



**"Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina"**

Cora Coralina

**Fertilidade de solo. Interpretação da análise química.
Avaliação do estado nutricional.**

**USP/Esalq
Piracicaba/SP
agosto - 2017**

**Prof. José Laércio Favarin
Departamento Produção Vegetal
Setor agricultura**

Fertilidade de solo: extrator, teor de nutrientes e análise solo

Composição	<u>100</u> kg	Origem
C - carbono	44	Atmosfera
O - oxigênio	44	Água do solo
H - hidrogênio	<u>6</u>	

<u>CH₂O</u>	<u>94</u> kg	<u>Fotossíntese</u>

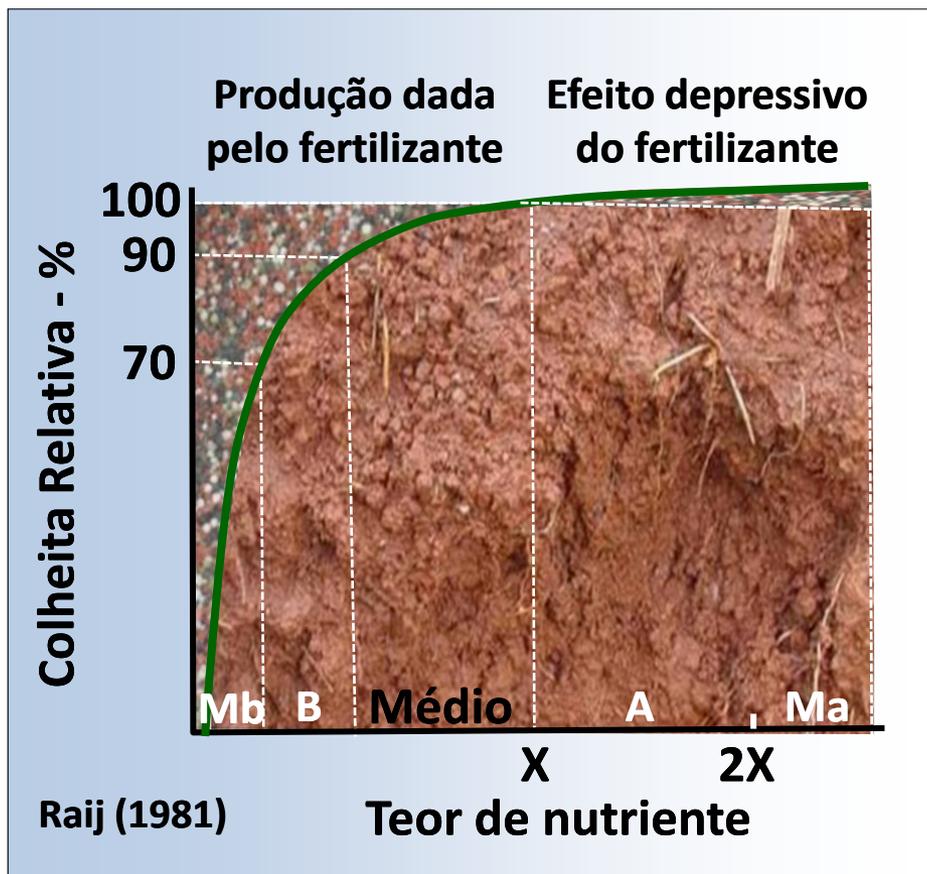
Nutrientes e não nutrientes	6 kg	<u>Solo</u> + adubo, <u>via água</u>



Nutrientes são elementos sem os quais a planta não completa o ciclo de vida. C, O, H (94%); N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn, e mais não nutrientes (6%).

Qualquer que seja o extrator não se obtém o teor real (X) de nutriente no solo. Ainda assim, o teor serve de referência porque foi calibrado com a colheita relativa (Y). A análise de solo só faz sentido se houver essa correlação!

Fertilidade de solo: classes de teor em razão do extrator usado na análise química de solo...



Teores de nutrientes		Médio/Bom
Fósforo Mehlich- mg dm ⁻³	30 a 45 - A	
Fósforo Mehlich- mg dm ⁻³	20 a 30 - M	
Fósforo Mehlich- mg dm ⁻³	12 a 18 - A	
Fósforo resina - mg dm ⁻³	13 a 30	

Potássio - mmol dm ⁻³	1,6 a 3,0	
Potássio - mg dm ⁻³	60 a 120	

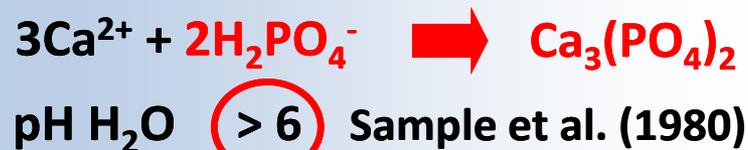
Cálcio - mmol dm ⁻³	4 a 7	
Magnésio - mmol dm ⁻³	5 a 8	
Enxofre - mg dm ⁻³	5 a 10	

Raij et al. (1996) e Alvarez V et al. (1999)		

Fertilidade e nutrição: café em formação e em produção



PN %	PRNT %	Reação		Escolha calcário
		< 3	> 3	
100	70	70	30	Instalação do café
80	72	72	8	Café em formação
135	135	<u>135</u>	-	<u>Café em produção</u>
179	179	<u>179</u>	-	



$$\text{DC} = \text{T} \times (\text{Vd}\% - \text{Va}\%) / \text{PRNT}$$

$$\text{T} = \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg} + (\text{H} + \text{Al})$$

$$\text{Va} = \text{SB} (\text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}) / \text{T}$$

