



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

Cora Coralina

**Fertilidade de solo. Interpretação. Adubação e
avaliação do estado nutricional.**

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

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

Fertilidade de solo: extrator, e classe de teor de nutrientes...

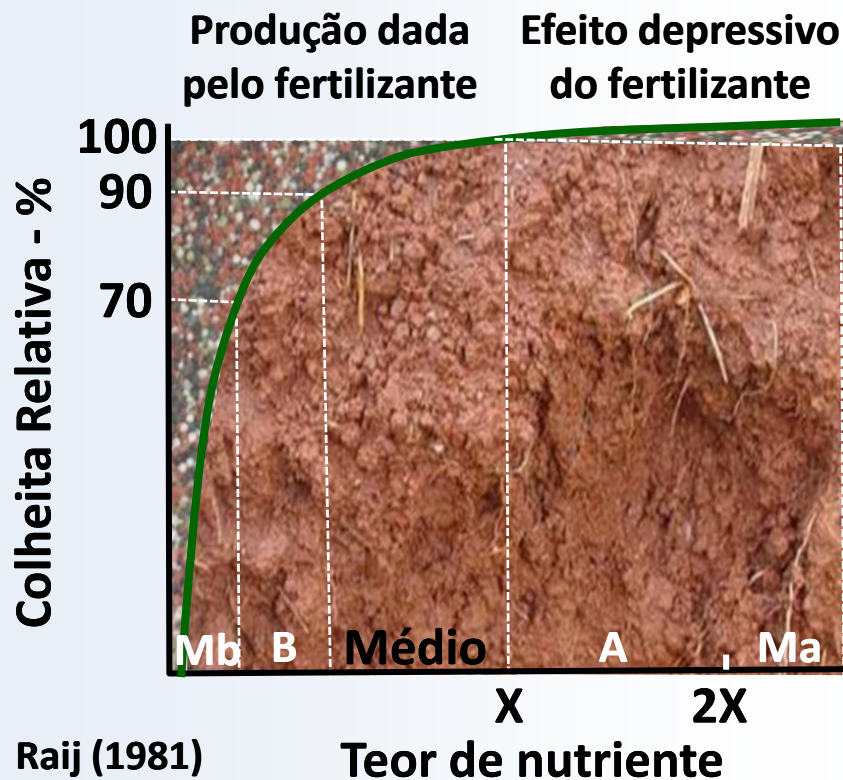
Composição	<u>100</u> kg	Origem
C - carbono	44	Atmosfera
O - oxigênio	44	
H - hidrogênio	<u>6</u>	Água do solo
<u>CH₂O</u>	<u>94</u> kg	<u>Fotossíntese</u>
Nutrientes e não nutrientes	6 kg	<u>Solo</u> + adubo, via água



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 os não nutrientes absorvidos (6%).

Qualquer que seja o extrator não se obtém o teor real (X) de nutriente no solo. Ainda assim, 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.
Solo fértil é um condição necessária, mas não é suficiente
para ser um solo produtivo. Água, água, água...



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 – $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		1,6 a 3,0
Potássio – mg dm^{-3}		60 a 120
Cálcio – $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		4 a 7
Magnésio – $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		5 a 8
Enxofre – mg dm^{-3}		5 a 10
Raij et al. (1996) e Alvarez V et al. (1999)		

Correção da acidez: 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>	-	



pH H₂O **> 6** Sample et al. (1980)

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

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

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

Cafezal em formação: calcário de baixo PRNT para ter o benefício da efeito residual. Para café em produção usar **calcário reativo**, pois o que importa é produzir frutos, 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

