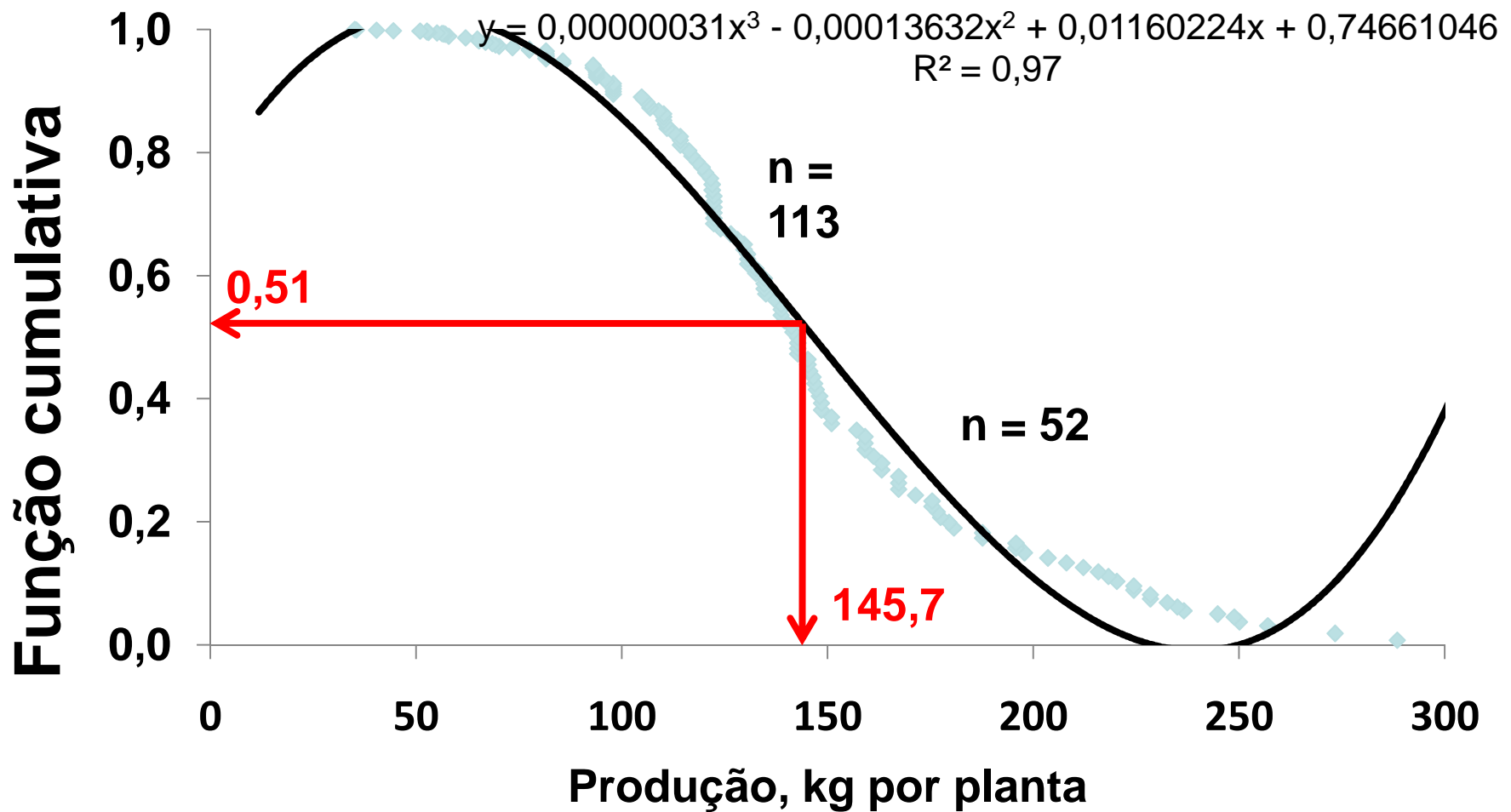
DRIS, *diagnosis and recommendation integrated system* Beaufils (1973)

CND, *compositional nutrient diagnosis* Parent & Dafir (1992)

CND - Distribuição gaussiana do banco de dados de citros (n=165)



Rozane et al. (dados não publicados)



Função cumulativa do banco de citros (n=165)

Rozane et al. (dados não publicados)

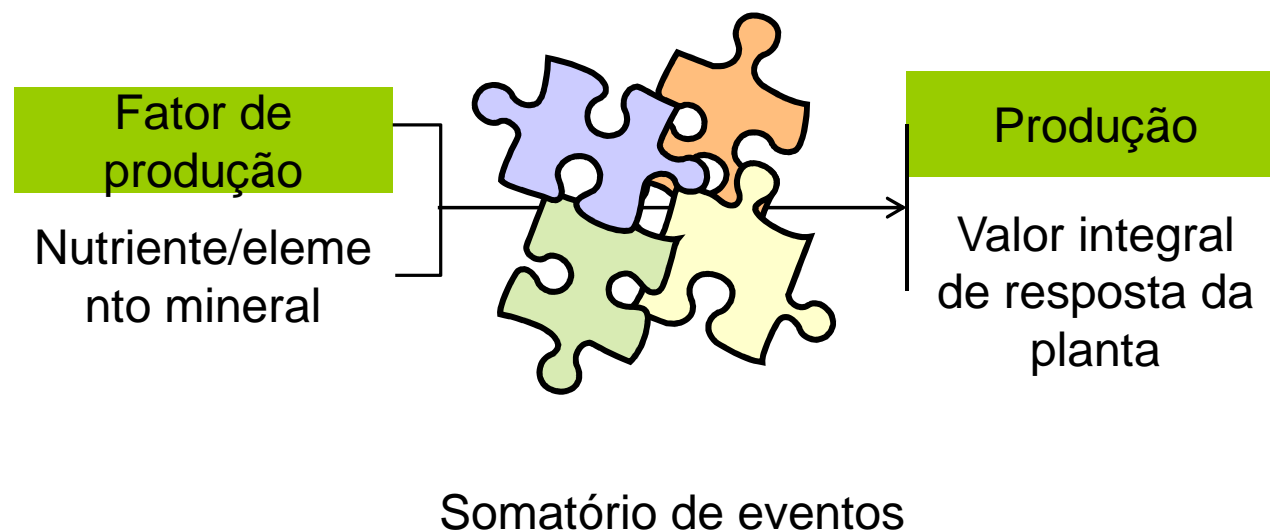


Faixas suficiência x DRIS x CND em citros

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CND -r ²	IBN m
----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----						
25,0	1,4	12,5	40,0	3,3	2,5	68	7	85	167	63		
0,1	-0,4	-0,1	1,5	-0,8	-0,5	-0,6	-1,9	-1,3	2,8	1,3	18,8	
0,00	-0,3	-0,1	0,9	-0,5	-0,2	-0,5	-1,8	-1,1	2,4	1,1		0,81

Rozane et al. (dados não publicados)