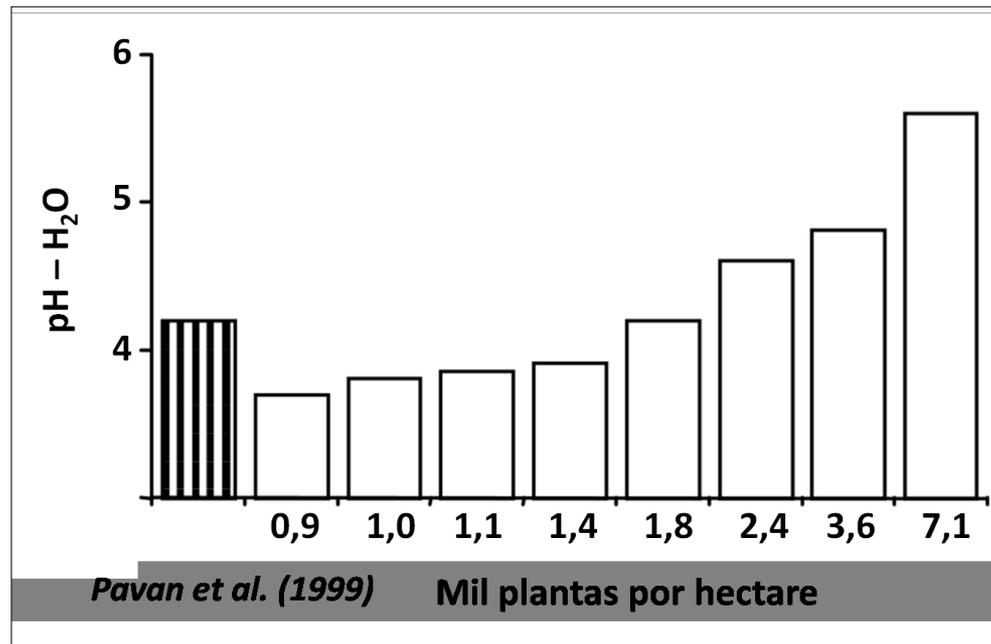
Cafezal em formação: calcário de baixo PRNT para ter o benefício da efeito residual. Para café produzindo usar **calcário reativo**, pois importa a produtividade de grãos, e não mais o efeito residual...

Variáveis	...20cm	...5cm
pH CaCl ₂	<u>4,5</u>	<u>6,0</u>
P (mg dm ⁻³)	12	62
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,2	8,1

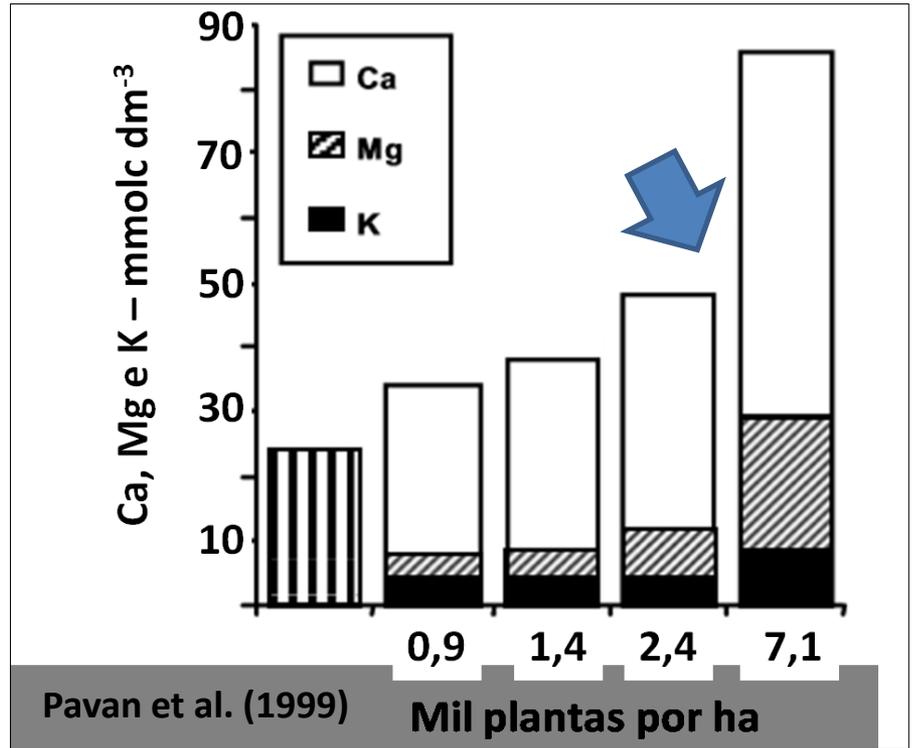
Raij (1992)

Caminho a seguir pela cafeicultura...

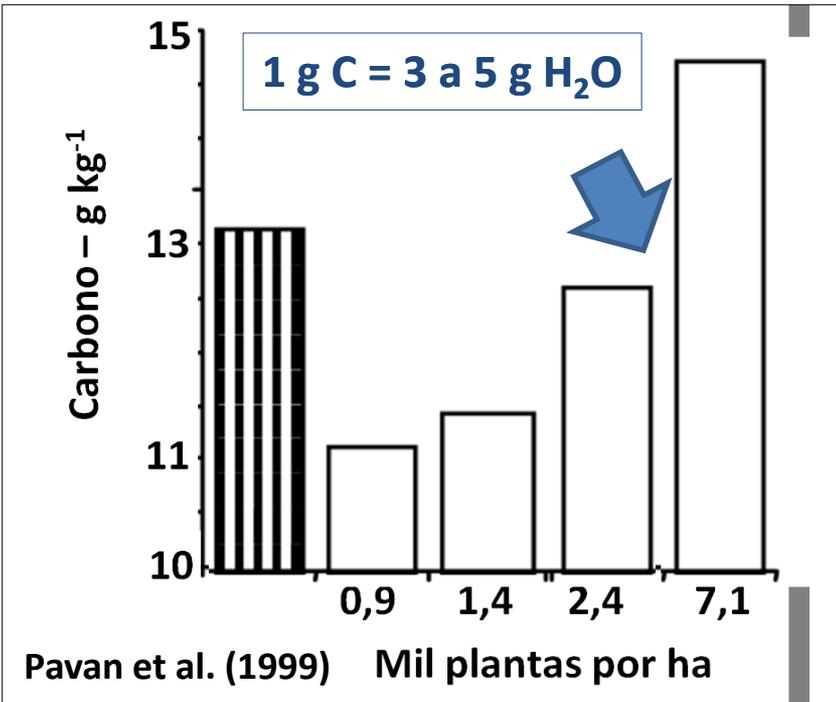
Será bem mais eficiente...



Caminho a seguir...



Cafeicultura evolucionará de 5,1 para 7,1 pl/ha...



