

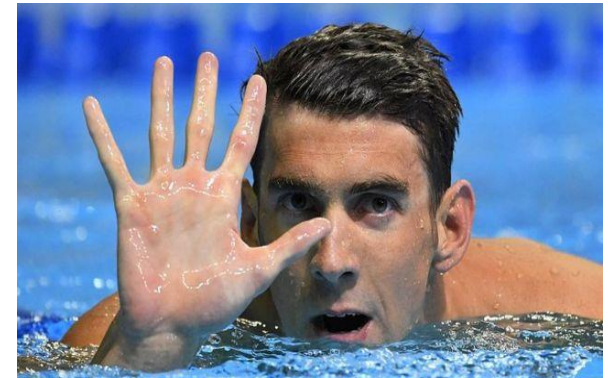
NOVAS RECOMENDAÇÕES DE MICRONUTRIENTES PARA A CANA-DE-AÇÚCAR

Dr. Estêvão Vicari Mellis

Goiânia, 20 de outubro de 2016



9 medalhas



16 medalhas

Ranking: Produção e Área Plantada de Cana no Mundo

Ranking	Country	Production ton	Ranking	Country	Area Million ha
1°	Brazil	733.267.042	1°	Brazil	9.8
2°	India	341.200.000	2°	India	5.0
3°	Philippines	320.000.000	3°	China	1.8
4°	China	125.536.000	4°	Thailand	1.3
5°	Thailand	100.096.000	5°	Pakistan	1.1
6°	Pakistan	63.749.900	6°	Mexico	0.7
7°	Mexico	61.182.077	7°	Indonesia	0.5
8°	Colombia	34.876.332	8°	Philippines	0.4
9°	Indonesia	33.700.000	9°	Colombia	0.4
10°	USA	27.905.943	10°	Argentina	0.3

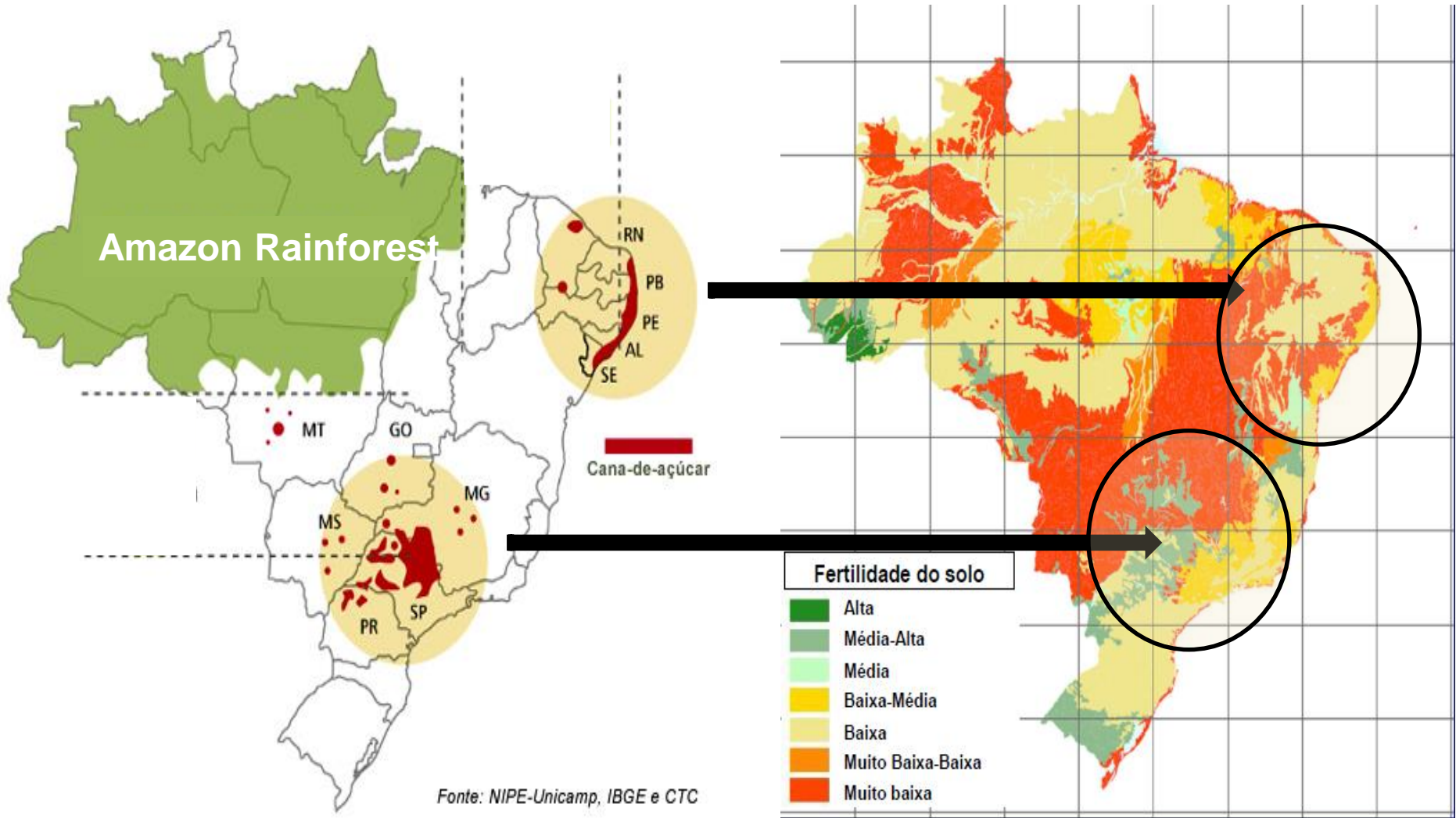
Sources: http://www.udop.com.br/download/estatistica/area_cultivada/set2016