Principais resultados e perspectivas





Interpretação de resultados de análise de folhas de citros

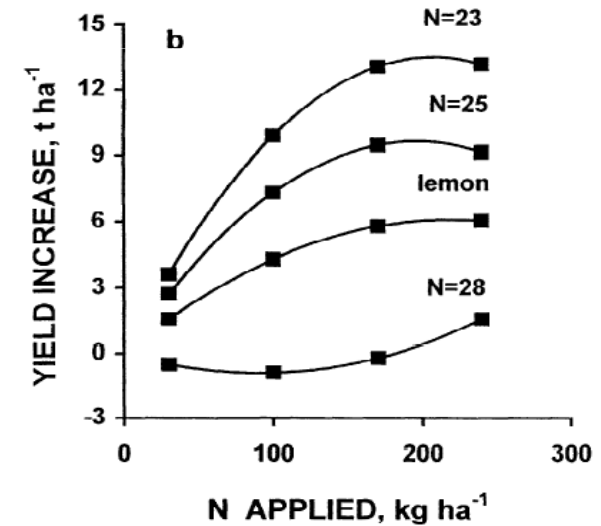
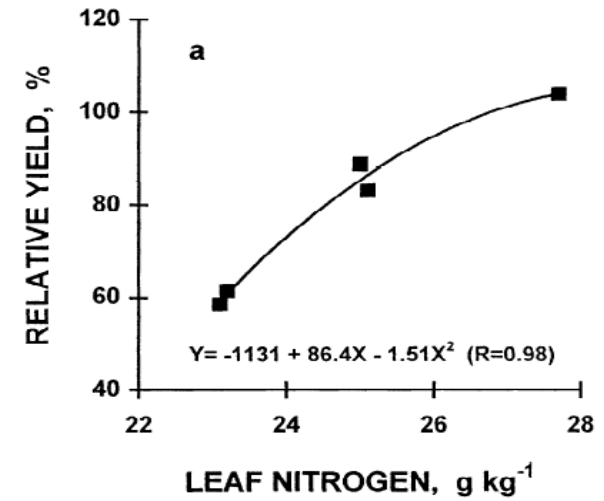
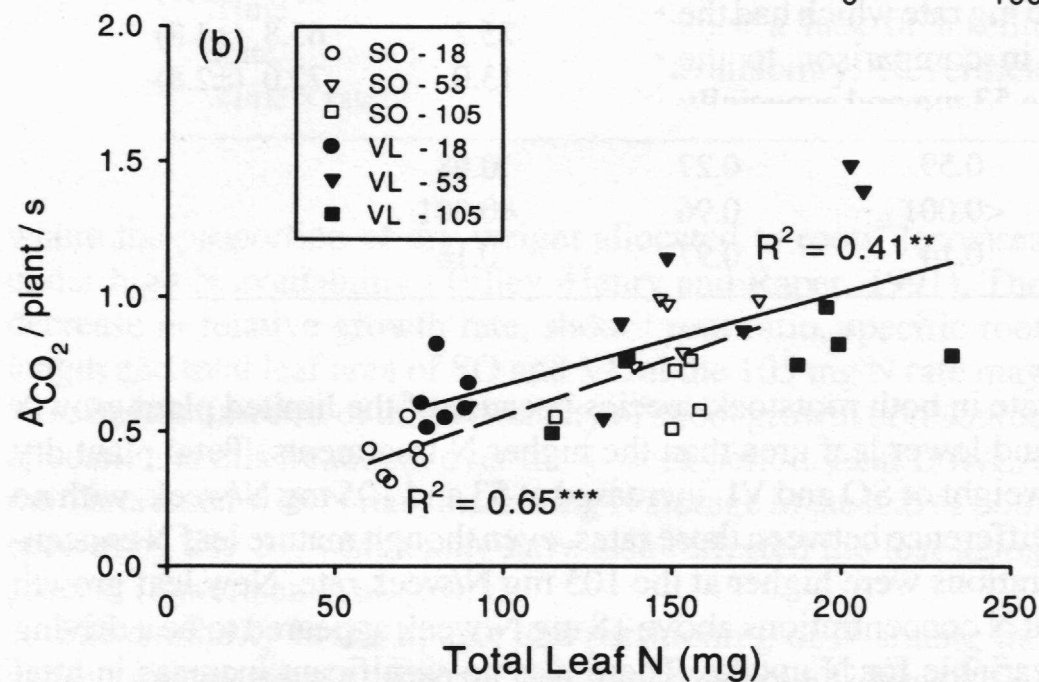
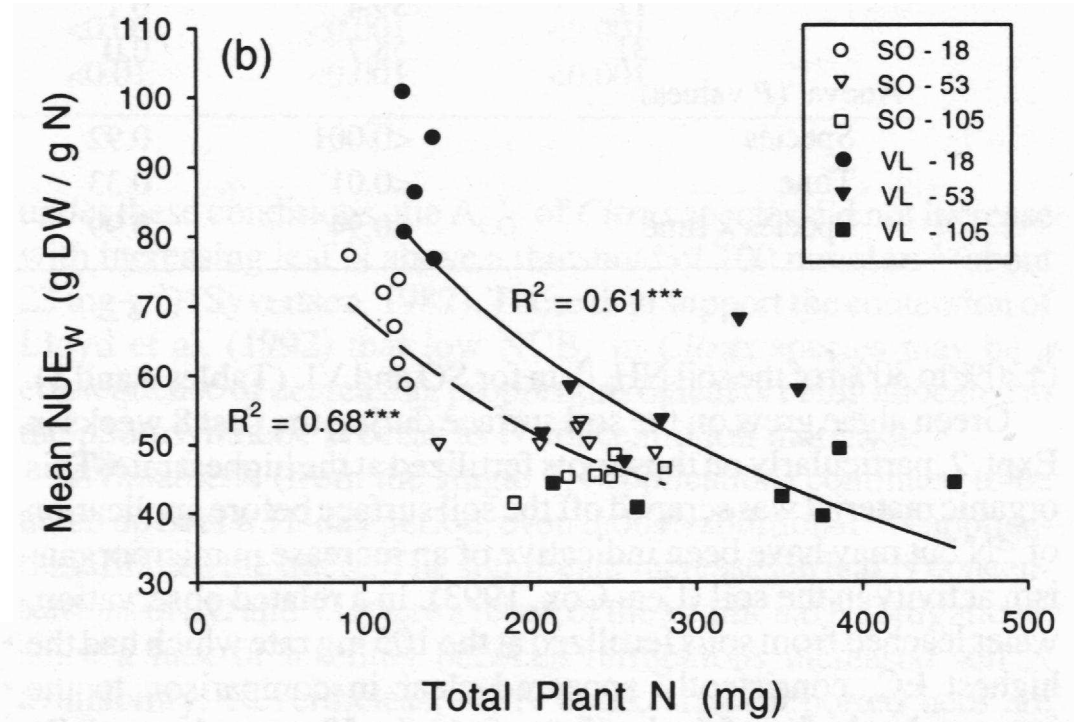


Figure 4. Correlation of leaf-N with relative yield (a) and citrus response to nitrogen according to the N concentration in leaves from 6-to-8-month-old fruiting terminals (b).


Quaggio et al. (1998)

Produção e eficiência de uso de N



Assimilação de CO_2
EUNitrogênio
Peso específico folha

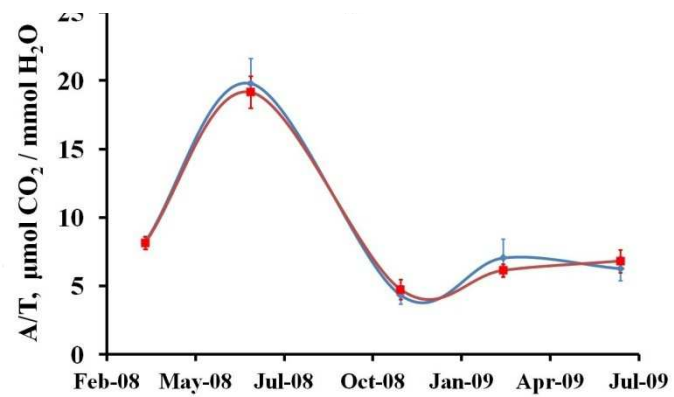
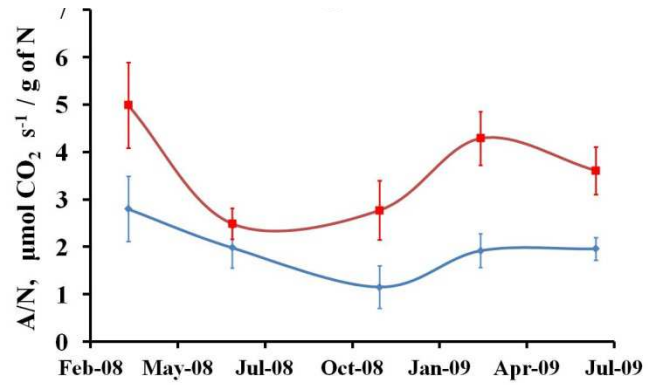
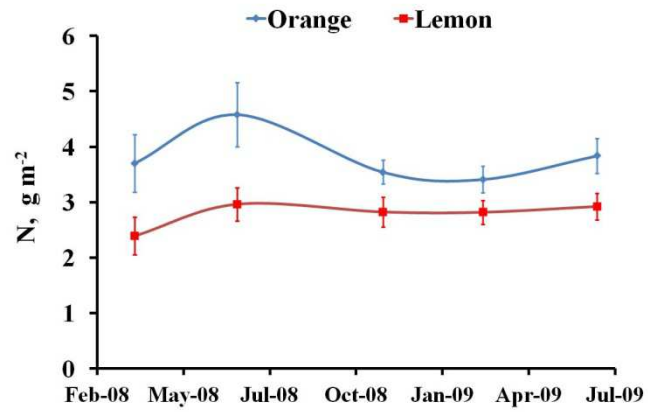
Lea-Cox & Syvertsen (1996)



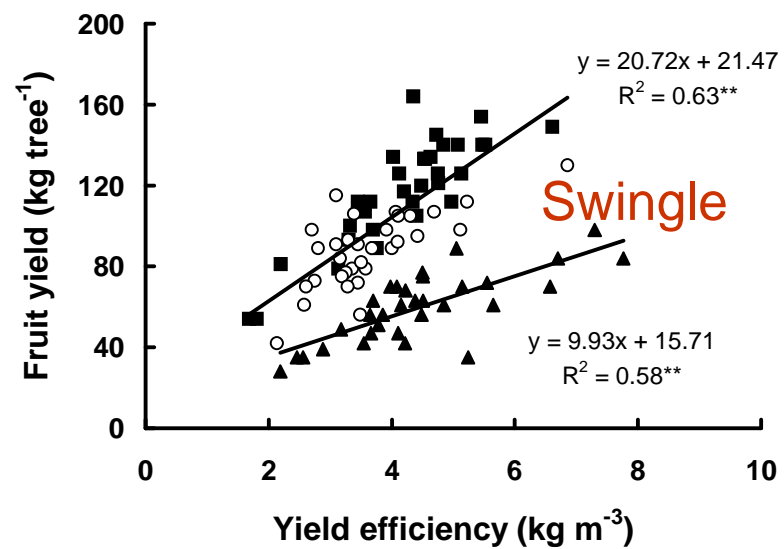
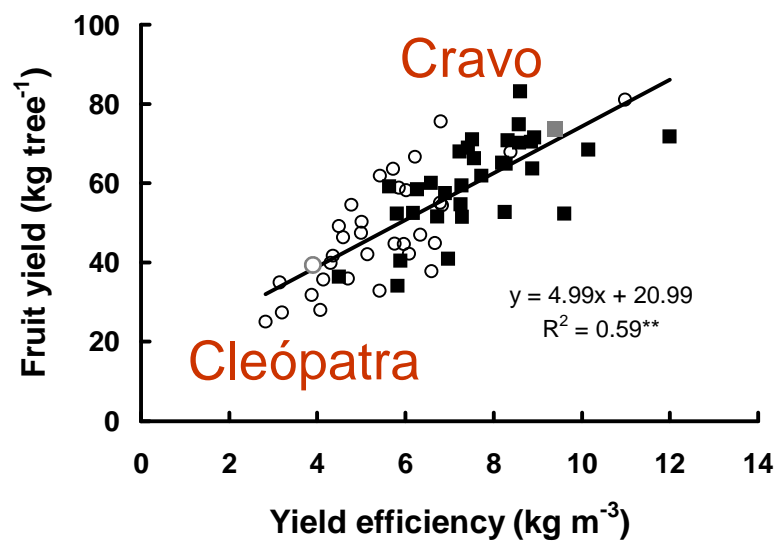
Produção e eficiência de uso de N: laranja x limão

Boaretto et al. (dados não publicados)