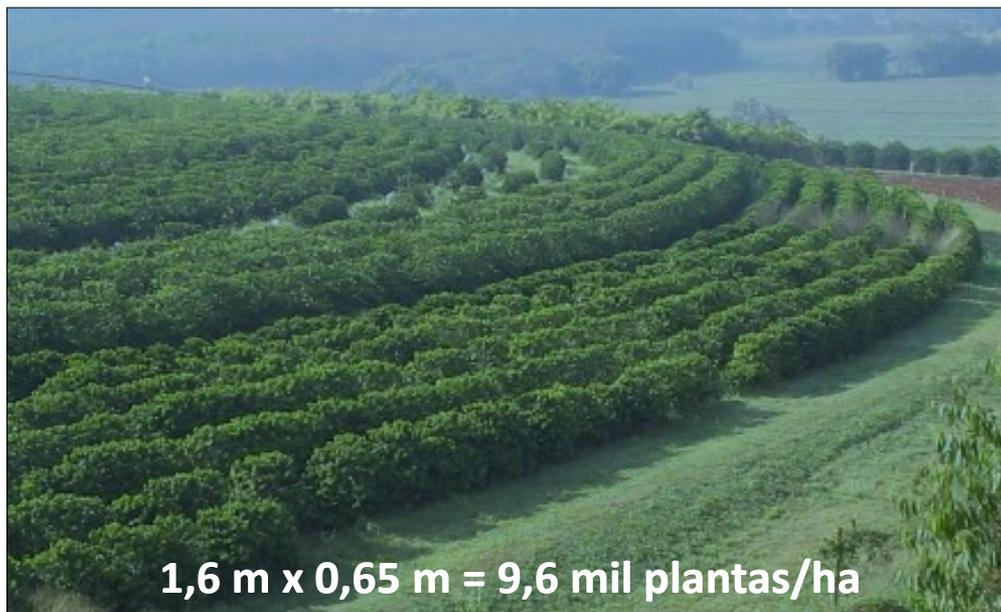
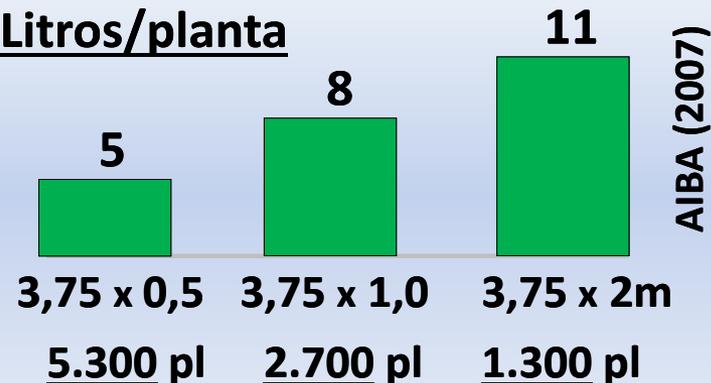
Como interpretar a análise de solo e a fertilização do cafezal atual e futuro? E a bienalidade?

$$DNu = (DFr + DVe) \times (100/ERNu) (\%, ?)$$

Dose \propto produção (L/planta) e da vegetação correspondente. Mas, como estimá-la?

As tabelas foram elaboradas a partir de dados de uma cafeicultura bem diferente da atual...

Litros/planta



safras	5.333 pl	2.666 pl	1.333 pl
1 ^a	35,4	29,1	17,5
2 ^a	82,6	55,4	52,7
3 ^a	79,8	64,2	53,9
4 ^a	44,4	27,8	9,9
5 ^a	57,9	53,6	44,9
6 ^a	43,2	36,8	17,6
Média	57,1a	44,5b	32,7c

Dose de nitrogênio?

$$DN = (NF + \underline{NV}) \times 100 / \underline{ERN}$$

<u>Produção</u>	<25	26-30	>31
	N foliar - g kg ⁻¹		

sacas ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ N		
< 20	200	140	80
21 a 30	250	175	110
31 a 40	300	220	140
41 a 50	350	260	170
51 a 60	400	300	200
<u>> 60</u>	<u>450</u>	<u>340</u>	<u>230</u>

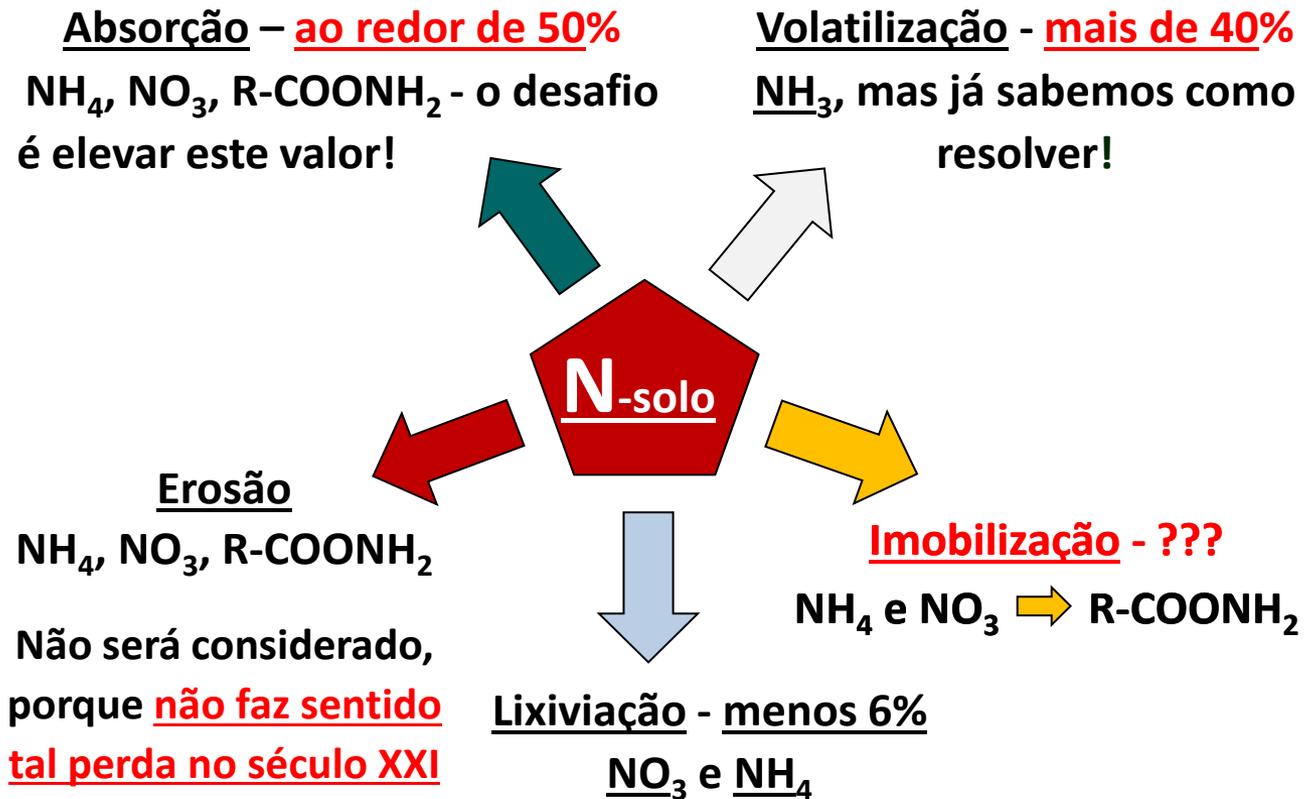
5ª Aproximação MG (1999)



Formação: após plantio – 4 g de N/planta, cada 30 dias. No 2º ano, 4 doses de 8 g/planta a cada 45 dias – de setembro a março (Raij et al., 1996).