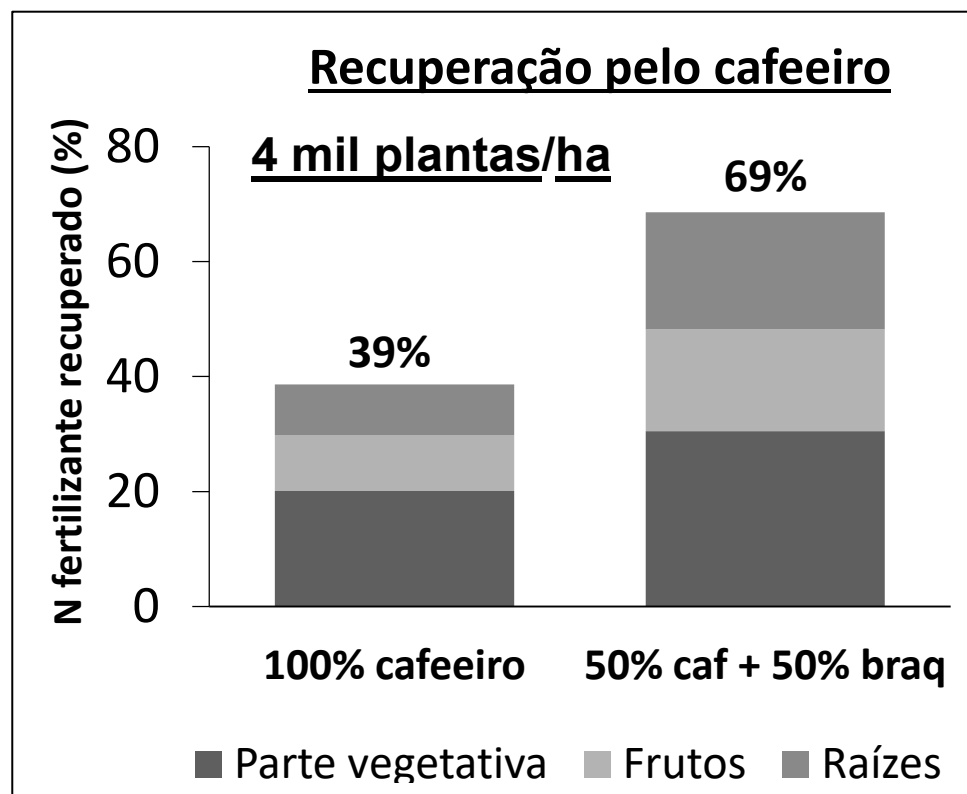
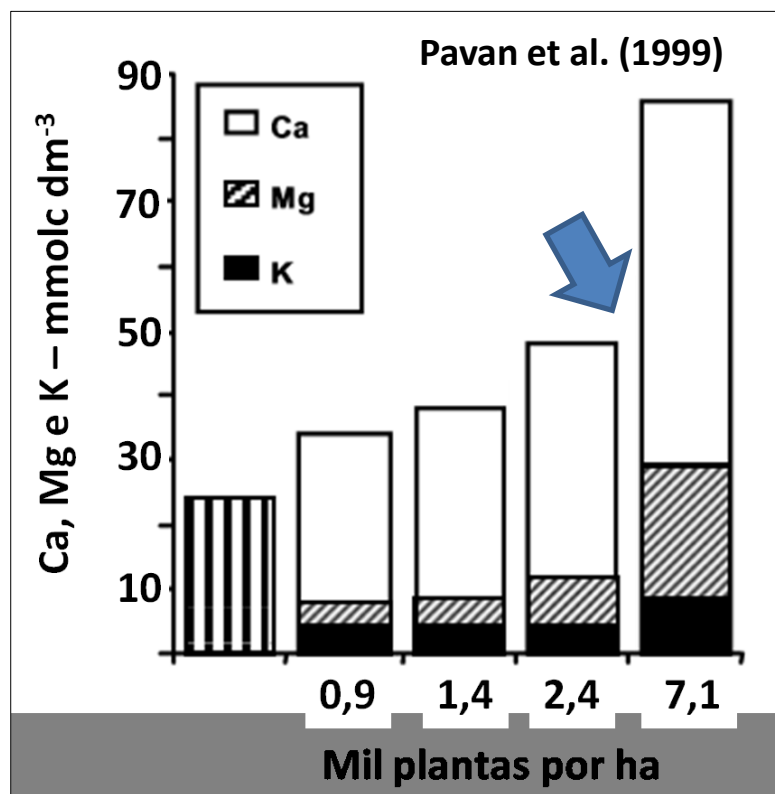
Raij (1992)

Cafeicultura atual difere muito daquela que gerou os dados para fins de interpretação da fertilidade e da nutrição...



Nas lavouras atuais o café não está isolado, varia entre 4 e 7 mil plantas/ha. Café isolado explora menor volume de solo, muito diferente do sistema atual. E a recuperação de os nutrientes no sistema adensado é maior, mas quanto? Trabalho ainda a ser feito!

Densidade de planta e fertilidade. Eficiência de recuperação de N em razão do sistema de produção



Recuperação de nutriente é maior em cafezal com mais plantas por ha, assim como no sistema café x braquiária. Neste caso, recuperou 69% do N, e a dose?

Dose de nutrientes?