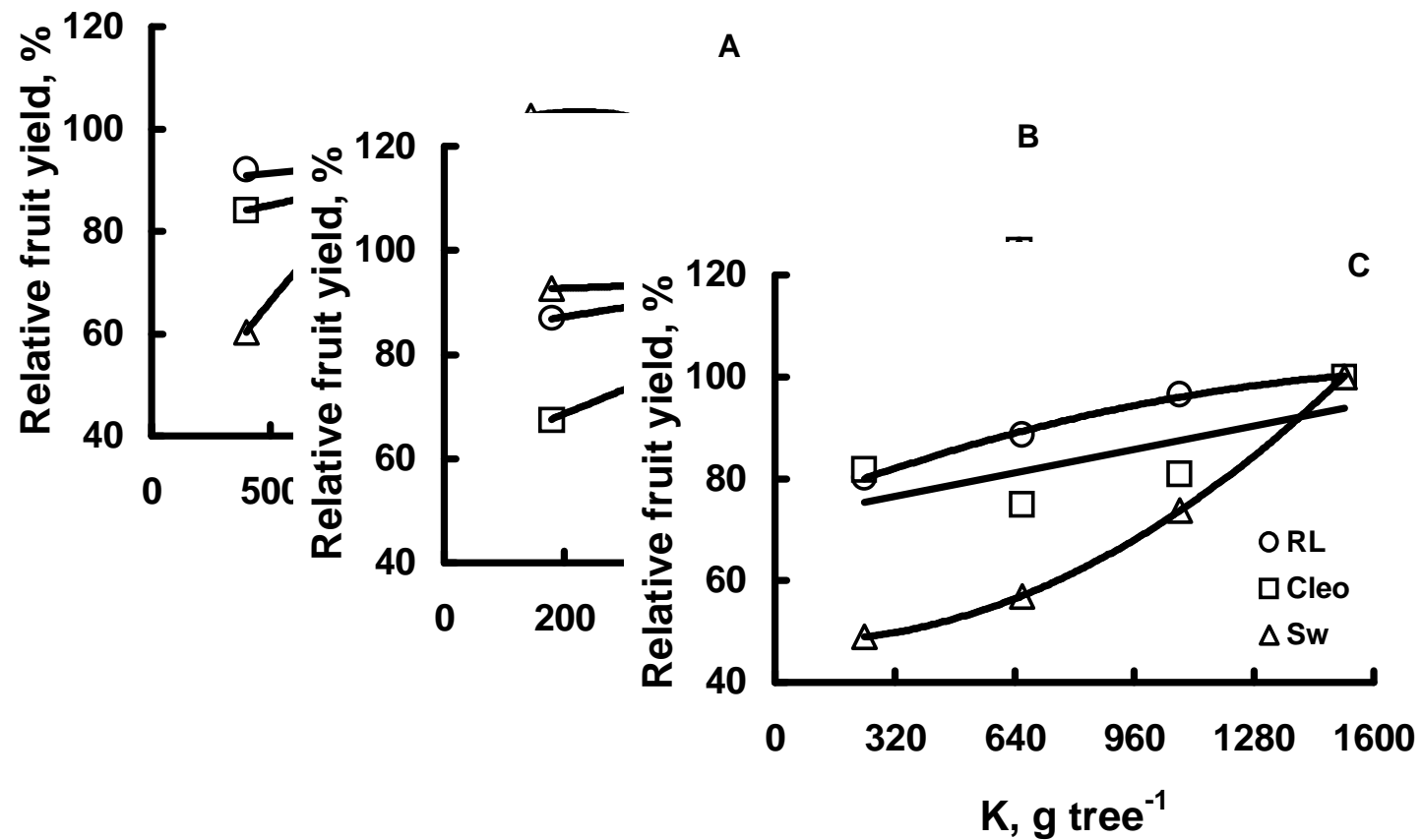
Demanda de nutrientes: porta-enxertos



Quaggio et al. (2004)

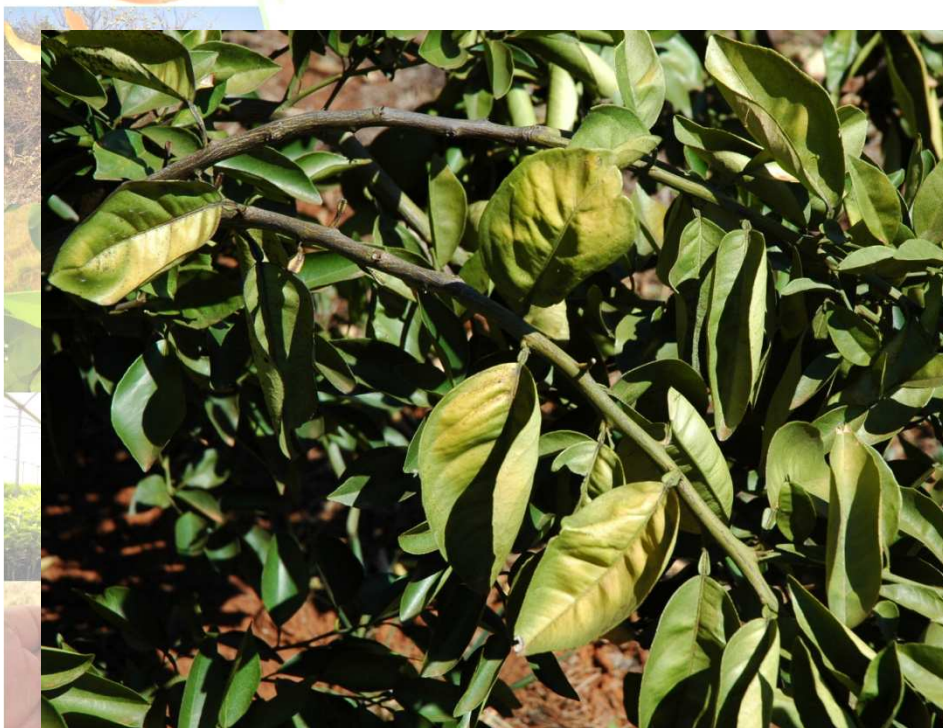


Demanda de nutrientes: porta-enxertos

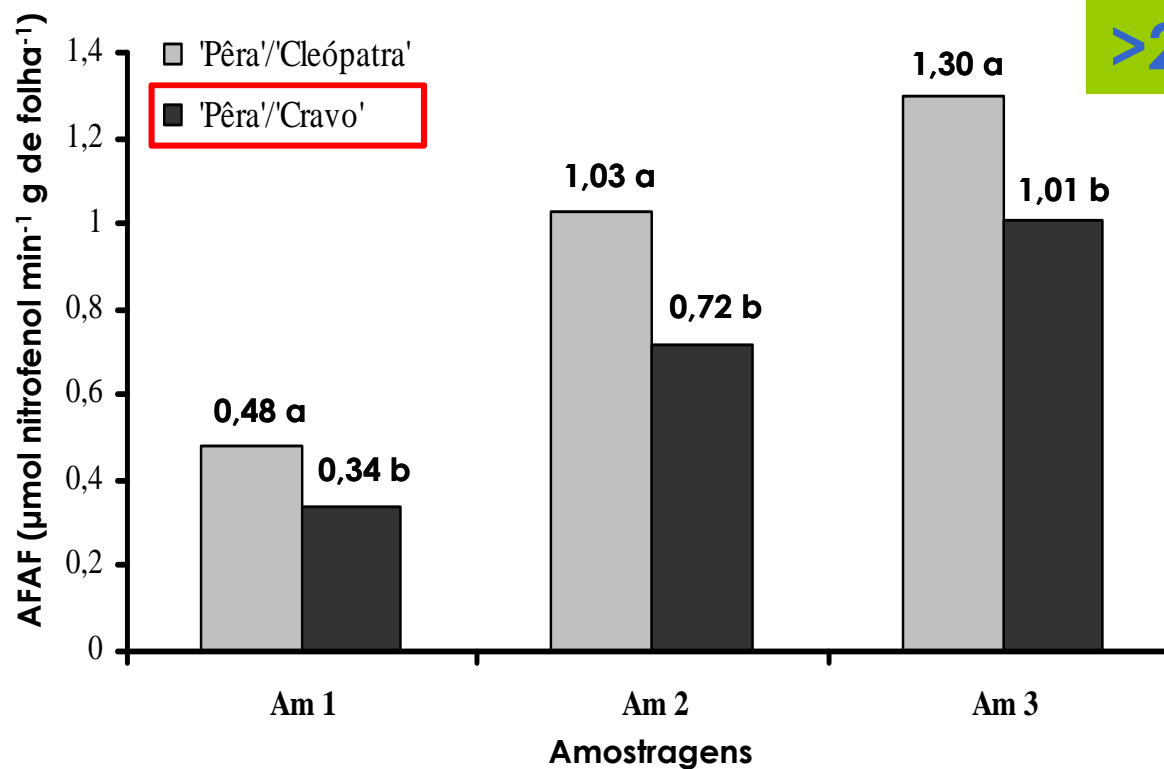


Mattos Jr. et al (2006)

**Deficiência de
P nas folhas
laranjeira Pêra
NO CAMPO**



Atividade fosfatase ácida em folhas de laranjeira



Zambrosi et al. (dados não publicados)



Atividade fosfatase ácida em **raízes** de PE de laranjeira

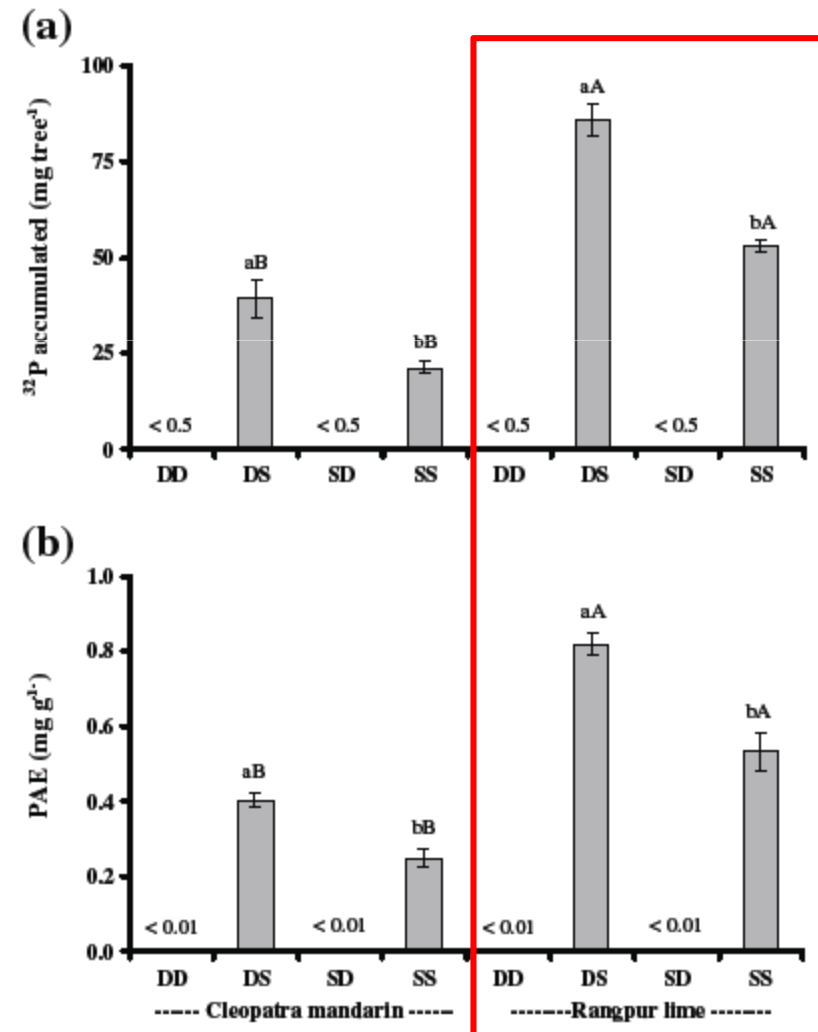
Porta-enxerto	Concentração de P (mmol L ⁻¹)		Média
	0,0125	0,8	
	AFAR (μmol nitrofenol g ⁻¹ min ⁻¹)		
Cleópatra	0,35 bA	0,19 aB	0,27
Cravo	0,54 aA	0,24 aB	0,39
Sunki	0,43 abA	0,17 aB	0,30
Swingle	0,21 cA	0,24 aA	0,23
Média	0,38	0,21	