Ranking Mundial de Produtividade de Cana

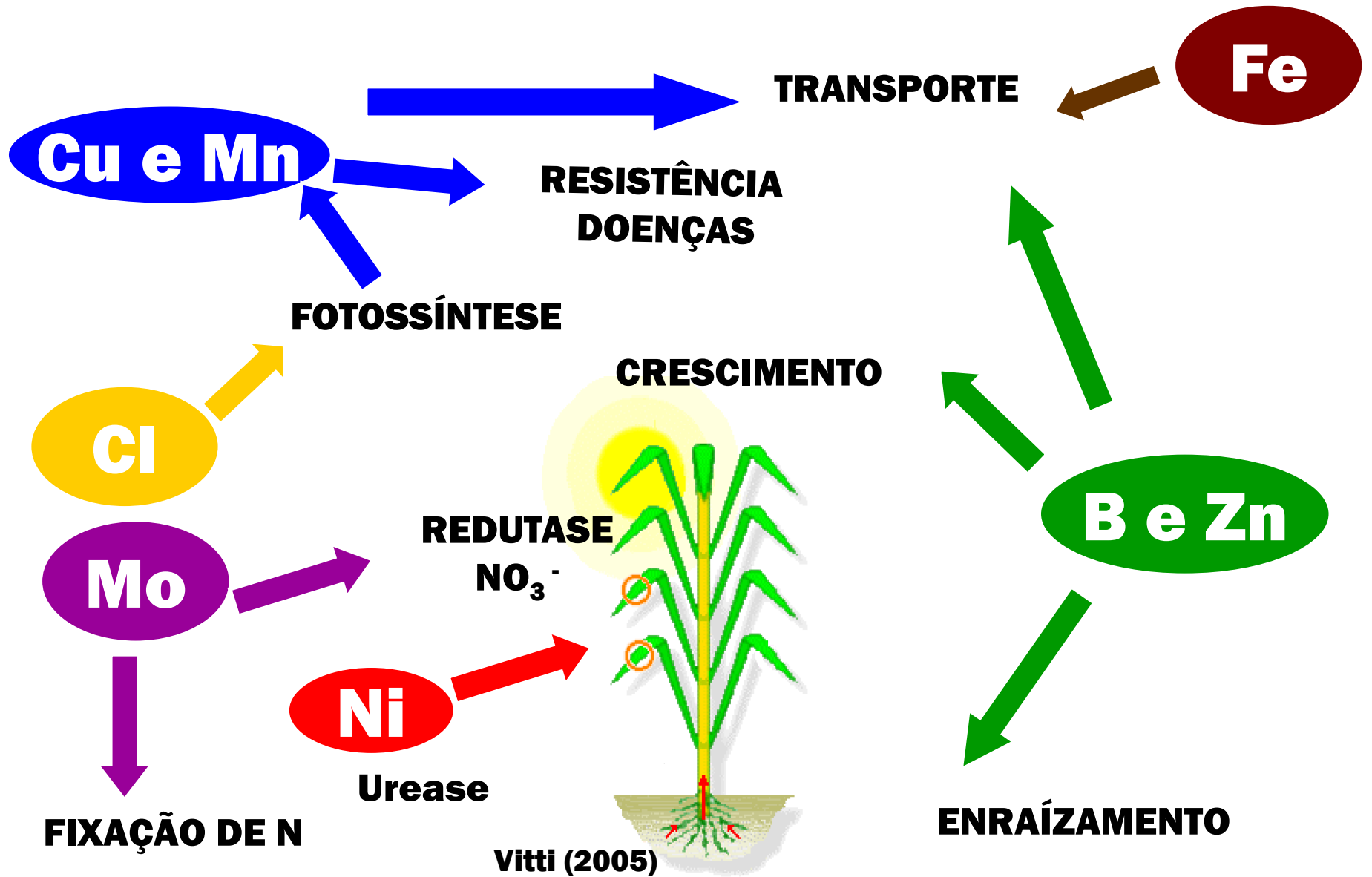
Position	Country	Yield T ha ⁻¹
1º	Indonesia	95.2
2º	Colombia	81.6
3º	USA	80.1
4º	Thailand	76.8
5º	Australia	76.7
6º	Brazil	75
7º	Philippines	73.9
8º	India	70.9
9º	Mexico	69.3
10º	China	68.8