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

Produção <25 26-30 >31
esperada 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>

CFSEMG - 5ª Aproximação (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).

Contribuição do solo para o conteúdo total de N na planta. E em café adensado qual é a ordem de grandeza?

N-FE kg/ha	NTP	NPF kg/ha	NPS	NPS/NTP %
180	412	108	304	74
150	376	76	300	80
150	210	86	124	60

Silas, Almeida, Favarin (2015) - milho

Scs/ha	Favarin & Souza (2017)			CFSEMG (1999)
	Frut	Veg	Total	
	-----N (kg ha ⁻¹) -----			
20	70	58	128	200
30	104	48	152	250
40	138	39	177	300
50	173	29	201	350
60	207	19	226	400
70	241	10	250	450

Reserva solo: 800 a 10.000 kg/ha N

Ainda falta saber a oferta do solo (OS), geralmente é alta, mas quanto? Assim, a dose do nutriente pode ser obtida pela equação $[DN = (DT - OS) \times 100/ER]$. A dose pode ser menor, mas precisa ser confirmada com pesquisas em campo. Se confirmar, é bom para o agricultor - reduz custo, e o ambiente agradece.

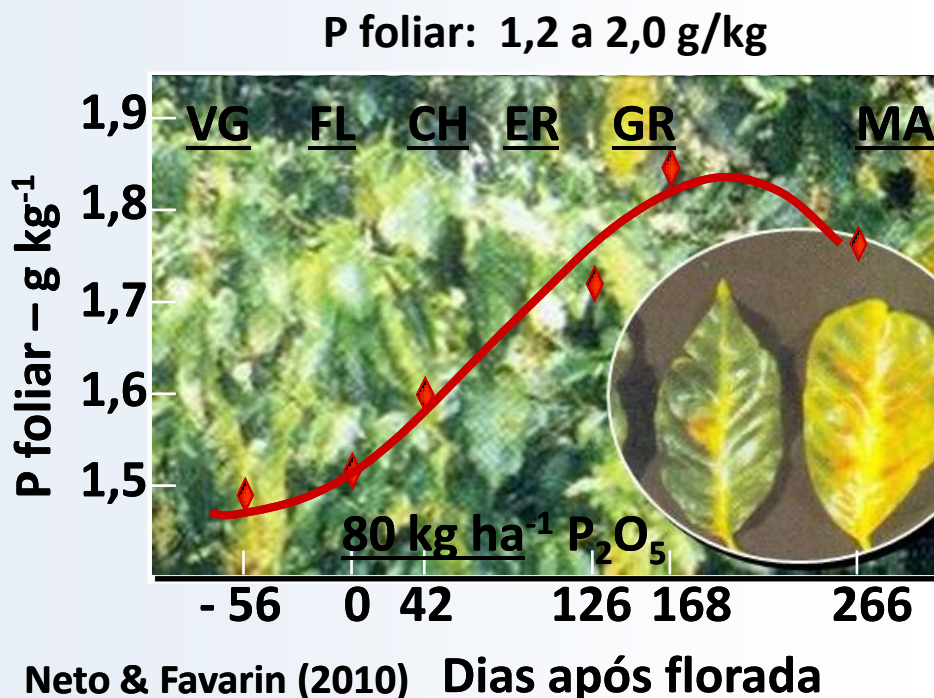
Dose de fósforo: fenologia, e modo de aplicação...

Produção esperada

< 6 6 a 9 > 9
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
> 60	80	40	20

CFEMG-5^a Aprox.(1999) 35-60% argila



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

Dose de potássio: fenologia, remobilização...

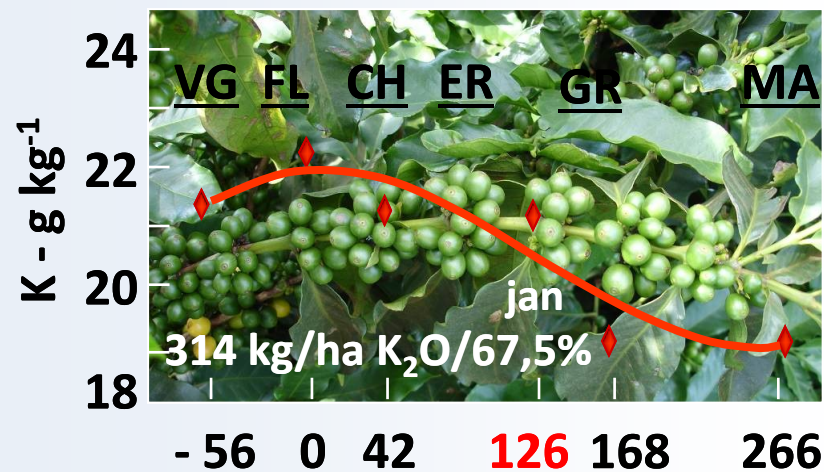
Produção esperada

< 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

CFSEMG - 5ª Aproximação (1999)