Zambrosi et al. (dados não publicados)



Acúmulo e eficiência de absorção ^{32}P pela laranjeira

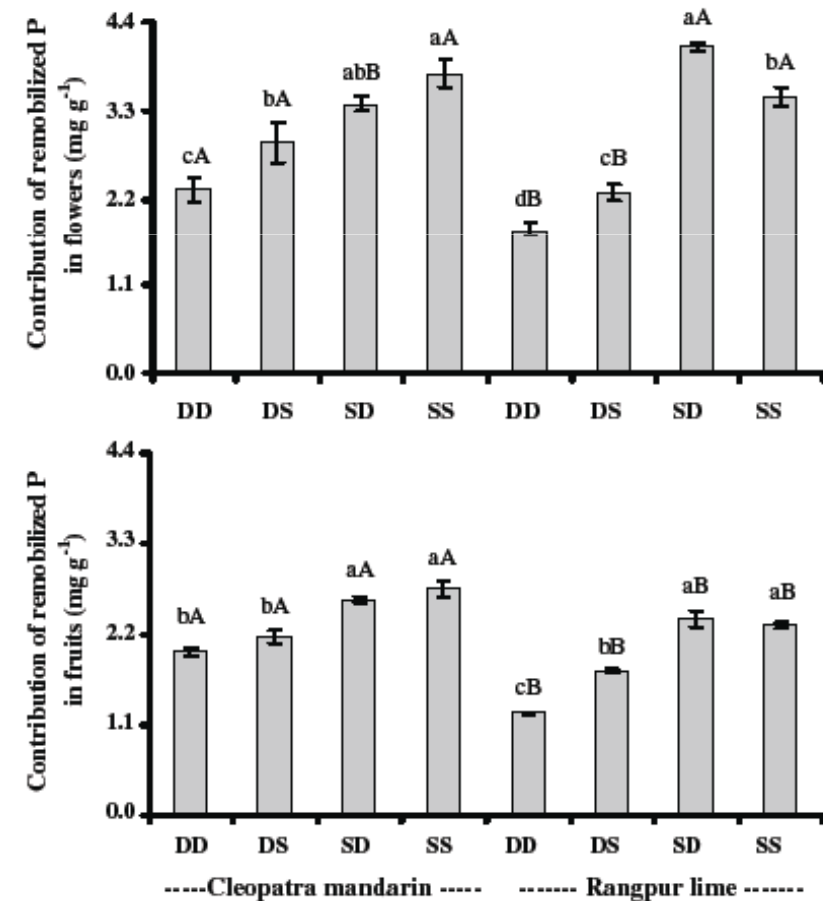
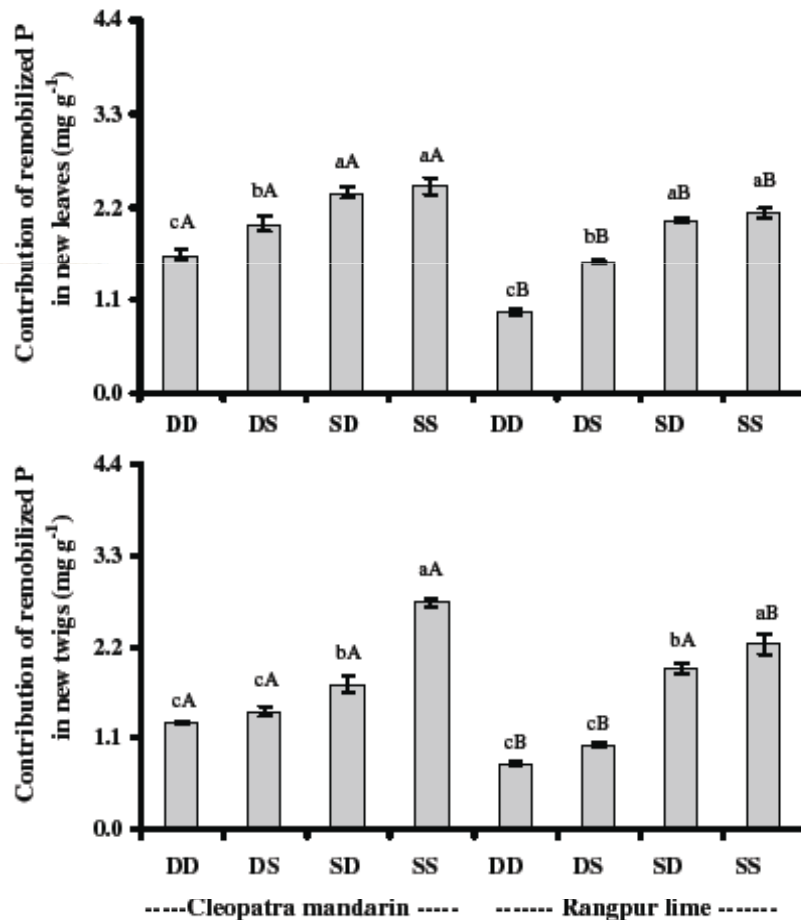
Zambrosi et al. (2012)



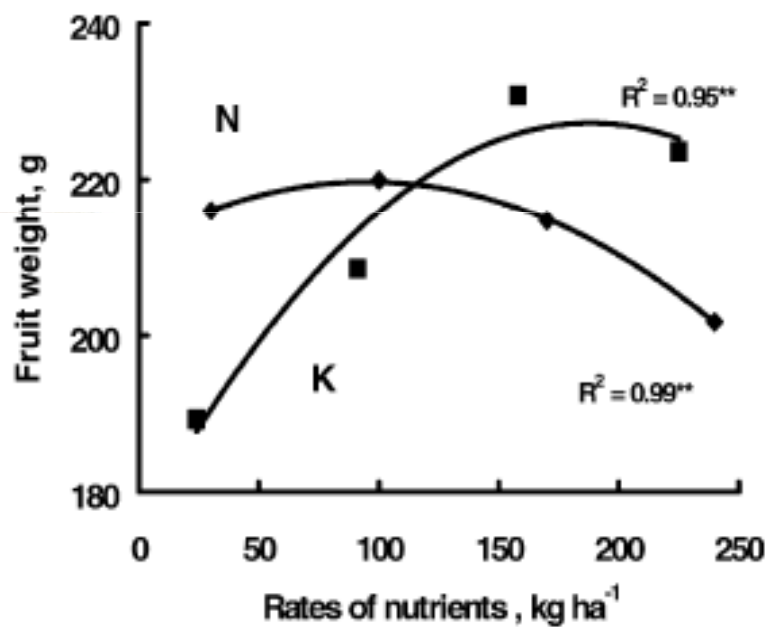


Remobilização ^{32}P absorvido pela laranjeira

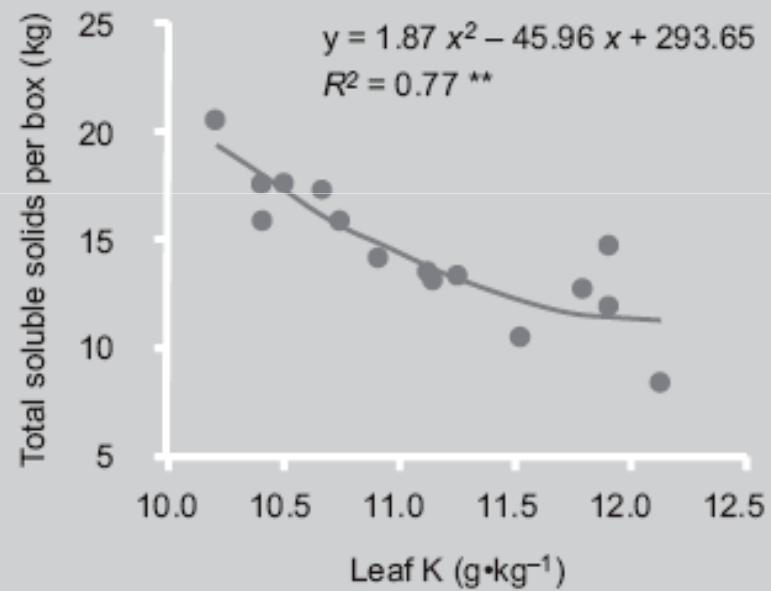
Zambrosi et al. (2012)



Qualidade da fruta: respostas N e K



Quaggio et al. (2002)