Sources: <http://www.faostat.com/set2016>

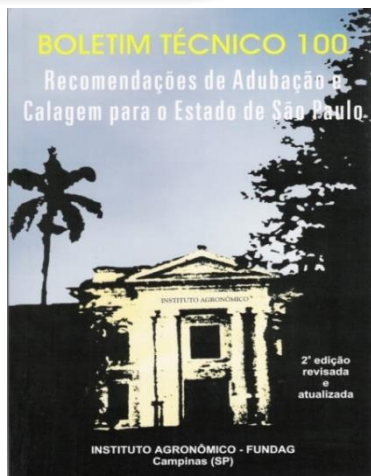
Expansão em Solos Baixa Fertilidade



DEFICIÊNCIA DE MICRONUTRIENTES



ADUBAÇÃO DE PLANTIO



Zinco no Solo	Zn	Cobre no Solo	Cu
mg dm ⁻³	kg ha ⁻¹	mg dm ⁻³	kg ha ⁻¹
0-0,5	5	0-0,2	4
> 0,5	0	>0,2	0

5ª Aproximação: 2 a 5 kg/ha de Cu, Mn e Zn

Nordeste: 7 kg/ha de Cu e Zn

Boro: 1 kg/ha (Mascarenhas et al., 1996)

Mo: 100 g/ha - EMBRAPA

COM RESPOSTA

Alvarez & Wutke (1963)
Alvarez et al., 1979;
Marinho & Albuquerque (1981);
Azeredo & Bolsanello (1981);
Alvarez (1984);
Cambria et al (1989);
Malavolta (1990);
Oliveira (2012)
Moura et al. (2015)



SEM RESPOSTA

Espironelo,(1972);
Alvarez et al., (1979);
Siqueira et al. (1979);
Azeredo & Bolsanello, (1981);
Andrade et al., (1995);
Costa Filho & Prado, (2008);
Franco et al., (2011)
Adorna et al., (2013)
Benett ,et al. (2012)
Teixeira Filho, et al. (2015)