Dinâmica do N: diz respeito aos processos pelos quais o nutriente sofre quando é adicionado no solo...

Qualquer fonte de N no solo se transforma em: NH_4 , NO_3 , NH_3 , R-COONH_2

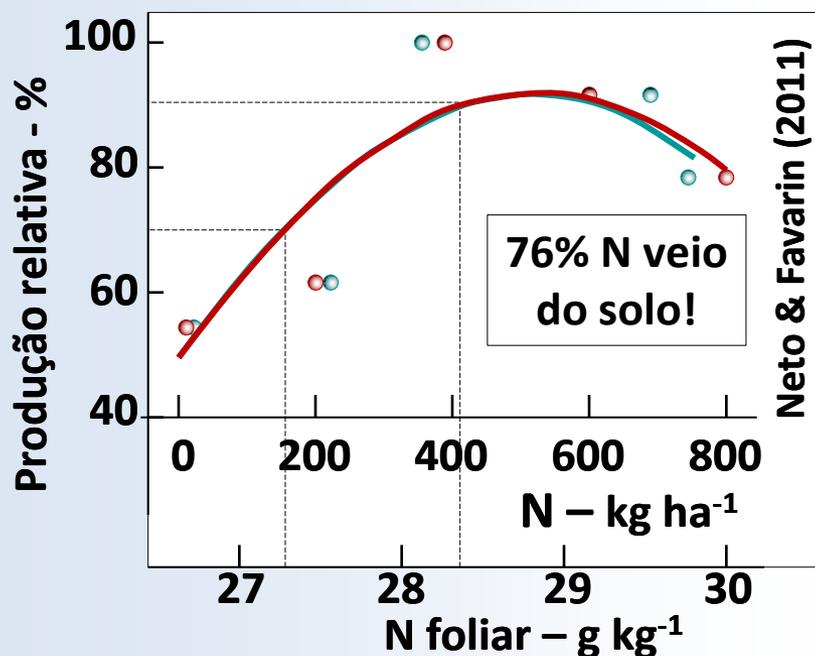


Fertilidade e nutrição de café: curva dose-resposta e EUN

Profundidade cm	MO %	argila %	CTC cmol _c dm ⁻³
00 a 10	1,5	14	3,5
10 a 20	1,4		3,3
20 a 30	1,0	21	3,0
30 a 40	0,9		2,3

N kg ha ⁻¹	EUNF		Lixiviação N	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
200	149,2	74,6	2,6	1,3
400	164,4	41,1	14,8	3,7
600	273,0	45,5	45,6	7,6
800	228,8	28,6	104,0	13,0

Bortolotto (2010) LEM: 15% argila; 1,2% MO



Dose ¹⁵ N kg/ha	NF kg/ha	NS	EUNF %	NS/NT
300	117	<u>387</u>	39	77
400	164	<u>549</u>	41	77
280	112	<u>301</u>	40	<u>73</u>

Favarin (2017) **Média - 76%**

Adubação fosfatada: dose, época, café em produção...

$$DP = (P_{Fr} + P_{Ve}) \times 100 / ERP$$

Produção

	< 6	6 a 9	> 9
	P - Mehlich - mg dm ⁻³		
sacas ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅		
< 20	30	10	-
21 a 30	40	20	-
31 a 40	50	25	-
41 a 50	60	30	15
51 a 60	70	35	18
<u>> 60</u>	<u>80</u>	<u>40</u>	<u>20</u>

5ª Aproximação MG (1999) 35-60% argila

Variável	CH	EX	GR
mg por fruto			

M.Seca	30,4	201,7	347,5
--------	------	-------	-------

<u>P</u>	<u>0,06</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>
----------	-------------	------------	------------

Laviola (2008)



Tabelas de adubação elaboradas com dados de cafezais diferente dos atuais

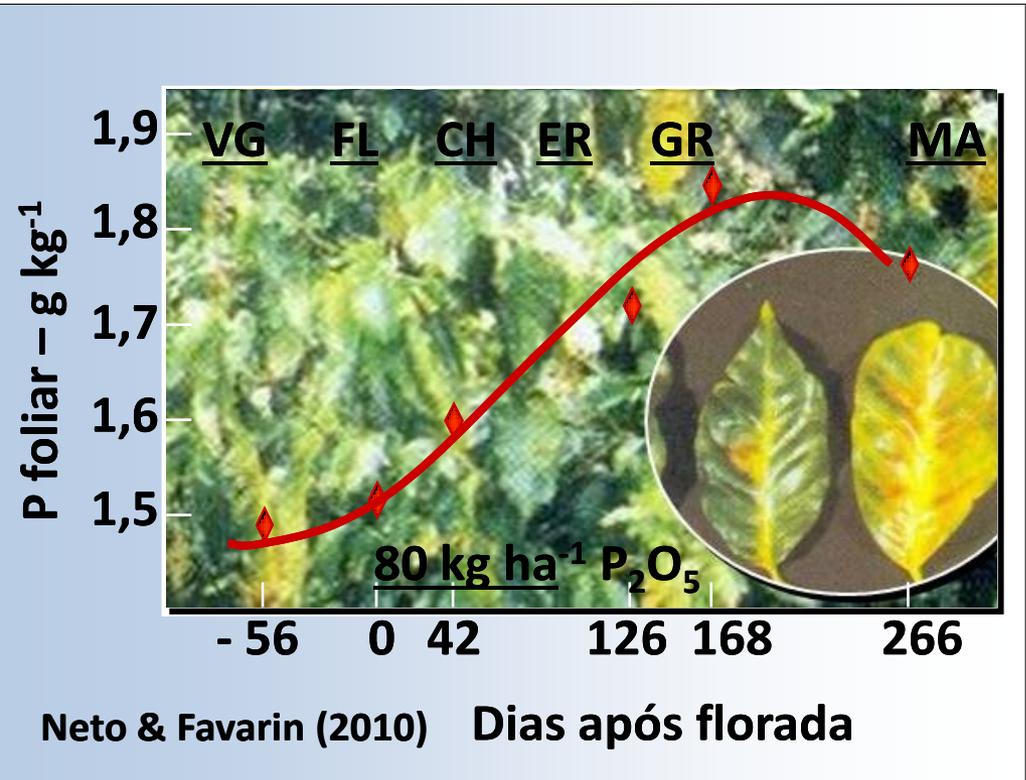
Fósforo: fenologia, modo de aplicação e água...