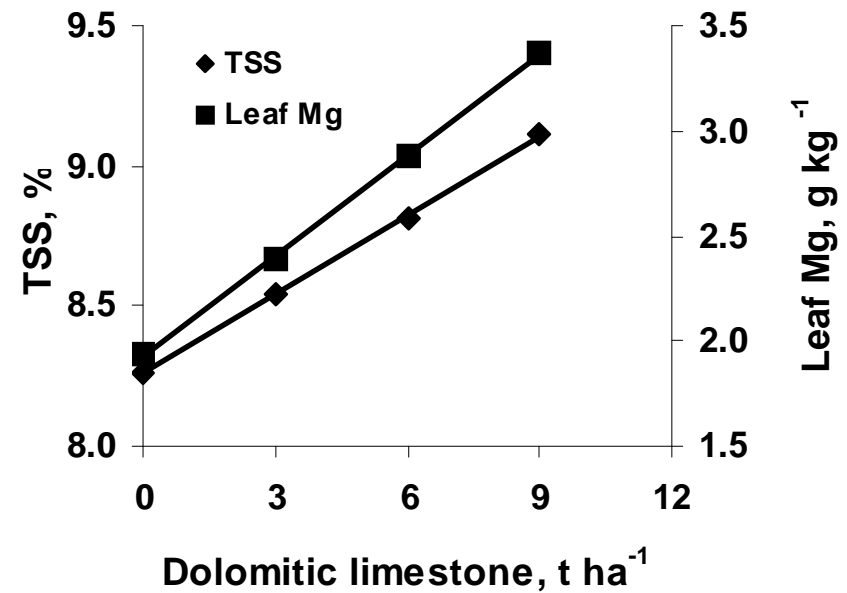
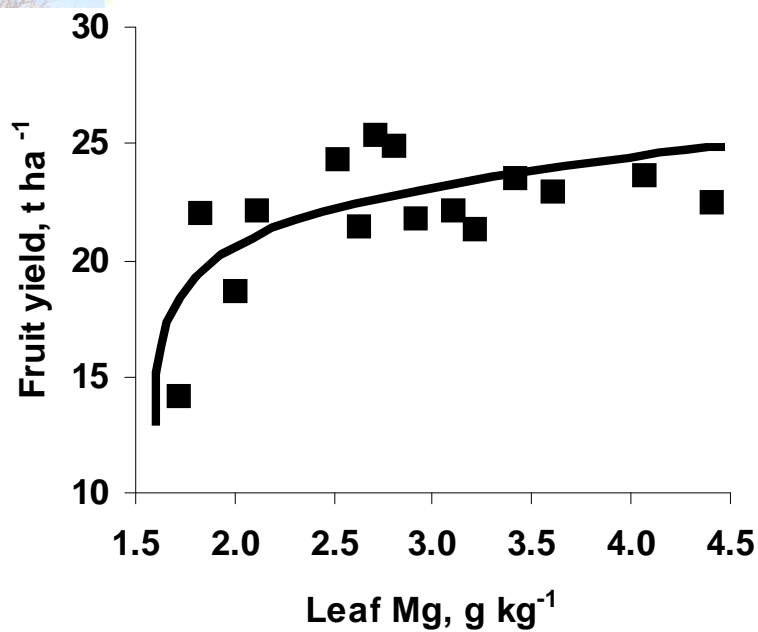


Quaggio et al. (2004)

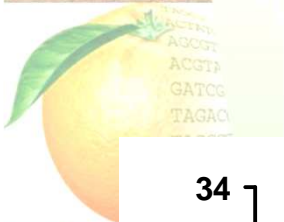
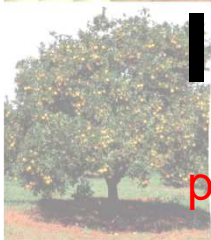


Calagem para citros x Mg

Laranja

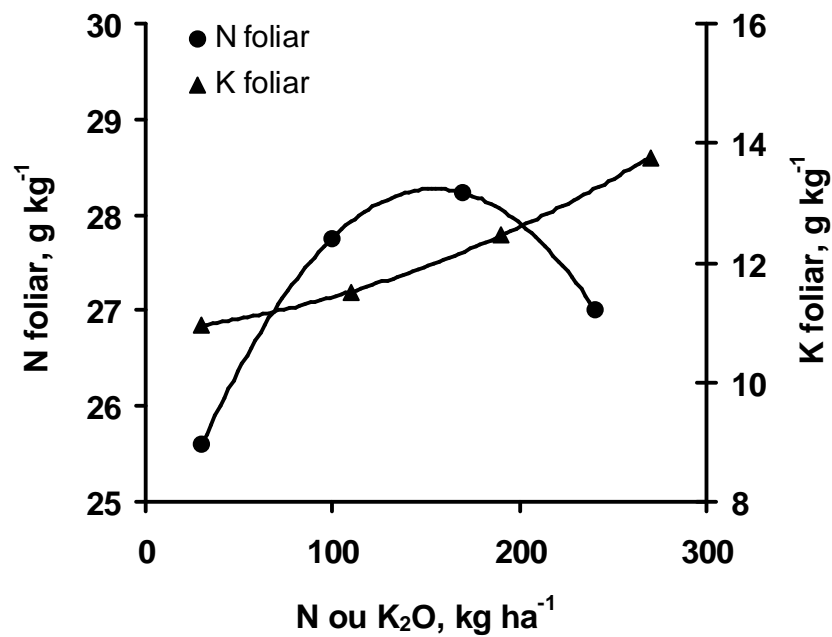
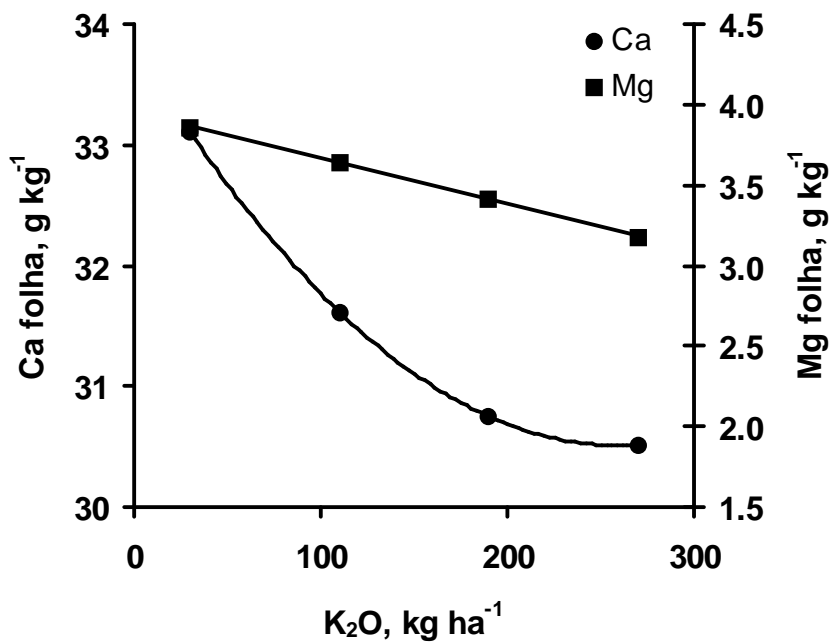


Quaggio et al. (1992)

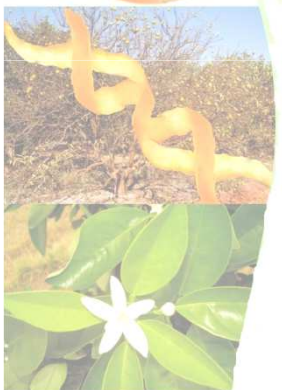
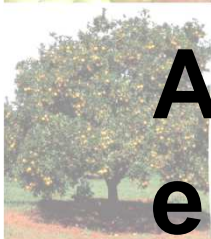


Interações entre nutrientes

potássio x cálcio e magnésio



Mattos Jr. et al. (2003)



Absorção diferenciada de cátions e ânions

Teores de macronutrientes em folhas de café e citros, expressos em duas maneiras diferentes visando representar a absorção pelas raízes da solução externa

Cultura	Unidades	Cátions				Ânions			N total
		Ca	Mg	K	Soma	P	S	Soma	
Café ^a	g kg ⁻¹	16,5	5,2	18,8	-	1,22	2,03	-	31,9
	mmol _c kg ⁻¹	825	428	481	1734	39	127	166	2279
Café ^b	g kg ⁻¹	12,3	4,1	24,1	-	1,55	2,21	-	36,2
	mmol _c kg ⁻¹	615	337	616	1568	50	138	188	2586
Laranja	g kg ⁻¹	30,1	5,2	12,9	-	1,40	2,50	-	26,8
	mmol _c kg ⁻¹	1505	428	330	2263	45	156	201	1914

^a produção de 3,5 t ha⁻¹ de café beneficiado; ^b produção de 0,4 t ha⁻¹ de café beneficiado.

Quaggio (dados não publicados)



Absorção diferenciada de cátions e ânions

Efeito da calagem no conteúdo de elementos em folhas de laranjeira, considerando-os como nitrogênio ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$), cátions (C^+) e ânions (A^-)

Calcário	N	$\text{C}^+ = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$	$\text{A}^- = \text{P} + \text{S}$	$(\text{C}^+ - \text{A}^-) - \text{N}$
t/ha	----- $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ -----			
0	2171	1794	155	-532
3	2321	2266	144	-155
6	1979	2310	198	89
12	2171	2348	179	2

Quaggio (1991)



Micronutrientes

- Demanda de informações sempre presente
- Manejo negligenciado!?!?!?
- Zn, Mn..., B e Cu
- Poucos estudos correlacionando produção
- Dificuldade com a análise foliar
- Programa de pesquisa com análise de solo
- Aumento da eficiência de produção
- Novos cenários





Micronutrientes

Dificuldade com a análise foliar

A coleta de folhas para análise química é definida para o melhor diagnóstico dos macronutrientes

A deficiência de alguns micronutrientes afeta o crescimento do limbo foliar, o que aumenta a concentração deles nas folhas

Aplicações foliares com fertilizantes ou defensivos com micronutrientes, deixam resíduos na superfície das folhas

Testes bioquímicos para a avaliação do estado nutricional são de difícil uso na rotina