Resposta



Micronutrientes



Extração e Exportação

Exportação: Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo

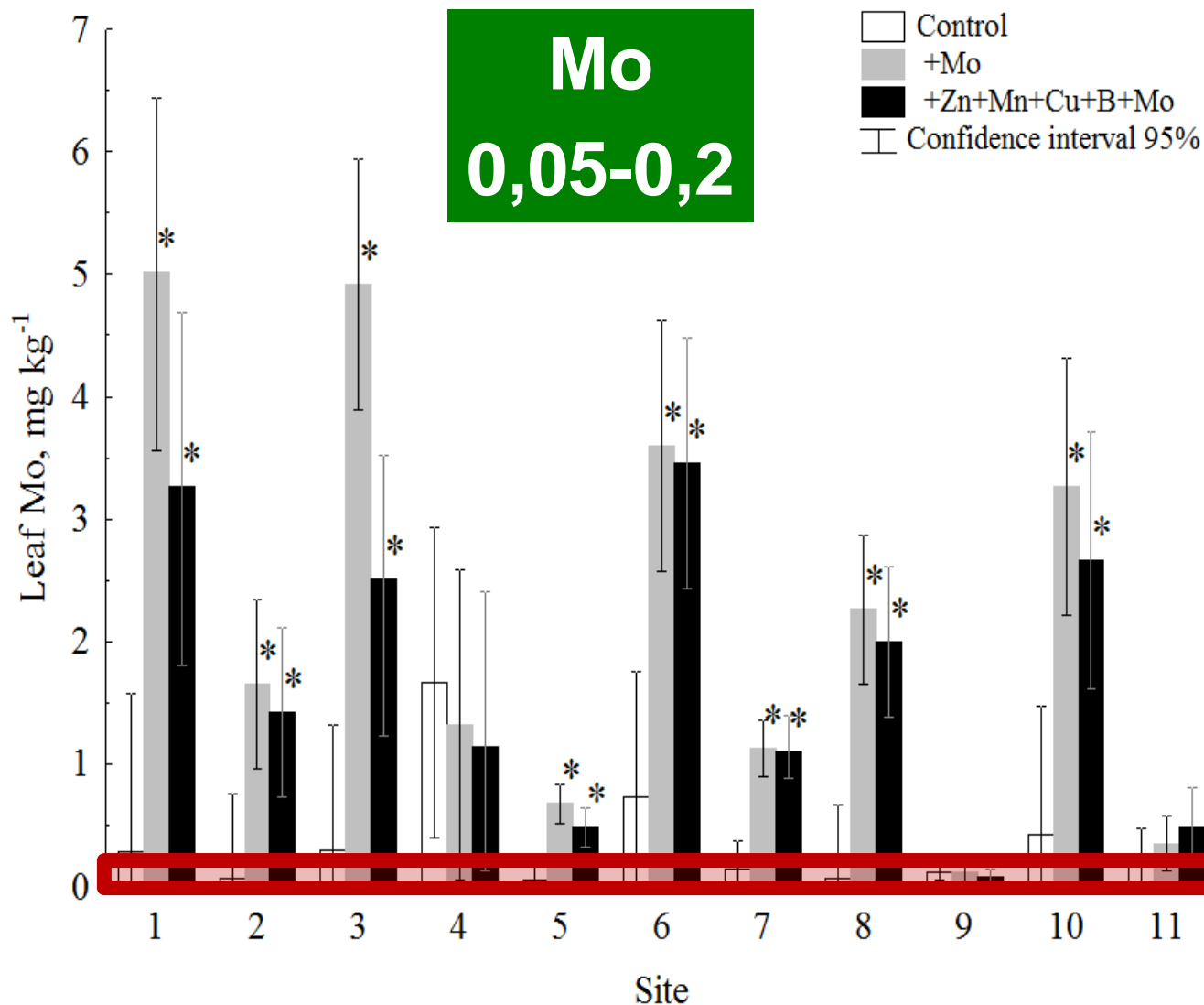
Planta	B		Cu		Fe		Mn		Zn		Mo*	
	CP	Soqueira	CP	Soqueira	CP	Soqueira	CP	Soqueira	CP	Soqueira	CP	Soqueira
-----g/100 t colmos-----												
Colmos	195	102	194	273	2378	1207	1188	916	440	298	1,0	1,0
Folhas	116	55	93	116	6512	4538	1651	1189	282	163	1,0	1,0
Total	311	157	287	389	8890	5745	2838	2105	722	561	2,0	1,0

(Orlando Filho, 1993 e * Malavolta, 1982)