H₂O solo - MPa P xilema - μ/h

-0,01 5,99

-0,30 0,02

Ruiz et al. (1988)



Fósforo importa na pré/pós-florada, quando é baixo o teor foliar, mesmo em solo fértil. Deficiência ocorre por falta de água (difusão) e/ou temperatura baixa, pois a absorção é ativa – depende respiração, e esta da temperatura.

Fertilidade e nutrição de café: dose de K, dose-resposta e EUK

$$\underline{DK} = (\underline{KFr} + \underline{KVe}) \times \underline{100}/\underline{EUK} ?$$



<u>Produção</u>	< 60	60 a 120	> 120
	mg dm ⁻³		
	sacas ha ⁻¹		
	kg ha ⁻¹ K ₂ O		
< 20	200	150	100
21 a 30	250	190	125
31 a 40	300	225	150
41 a 50	350	260	175
51 a 60	400	300	200
> 60	450	340	225

5ª Aproximação MG (1999)

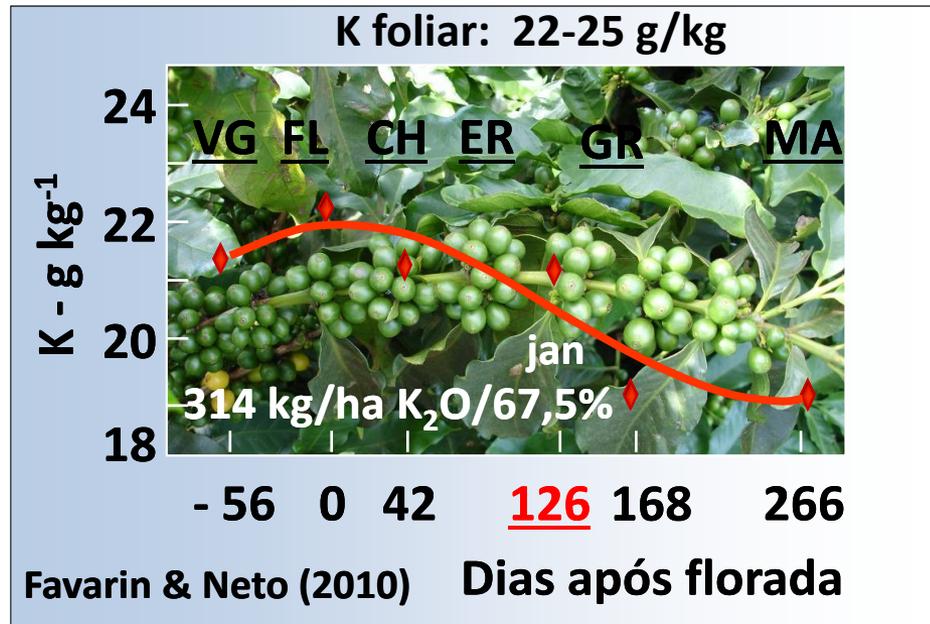
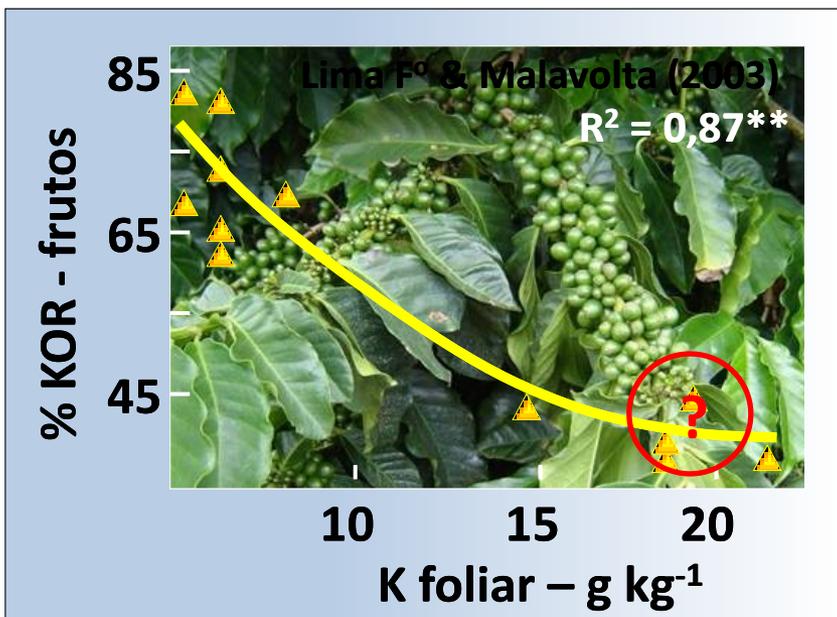
	CH	EX	GR
	mg/fruto		
MS	30,4	201,7	347,5
N	0,7	4,3	3,8
K	1,0	4,1	5,9

Laviola (2008)

	Braquiária
	kg/t MS
N	18
K₂O	26

Média geral

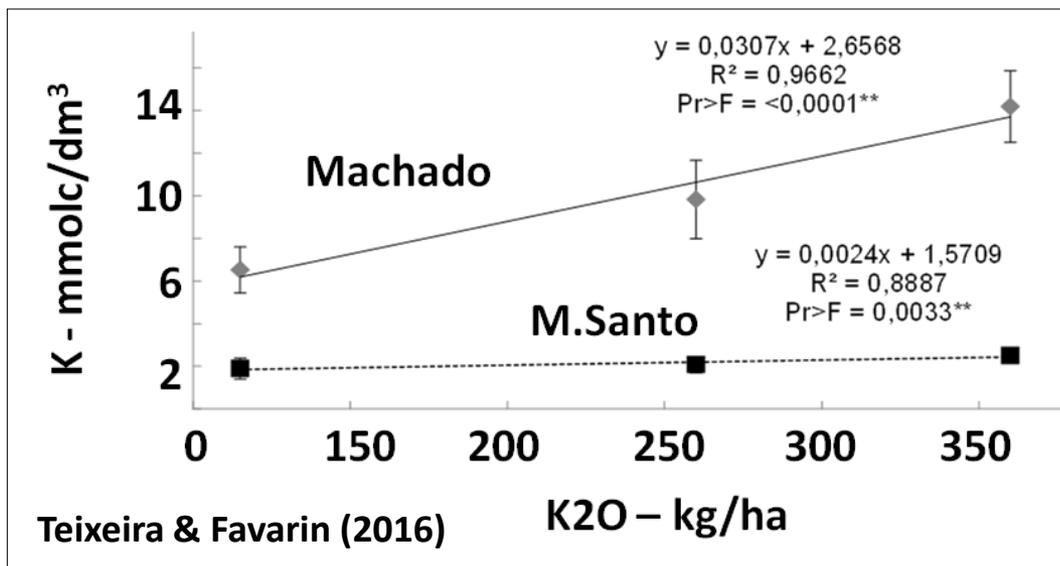
Fertilidade e nutrição de café: fenologia e remobilização



314 kg/ha K₂O até janeiro, em solo com 2 mmol_c dm⁻³, caiu o teor foliar (3º par) após a expansão. K vai para o fruto!