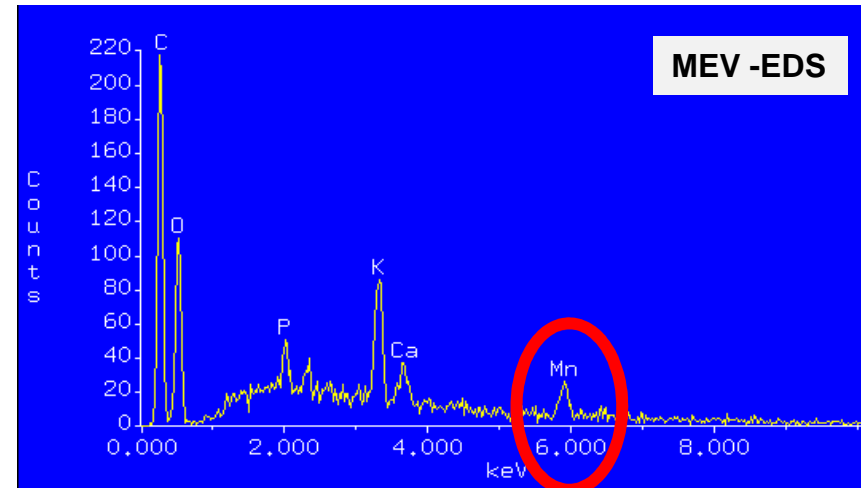
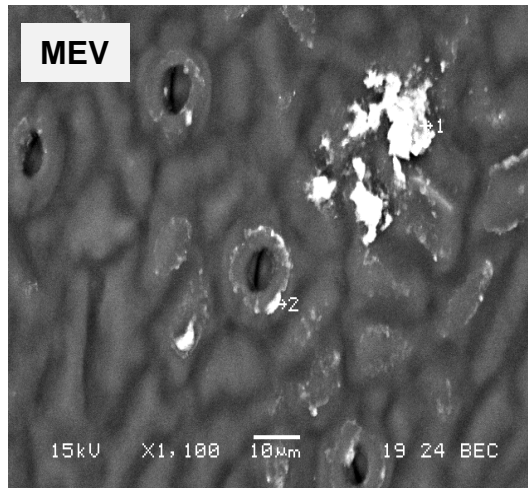




Micronutrientes

Dificuldade com a análise foliar

Microscopia Eletrônica de Varredura



Boaretto et al. (2005)



Micronutrientes

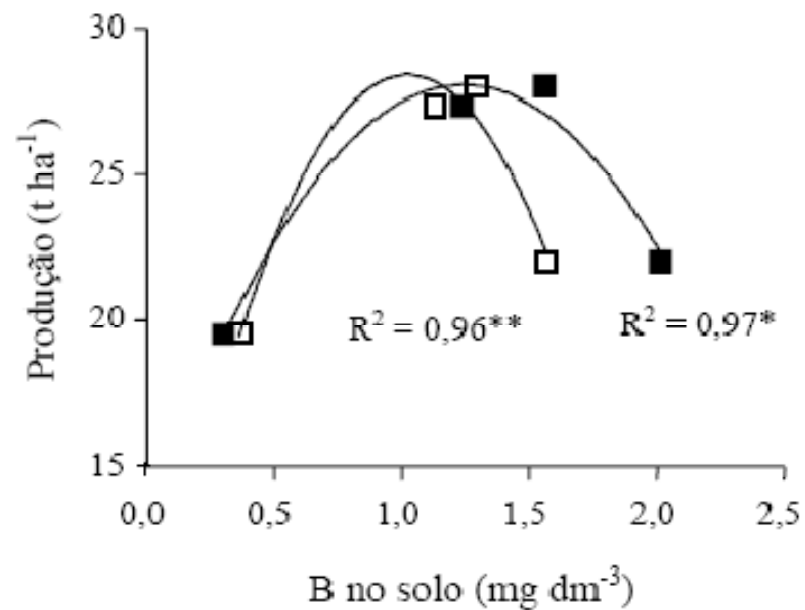
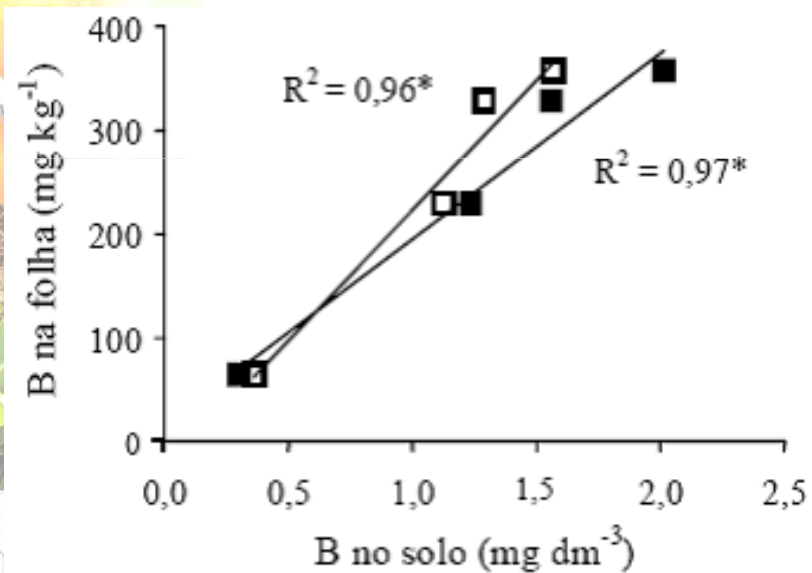
Dificuldade com a análise foliar





Boro

Aplicação via solo: Pêra/Cravo

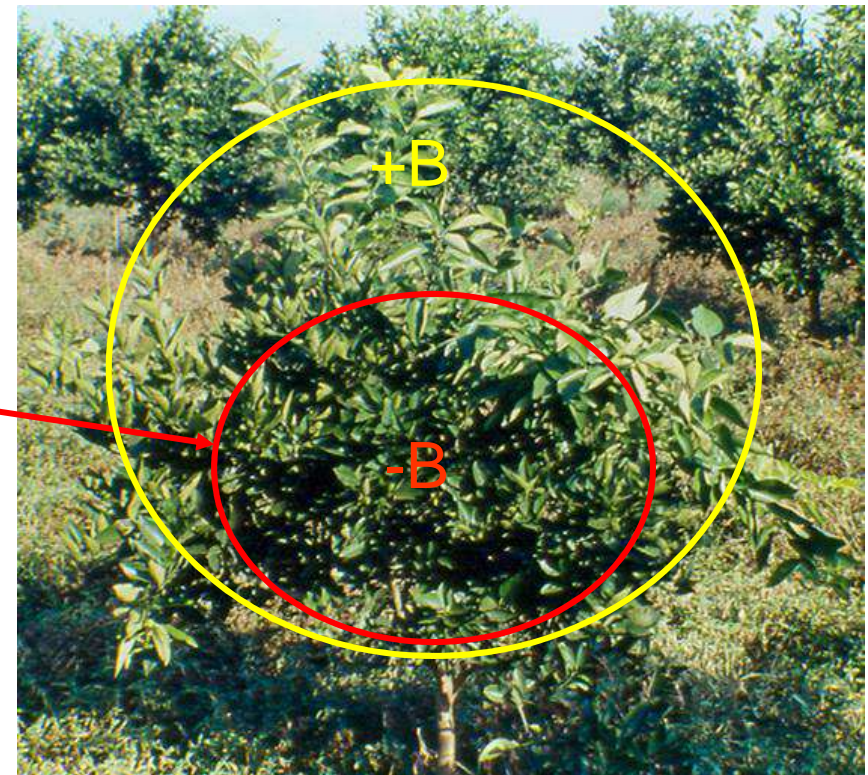
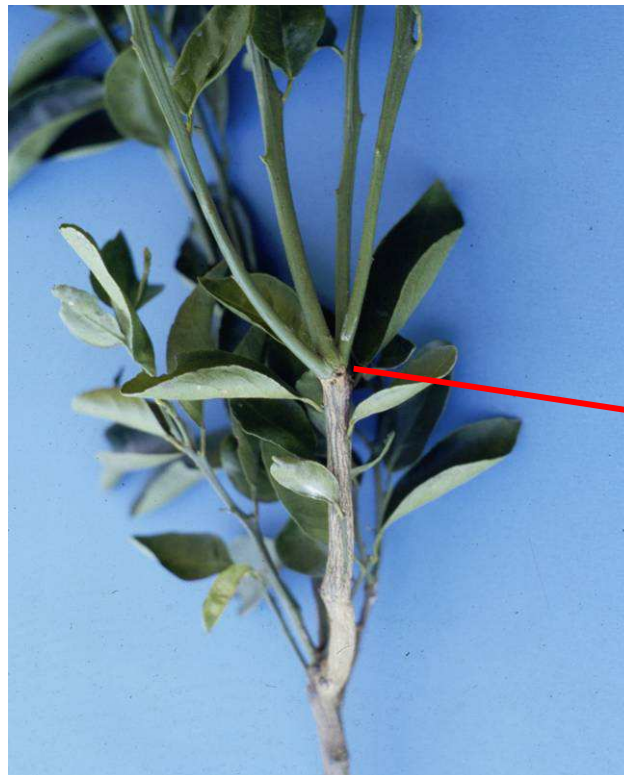
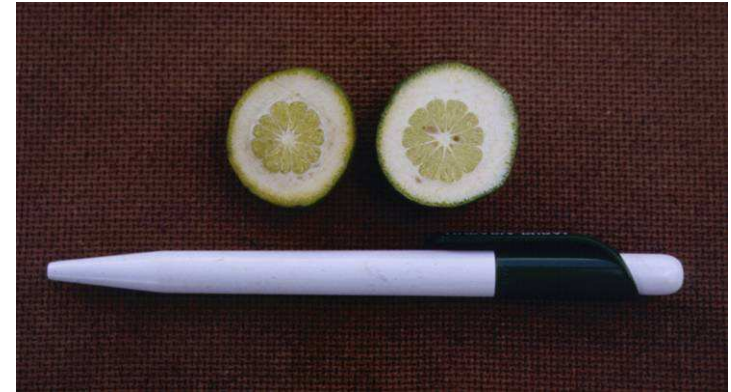


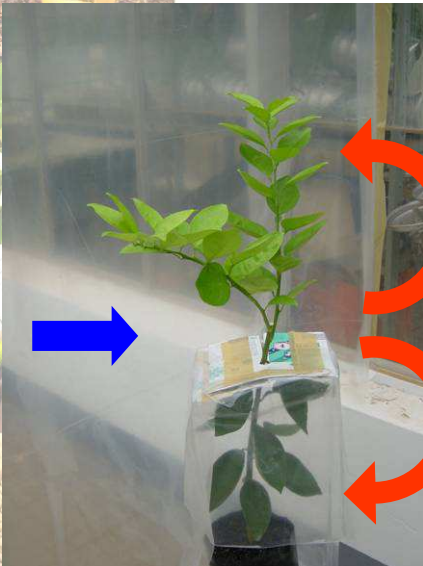
Quaggio et al. (2003)



Boro

Efeito do boro no crescimento da parte aérea de citros





Boro

Absorção do ^{10}B absorvido pelas folhas

	Dias após aplicação			
	30	75	120	240
	----- % -----			
Parte nova	0	0,3	0,4	2,5
Parte aplicada	100	99,7	99,4	96,8
Parte velha	0	0	0,1	0,7
Total redistrib.	0	0,3	0,5	3,2

Boaretto (2005)





Boro

Aplicação via solo





Boro

Aplicação via solo



+++ *B*

3 g/planta *B*
~ 1,5 kg/ha de *B*



Boro

Absorção por diferentes porta-enxertos de citros

Table 4. Daily rate of B absorbed from nutrient solution per amount of dry matter (DM) by two rootstock.