K foliar: 22-25 g/kg



Favarin & Neto (2010) Dias após florada

Duas folhas atendem a demanda por **K** de um fruto, se 40% for remobilizado. A maior parte do **K** contido no fruto veio direto do **solo** via xilema. Café é muito exigente em K (casca e endosperma). Cuidado, dose alta **K** inibe absorção **Mg**.

O caso magnésio...

Qual par de folhas amostrar para nutriente móvel? E imóvel?



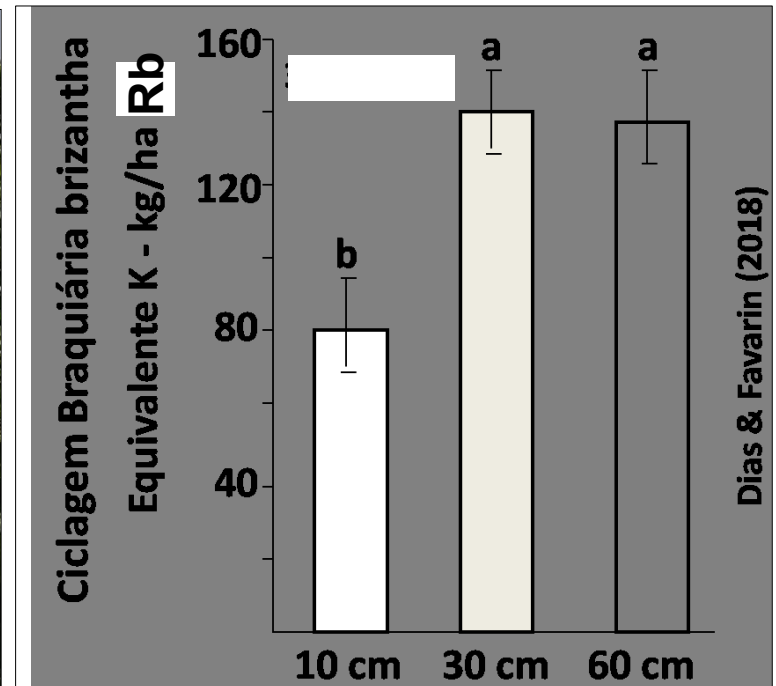
Base teórica da deficiência de Mg induzida por K. RA é constante!

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

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

(Raij, 2011, p.268, final do 2º parágrafo). O problema é maior na época chuvosa!