Há fluxo K direto do solo para os frutos, e remobilização de folhas, ramos e raízes para os frutos (Lima Fº & Malavolta, 2003).

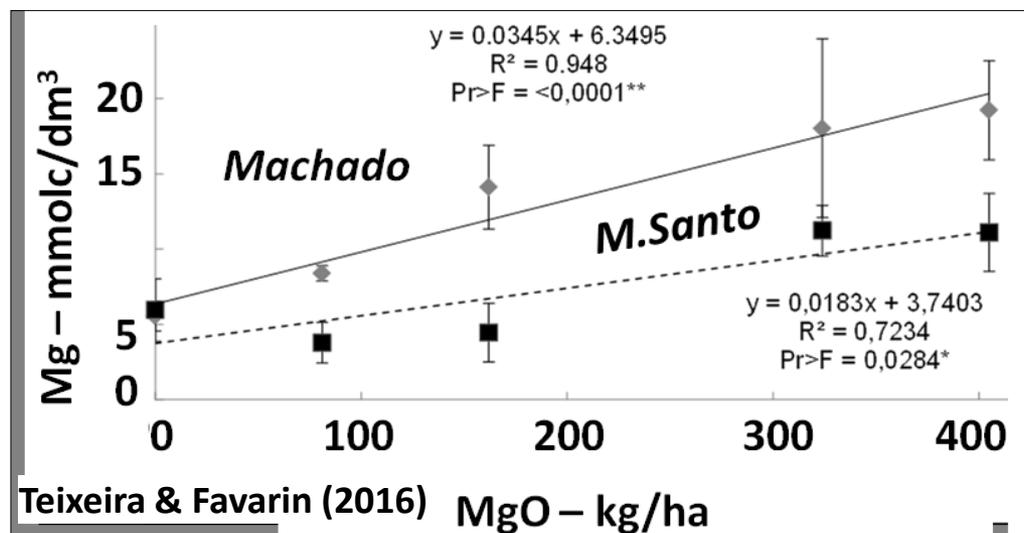
Movimento do K e Mg no perfil do solo varia com a textura



Machado/MG
71% argila e 26% areia



Monte Santo de Minas/MG
17% argila e 82% areia



O caso magnésio...



Base teórica da deficiência de Mg induzida por K. RA é constante!

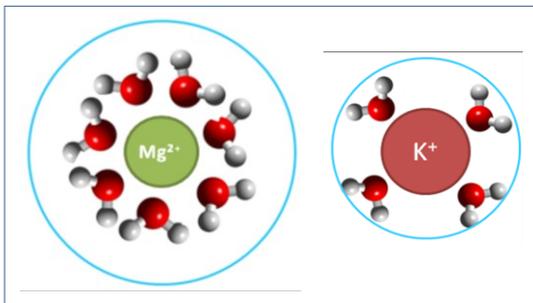
$$RA = \frac{K^+_{\text{solução}}}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})_{\text{solução}}}}$$

Regra prática: “os teores de potássio não devem superar os de magnésio”

(Raij, 2011, p.268, final do 2º parágrafo)

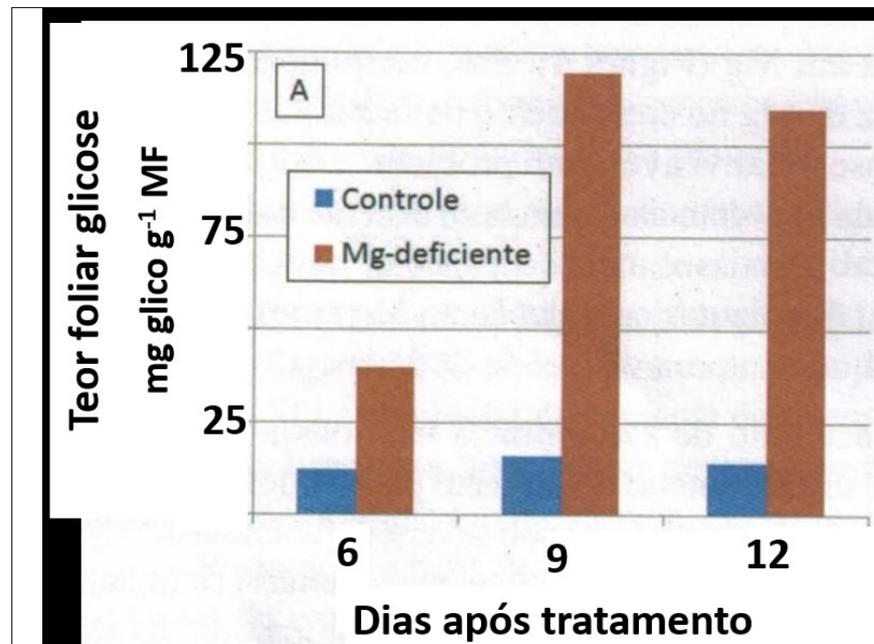
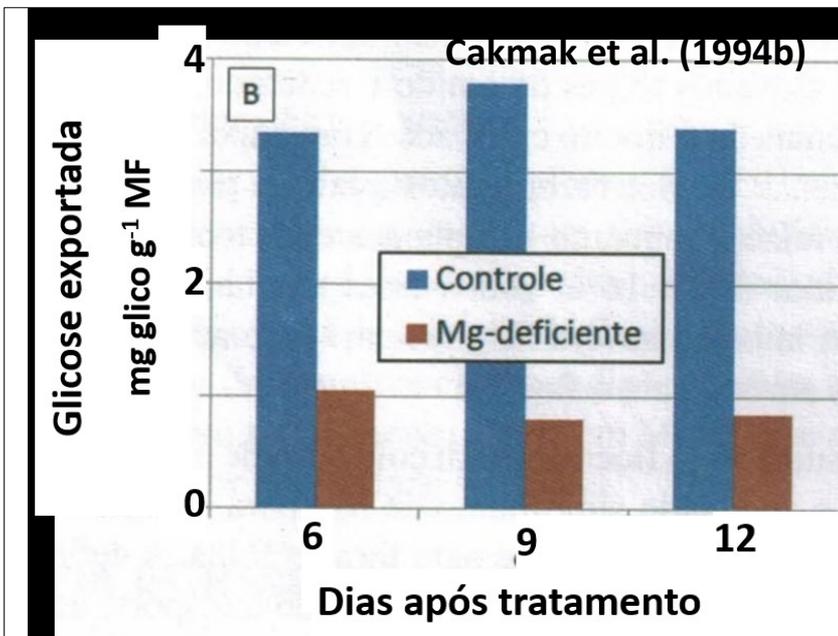
Fertilidade e nutrição de café: teor de K não pode ser igual Mg