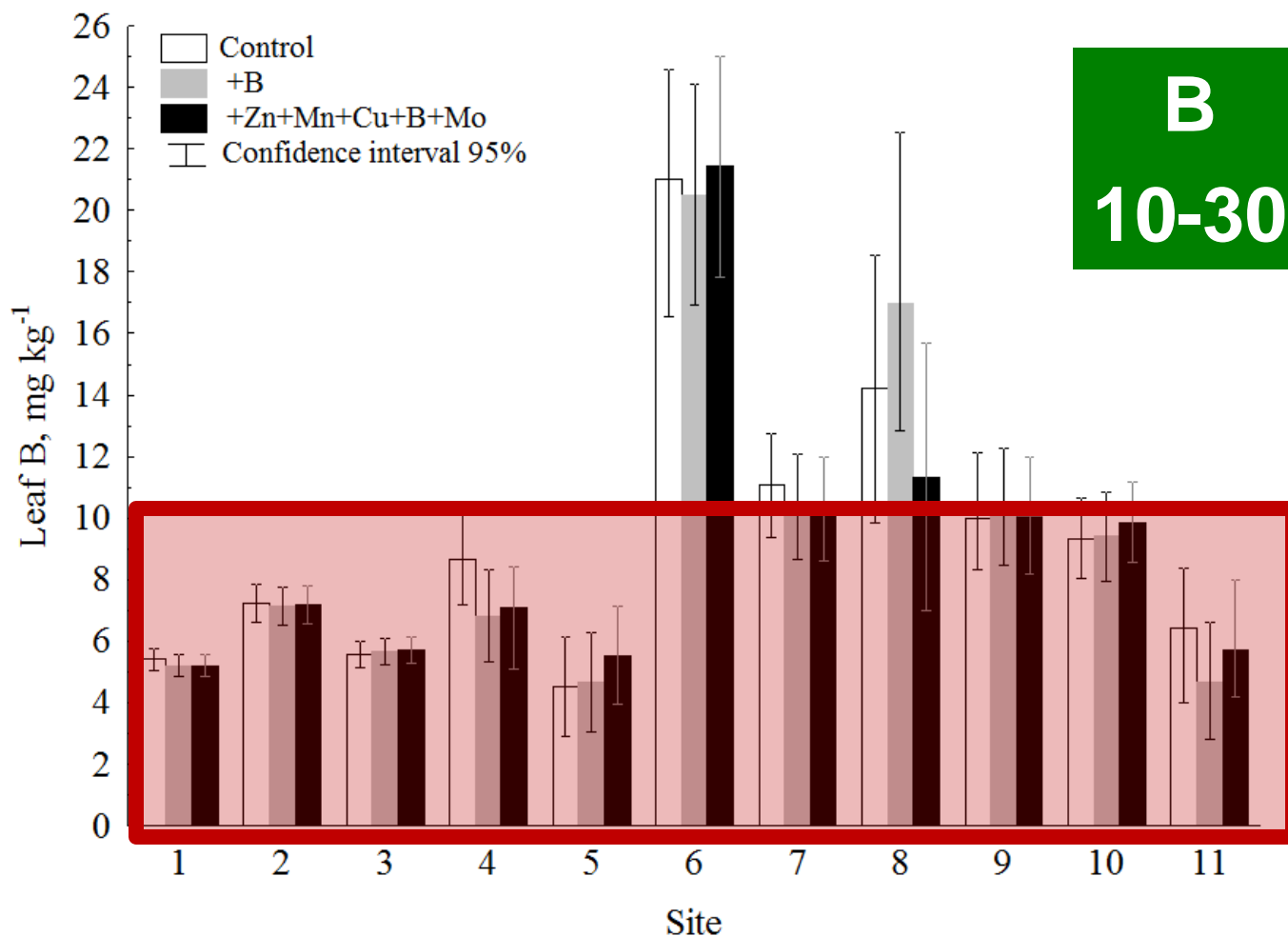
Teores foliares adequados de micronutrientes em cana-de-açúcar.

B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
----- mg kg ⁻¹ -----					
10-30	6-15	40-250	25-250	10-50	0,05-0,20

SPIRONELLO et al. (1997)