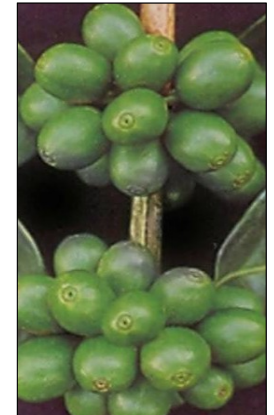
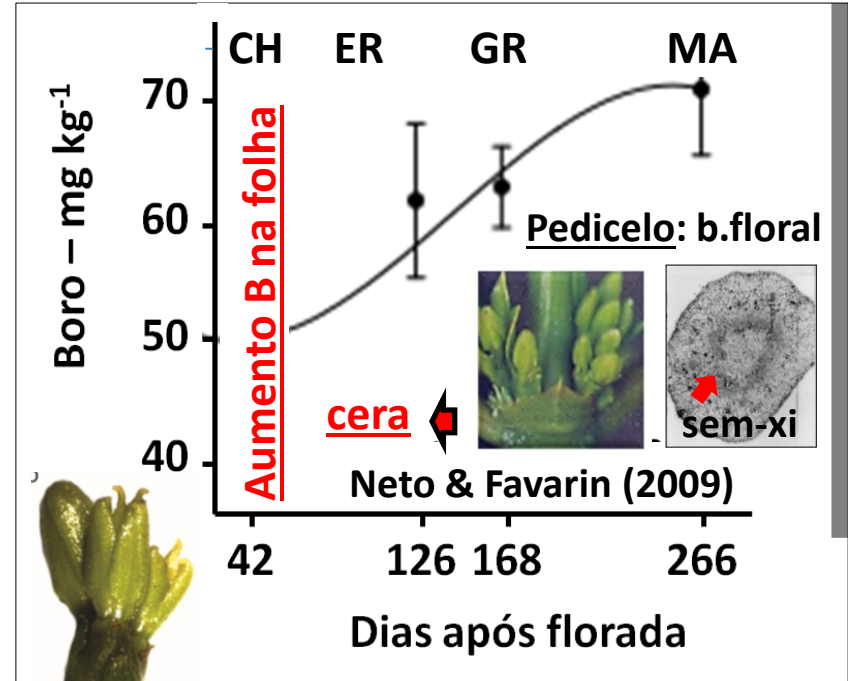
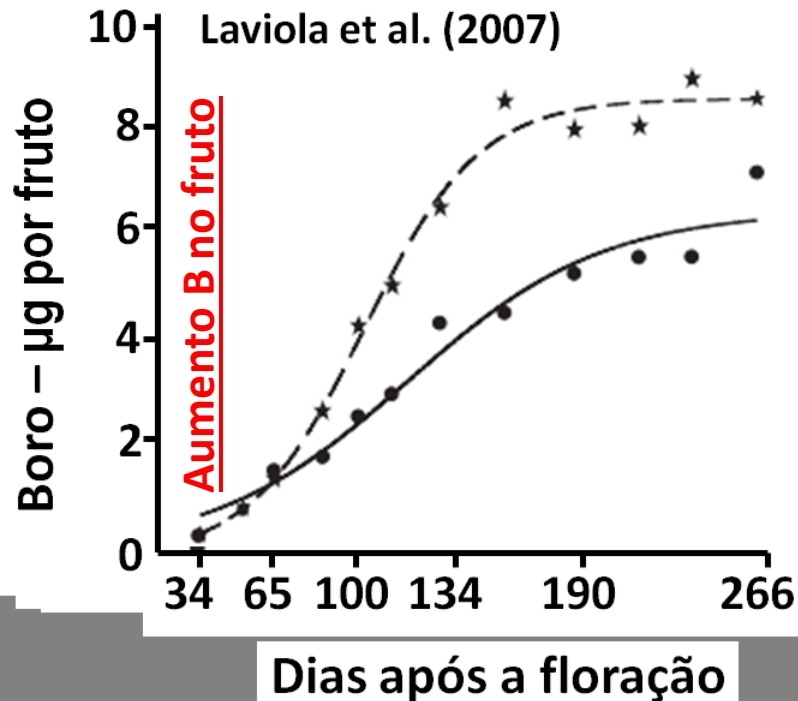
O K é móvel no solo. Sistema de produção precisa “bombear” do subsolo para a superfície, via biomassa...



Risco de o K lixiviar é alto em café, porque usa-se dose elevada. Para retê-lo: muita biomassa (volume de solo ocupado por raízes) e planta exigente (22 kg K_2O /t MS). Braquiária ciclou muito Rb (marcador de K).

- Boro no café -

Aumento simultâneo de B na folha e no fruto, indica que o transporte de B é a longa distância. O B vem do solo.
Remobilização de B é inferior a 5% da folhas aos frutos (Leite et al., 2007).