Mg é tão ou mais importante do que o **K** para **fluxo** de **CH₂O** à **granação fruto!**



Absorção	Mg	...Ca	...K
	Mg - $\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$		
raízes	50,1	34,9	<u>4,5</u>

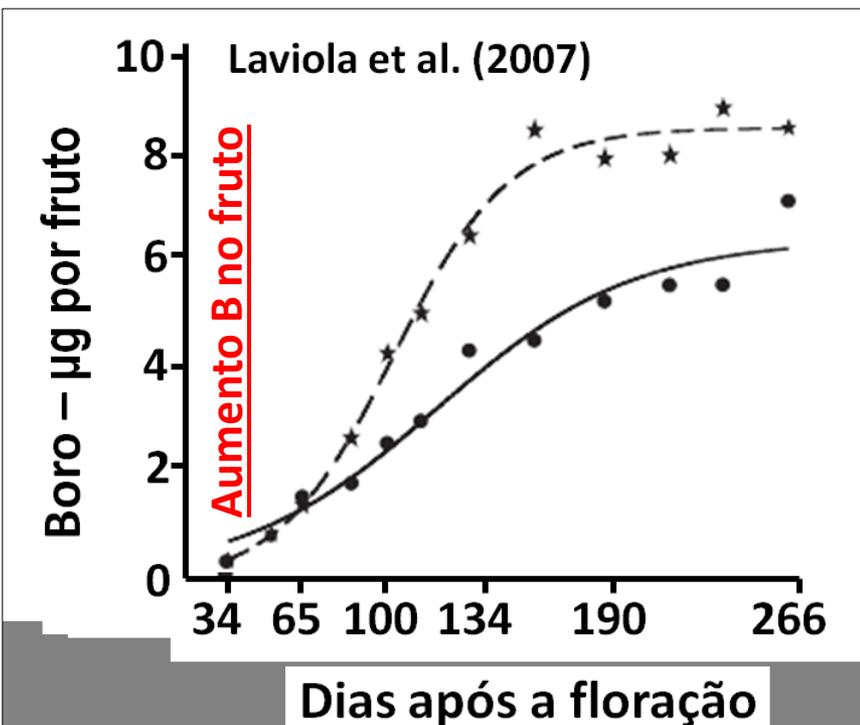
Schimansky (1981)



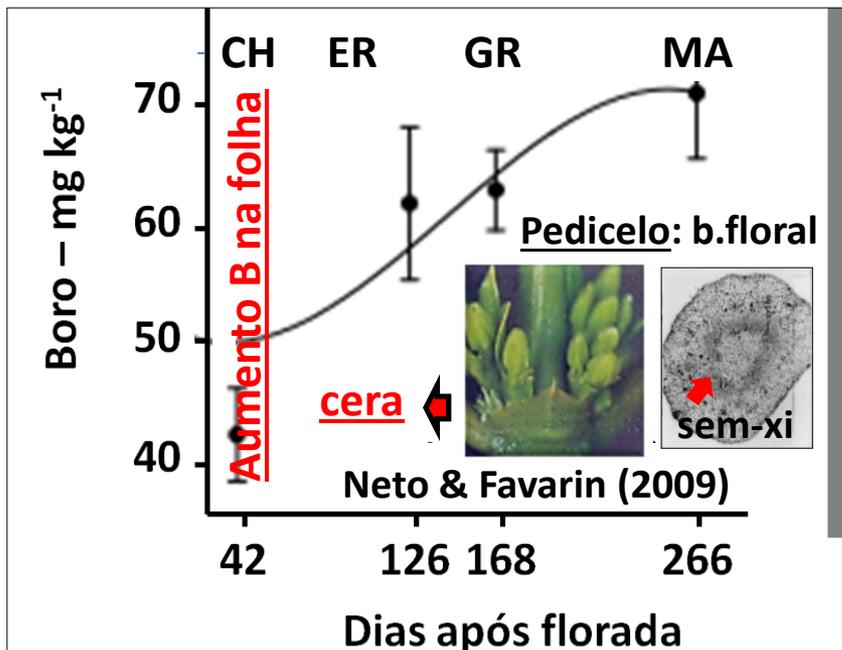
Aumento simultâneo de **B** na folha de ramo frutífero e também nos frutos, indica que o transporte de B é a longa distância - B vem solo via xilema.

Remobilização de B é inferior a 5% de as folhas aos frutos (Leite et al., 2007).

Boro no solo, e via foliar!