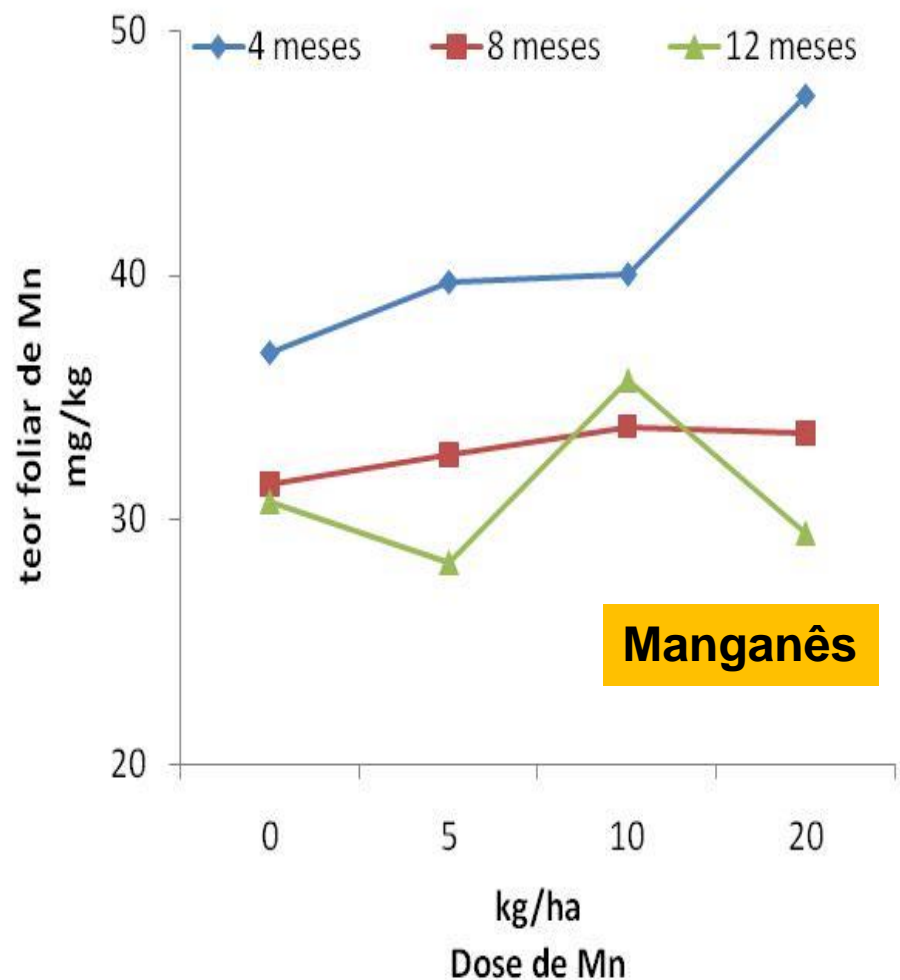
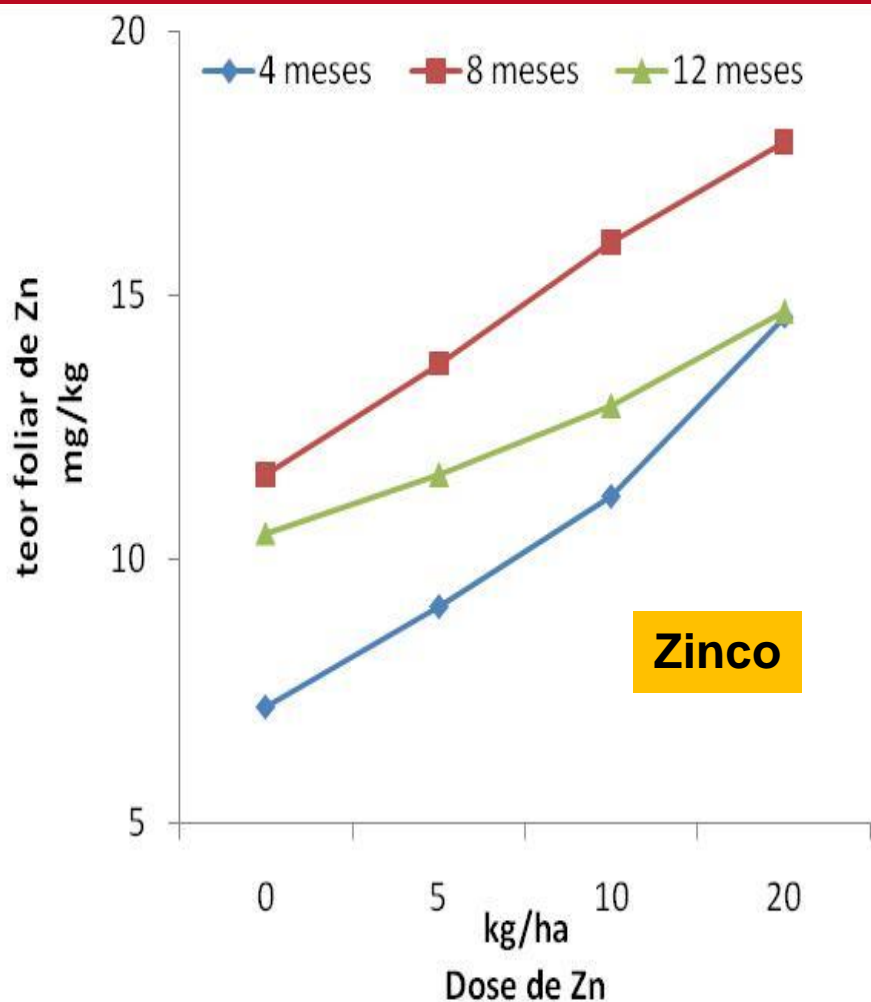
2 kg/ha de Mo - Teor Foliar de Mo (Dunnett test, $p < 0.10$).



3 kg/ha de B - Teor Foliar de B (Dunnnett test, $p < 0.10$).

Época de Amostragem?