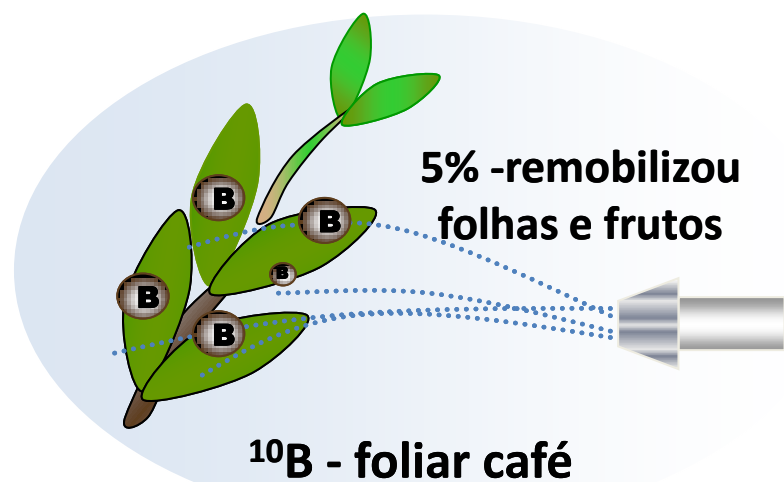
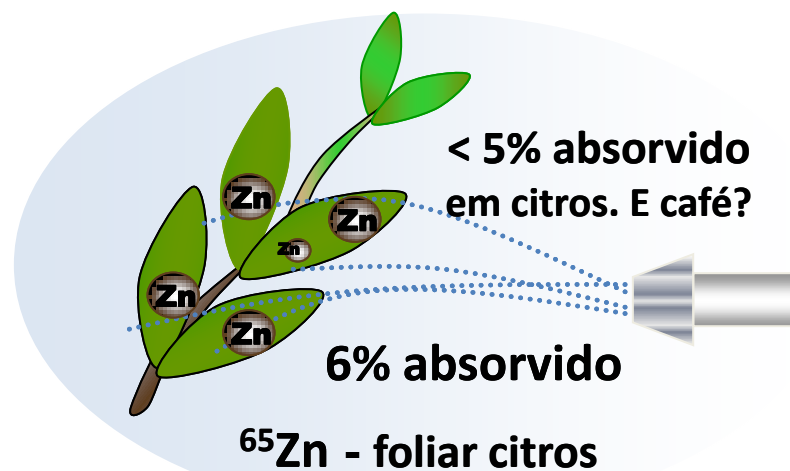
Concentração adequada de **Zn** na folha se obtém **facilmente** via **foliar**. Zinco no solo, além da fixação, acumula muito na **raiz** e no **ramo** - “regula” o teor foliar...?



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

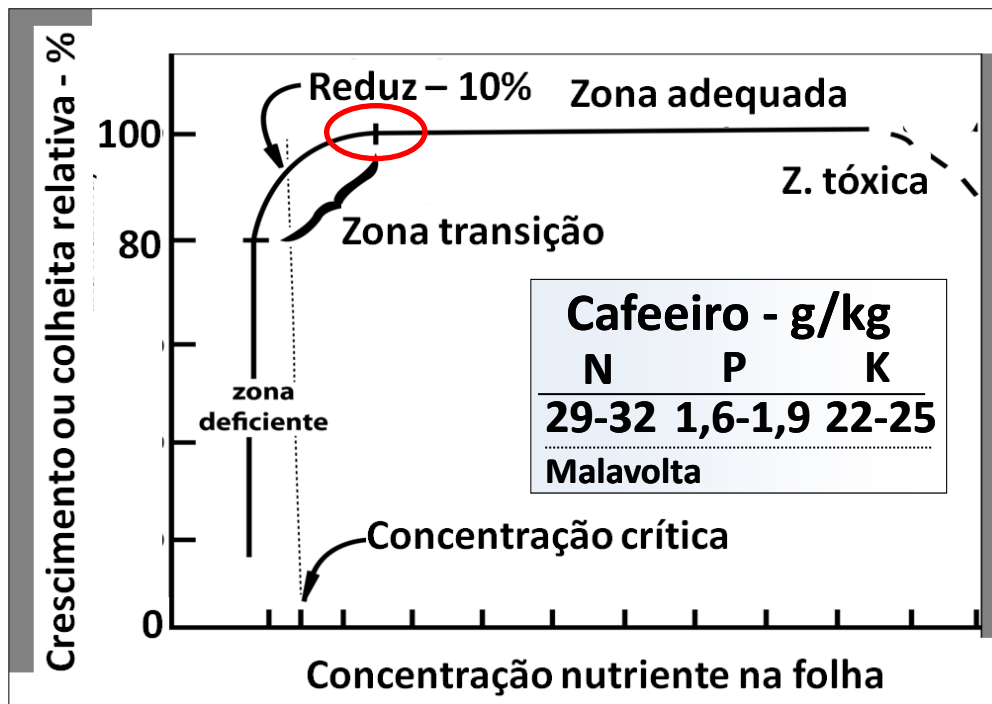
Tezotto & Favarin (2010) - ⁽¹⁾ DTPA - ²10-20 - *morte

Zinco no café...



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: relação entre 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!

The background of the slide is a photograph of a large, light-colored building with a red-tiled roof, likely a university building. In the foreground, there is a large tree with vibrant red flowers. A person on a motorcycle is visible on the left side of the image.

**“Profissional sábio sabe
praticar a teoria”**

J.L.Favarin

Até mais...

favarin.esalq@usp.br

Prof. José Laércio Favarin

Departamento de Produção Vegetal

Setor agricultura