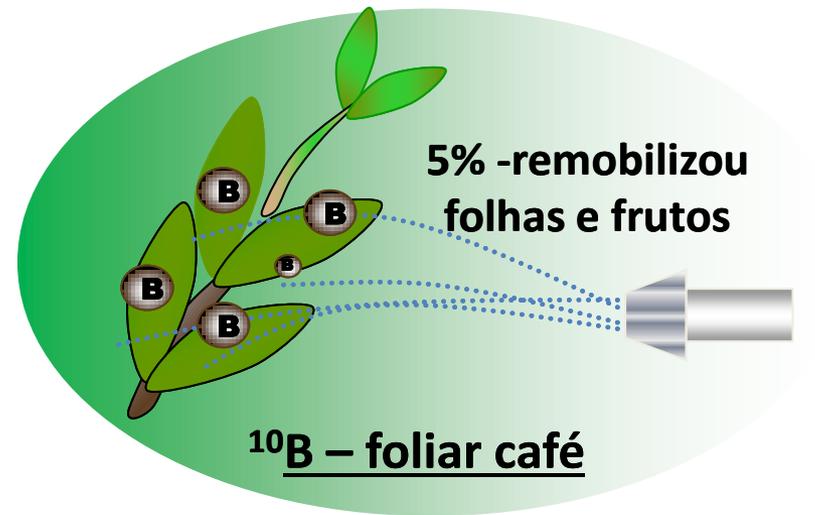
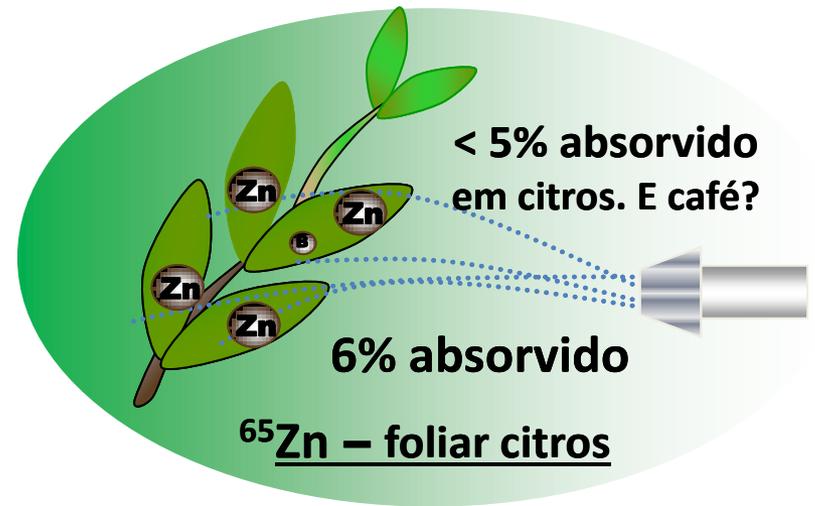
- Boro no café -



Concentração adequada de **Zn** na folha se obtém **facilmente** via **foliar**. Zinco no solo, além da fixação, acumula muito na **raiz/ramo** - “sistema regulador” do teor foliar...



Zn foliar e B no solo...

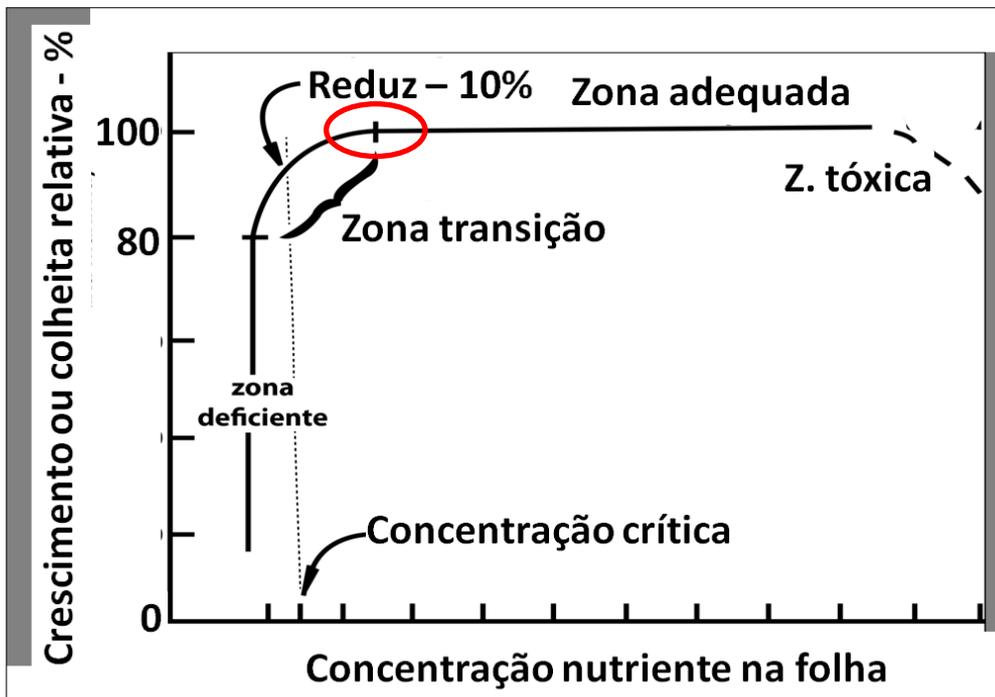


Zinco ⁽¹⁾ mg dm ⁻³	Folha ² mg kg ⁻¹ - 128 DAP	Ramo	Fruto	Sacas/ha
4,8 (0,6/1,2)	10,0	26,2	4,0	59,9a
115,6	13,0	39,5	5,3	45,6a
193,3*	11,8	83,0	5,0	55,1a

Tezotto & Favarin (2010) - ⁽¹⁾ DTPA - ²10-20 - *morte

Interpretação da análise foliar: base teórica...

Dentro limites, há relação: teor do nutriente x produção; teor x concentração foliar; e teor foliar x produção. Maior teor, maior a concentração foliar e, por extensão, maior a produção (Malavolta, 1992). Cuidado com relação de nutrientes!



“Foto” na coleta da folha reflete acontecidos durante a formação, que remete entre 70 e 90 dias antes. Daí, interpretar de modo dinâmico, nada simples!

Interpretação: faixas estreitas, e representa uma pequena parte do segmento da zona adequada...

Culturas	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
Cafeeiro*	29-32	1,6-1,9	22-25	13-15	4-4,5	1,5-2	50-60	11-14	80-100	15-20
Feijão*	30-50	2-3	20-25	15-20	4-7	5-10	30-60	10-20	30-300	20-100
Milho*	28-33	2,5-3,5	17,5-22,5	2,5-4	2,5-4	1,5-2	15-20	6-20	50-150	15-50
Soja*	45-55	2,6-5	17-25	4-20	3-10	2-5	21-55	10-30	21-100	21-50
Trigo**	20-34	2,1-3,3	15-30	2,5-10	1,5-4	1,5-3	5-20	5-25	25-150	20-70

*Malavolta et al. (1997) - **IAC (1997)

Deficiência/toxidez nutricional é mais fácil identificar por **comparação** entre folhas de plantas **normais** e de plantas **anormais**. Dados de tabelas servem como referência, não são verdades absolutas – a cafeicultura mudou muito!

The background of the slide is a photograph of a large, light-colored university building with a red-tiled roof and a central tower. In the foreground, a large tree with vibrant red flowers is in full bloom, partially obscuring the building. A person on a motorcycle is visible on the left side of the image.

**Profissional sábio é aquele que sabe
praticar a teoria!**

J.L.Favarin

Até mais...

favarin.esalq@usp.br

Prof. José Laércio Favarin

Departamento de Produção Vegetal

Setor agricultura