DIAGNOSE FOLIAR NA CANA PLANTA



Dados em fase de publicação, Mellis et al., Projeto Fapesp 2011

TRATAMENTOS:

T1 - Controle NPK+S

T2- NPK+S + Zn - 10 kg ha⁻¹

T3- NPK+S + Mn - 10 kg ha⁻¹

T4- NPK+S + Cu - 10 kg ha⁻¹

T5 -NPK+S + B - 3 kg ha⁻¹

T6 - NPK+S + Mo - 2 kg ha⁻¹

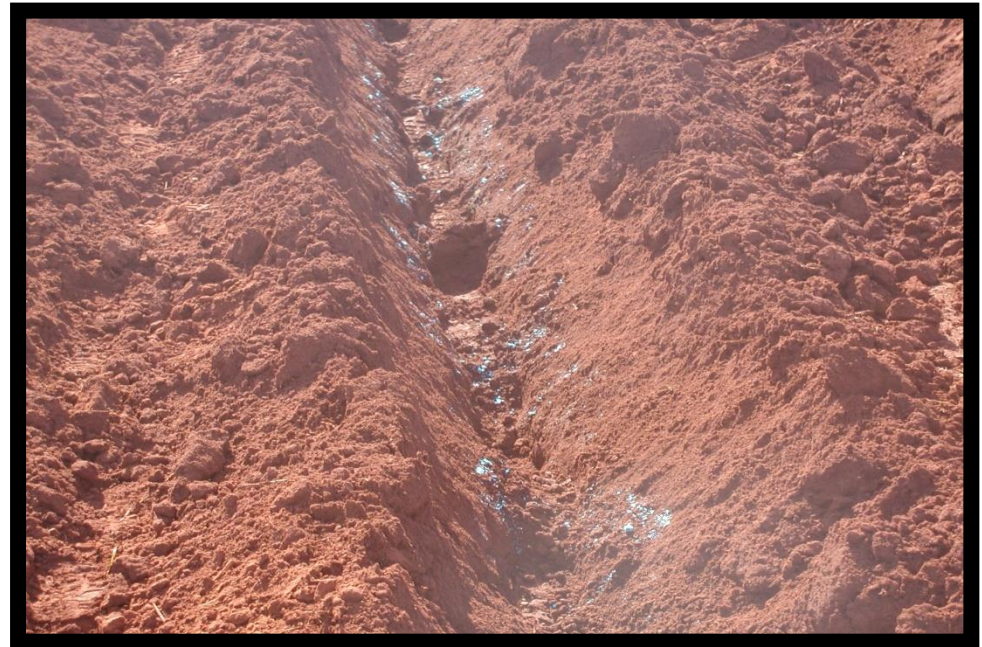
T7 - NPK+S + Zn +Mn + Cu + B +Mo

Sulfatos

Bórax

Molibdato

Aplicação no sulco



Amplitude dos teores de B, Cu, Mn e Zn nos solos estudados e nível crítico para a cultura.