		Total	Leaves	Roots
		mg Bdfns / kg DM day		
<i>Vegetative</i>				
Rangpur lime	<i>Adequate</i>	0.130 b	0.406 b	0.706 a
Swingle Citrumelo	<i>Adequate</i>	0.151 a	0.524 a	0.696 a
Rangpur lime	<i>Deficient</i>	0.126 b	0.415 b	0.682 a
Swingle Citrumelo	<i>Deficient</i>	0.164 a	0.576 a	0.645 a
<i>Fruiting</i>				
Rangpur lime	<i>Adequate</i>	0.140 a	0.504 a	0.913 a
Swingle Citrumelo	<i>Adequate</i>	0.146 a	0.552 a	0.749 a
Rangpur lime	<i>Deficient</i>	0.119 b	0.480 a	0.754 a
Swingle Citrumelo	<i>Deficient</i>	0.152 a	0.660 a	0.776 a

Boaretto et al. (2008)



Interação boro x potássio

Valência/Cleo e
pomelo/Azeda

Cooper et al. (1951)

Siciliano/Azeda ou Cravo

Grassi et al. (2004)

Valência/Cravo ou Swingle

Boaretto et al. (2008)

Natal/Cravo, Swingle ou Sunki

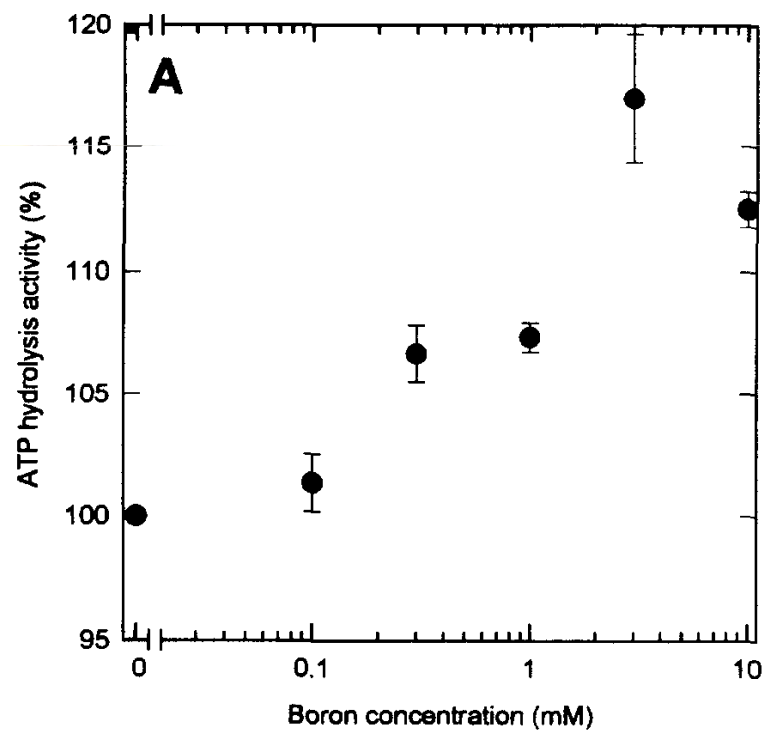
Mattos Jr. et al. (201_)

Boro	Ano	K	B
kg/ha		g/kg	mg/kg
	1999		
0		7,1	63
2		7,1	141
4		7,8	292
6		9,7	348
	2000		
0		6,8	70
2		7,2	217
4		8,1	308
6		9,0	334
	2001		
0		7,8	64
2		8,3	229
4		9,3	329
6		10,3	358
Teste F		**	**

Sta. Cruz Rio Pardo
Pêra/Cravo

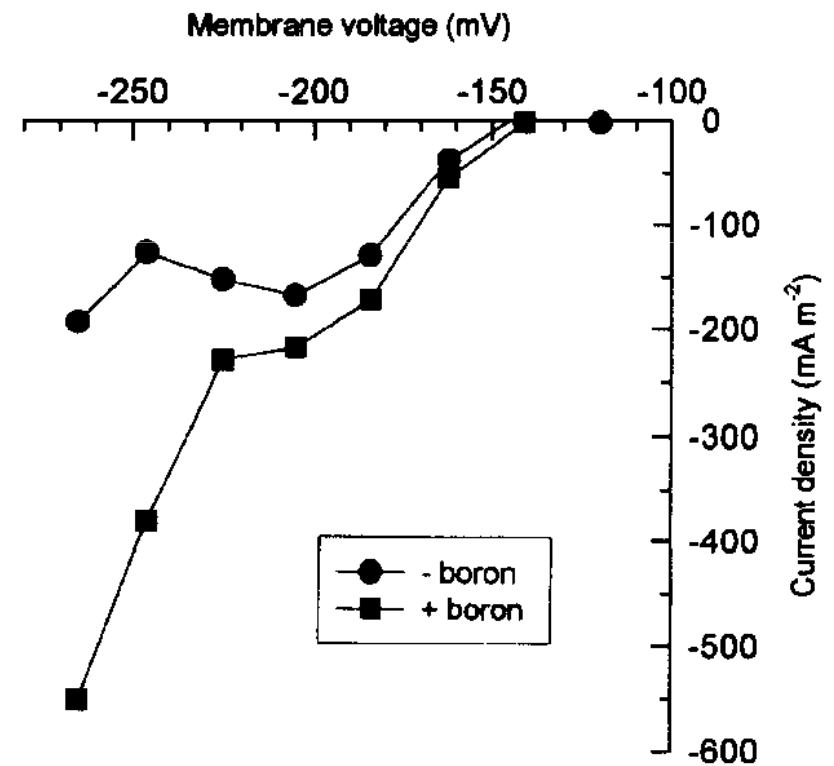
Quaggio et al. (2003)

Interação boro x potássio



Girassol

Blevins et al. (1990)



Copo-de-leite: grãos de pólen

Obermeyer et al. (1996)



Zinco e Manganês

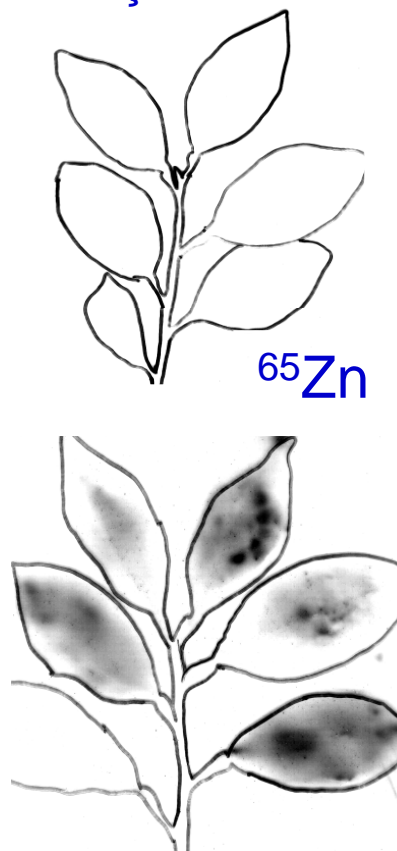
Sintomas foliares
deficiência





Zinco

Absorção foliar e redistribuição



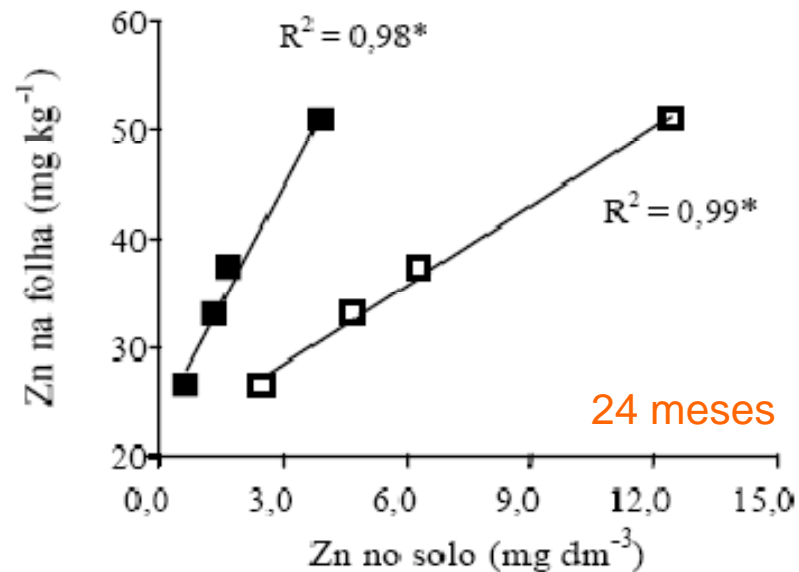
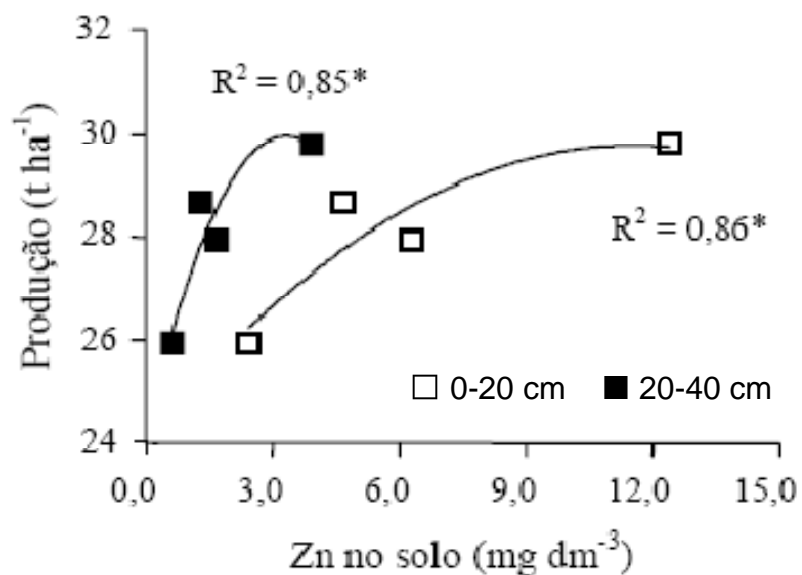
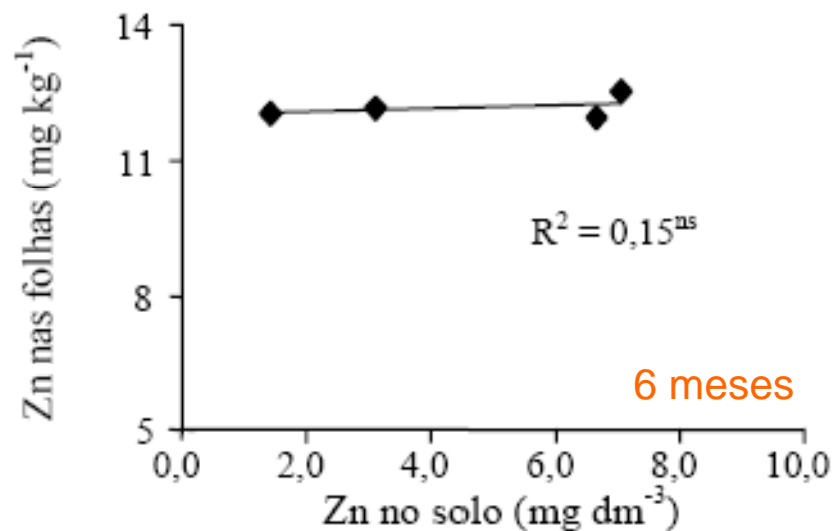
Boaretto et al. (2003)



Zinco

Aplicação via solo:
Pêra/Cravo

Quaggio et al. (2003)



Principais resultados e perspectivas: Zn

○ Teor de Zn no tecido vegetal e no solo

Tratamentos	Teor de Zn				Teor de Zn no solo	
	Franco arenoso		Muito argiloso		Franco arenoso	Muito argiloso
	folhas velhas	folhas novas	folhas velhas	folhas novas		
<div> <div>Fonte e dose (g de Zn planta⁻¹)</div> <div>----- mg kg⁻¹ -----</div> <div>----- mg dm⁻³ -----</div> </div>						
Controle	8,7 ± 0,4	9,9 ± 1,6	10,9 ± 0,2	11,0 ± 1,7	1,0 ± 0,28	1,8 ± 0,2
ZnSO ₄ 1,0	18,7 ± 5,2	31,8 ± 4,8	14,4 ± 1,5	15,9 ± 2,3	31,6 ± 9,2	29,4 ± 6,2
ZnSO ₄ 5,0	79,9 ± 16,3	143,7 ± 16,5	49,6 ± 15,3	114,7 ± 55,5	121,3 ± 19,0	73,8 ± 49,5
ZnO 1,0	9,4 ± 1,5	11,8 ± 0,7	13,2 ± 0,8	16,4 ± 3,0	6,9 ± 2,0	8,7 ± 5,82
ZnO 5,0	20,7 ± 5,3	41,7 ± 6,7	15,4 ± 0,8	18,3 ± 2,1	84,0 ± 25,5	44,9 ± 10,37

Hippler (2012)

Principais resultados e perspectivas: **Mn**

○ Teor de Mn no tecido vegetal e no solo

Tratamentos	Teor de Mn				Teor de Mn no solo	
	Franco arenoso		Muito argiloso		Franco arenoso	Muito argiloso
	Folhas					
	velhas	novas	velhas	novas		
Fonte e dose (g de Mn planta ⁻¹) ----- mg kg ⁻¹ -----						
Controle	40,0 ± 7,7	55,5 ± 17,5	45,3 ± 8,3	23,3 ± 5,0	9,3 ± 4,3	5,9 ± 0,6
MnSO ₄ 0,7	104,0 ± 30,3	145,5 ± 33,1	54,0 ± 8,8	23,5 ± 4,4	31,7 ± 20,7	12,1 ± 9,9
MnSO ₄ 3,5	550,8 ± 129,0	951,3 ± 478,4	141,5 ± 54,5	84,3 ± 44,2	52,6 ± 10,8	30,1 ± 14,2
MnCO ₃ 0,7	46,8 ± 5,1	80,8 ± 16,6	43,0 ± 1,4	22,5 ± 2,1	39,9 ± 14,1	13,9 ± 8,9
MnCO ₃ 3,5	62,0 ± 18,5	136,5 ± 61,4	45,3 ± 8,32	27,5 ± 4,0	63,6 ± 24,2	26,8 ± 17,6

Hippler (2012)



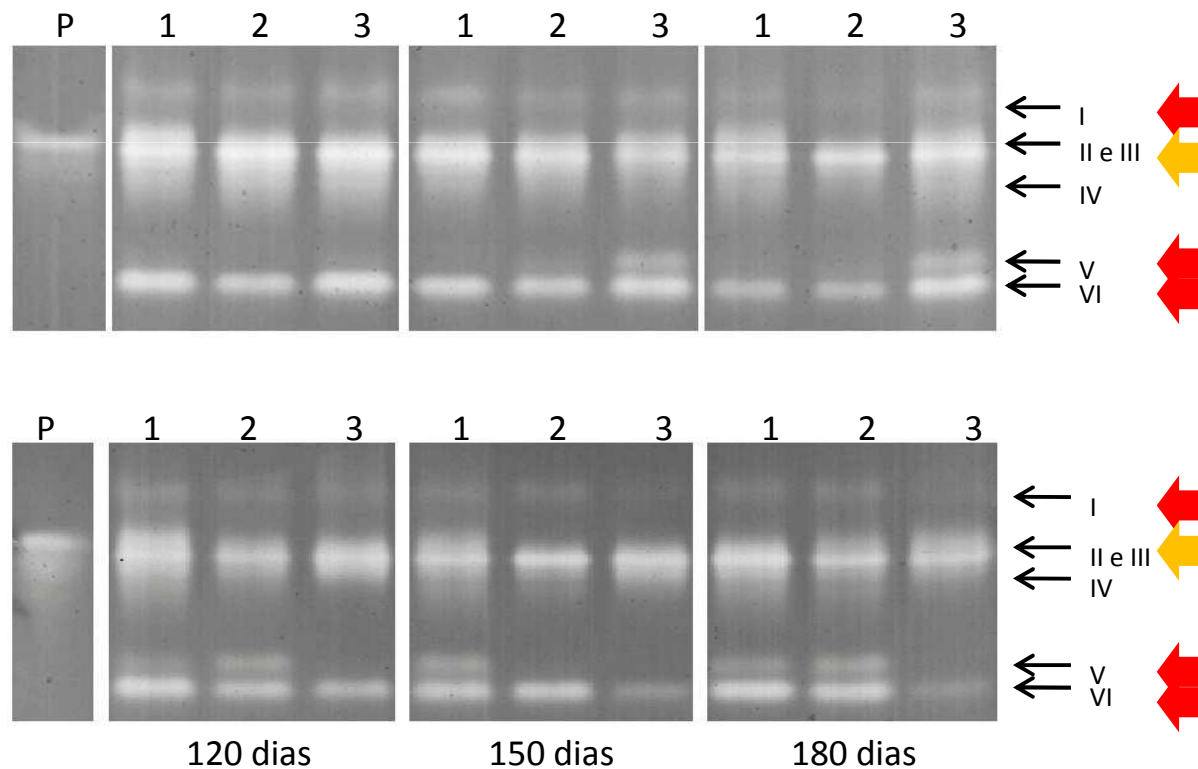
Principais resultados e perspectivas: isoformas **SOD**

Cu/Zn
Mn
Fe

Hippler (2012)

- 1 - Controle
- 2 - ZnSO_4 1,0 g de Zn
- 3 - ZnSO_4 5,0 g de Zn

- 1 - Controle
- 2 - MnSO_4 0,7 g de Mn
- 3 - MnSO_4 3,5 g de Mn





Cobre

Pomares em formação

- Diagnóstico visual
- Diagnóstico análise folhas
- Doses elevadas N
- Reduzida aplicação Cu
- Fontes de Cu





Cobre

Pomares em formação
< 5 anos



Talhões	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	----- g/kg -----					----- mg/kg -----				
61	33	1,8	13,5	26	5	95	62	6	55	60
2	34	1,8	15,8	25	6	110	54	36	50	62



Bases para recomendação do manejo nutricional dos citros

dois breves exemplos



Sintomas visuais severos
da deficiência de Mg vs.
resultados das análises
de solo



Análises químicas 2009 (IAC)



Linha	Prof.	M.O.	pH	P-res.	K	Ca	Mg	H+Al	S.B.	CTC	V
	cm	g/dm³		mg/dm³	-----	mmol _c /dm³ -----				%	
4	0-20	20	4,9	34	0,7	20	8	20	28,7	48,9	59
	20-40	18	4,8	31	0,9	15	4	20	19,9	40,1	50

Sintomas visuais da
deficiência de Mg vs.
correlação com resultados
das análises de solo e folhas
(2009)

K-Mag
22% K₂O, 11% Mg
e 22% S

Mg(NO₃)₂

Talhão	Teores foliares			Solo			V
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	
	----- g/kg -----			----- mmol _c /dm ³ -----			%
1	20,5	17,3	4,2	2,5	17	7	57
2	17,0	-	-	1,3	5	2	28
3	20,5	16,6	4,2	1,3	12	4	54
4	19,5	-	-	2,1	14	6	58
5	21,5	-	-	2,1	21	11	68



Manejo nutricional para aumento da produtividade

estratégias

monitoramento da fertilidade do solo

avaliações dos resultados das análises de solo e de folhas e do diagnóstico de campo

tomada de decisão

definição de doses de corretivos e fertilizantes, observando-se a demanda e a produtividade dos talhões

definição de fontes, épocas e modo de aplicação

adubo sólido ou fertirrigado, precisão etc.

análise de pontos críticos

avaliação da qualidade do trabalho, manutenção de históricos e evolução da produtividade e qualidade dos frutos



Comentários finais

- A avaliação do estado nutricional dos citros é realizado com base no diagnóstico foliar
- O seu entendimento (“interpretação”) é complexo ,uma vez que resulta de um somatório de eventos
- É uma das ferramentas necessárias para a definição do manejo dos citros, cujas informações são utilizadas em conjunto com o diagnóstico da fertilidade do solo e em séries de dados

Grato pela atenção!