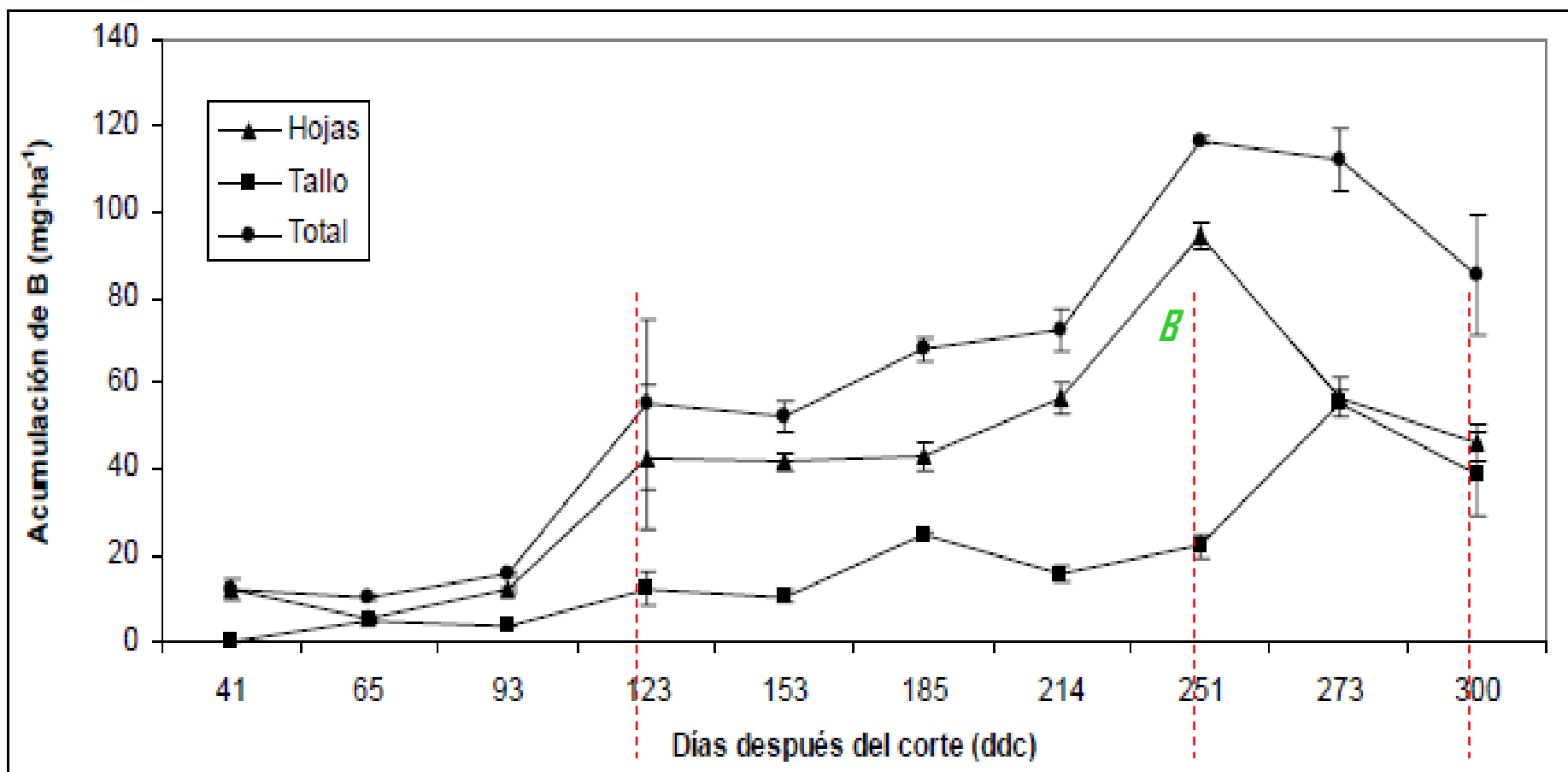
B	Cu	Mn	Zn
-----mg dm ⁻³ -----			
0,1-0,3	0,3-2,2	0,3-56	0,1-1,4
Nível Crítico*			
0,6	0,8	5,0	1,2

* Orlando Filho et al., 1994

Amplitude de resposta da cana-de-açúcar à aplicação de micronutrientes.

Tratamentos	Safra	Nº de locais com resposta significativa	Aumento na produção %
Zn	cana-planta	6	11-27
	soqueira	3	13-20
Mn	cana-planta	3	18-30
	soqueira	1	14
Cu	cana-planta	2	22
	soqueira	1	14
B	cana-planta	2	24
	soqueira	2	7
Mo	cana-planta	3	12-39
	soqueira	1	15
Completo	cana-planta	0	
	soqueira	-	-

Acúmulo de B durante o ciclo da cana



Durante primeiros 3 meses: acúmulo lento

Máximo acúmulo: 116,4 g ha⁻¹, com maior distribuição nas folhas

Resposta da cana-planta à aplicação de micronutrientes (análise conjunta de 11 locais). Mellis et al. (2016)

Tratamento	Perfilhamento mil ha ⁻¹	Produção t ha ⁻¹	ATR Kg de açúcar t ⁻¹
Controle	91,1	115	151
Zn	95,2*	131*	151
Mn	91,1	126*	150
Cu	91,8	124*	150
B	96,1*	123*	150
Mo	93,4	127*	151
Completo	95,0	123*	150
CV %	10,86	10,50	5,08

***: diferem estatisticamente a 10 % pelo teste de comparação de médias de Dunnett em relação ao controle. ATR= açúcar total recuperável; TAH = toneladas de açúcar por hectare**

Resposta da soqueira à aplicação de micronutrientes (análise conjunta de 8 locais). (Mellis et al...Em fase de submissão)

Tratamento	Perfilhamento	Produção	ATR
	mil ha ⁻¹	t ha ⁻¹	Kg de açúcar t ⁻¹
Controle	80,8	86	157
Zn	93,6*	95*	157
Mn	91,0*	91	155
Cu	92,3*	91	157
B	92,0*	90	158
Mo	93,6*	93*	156
Completo	92,0*	89	158
CV %	9,6	14,9	4,0

***: diferem estatisticamente a 10 % pelo teste de comparação de médias de Dunnett em relação ao controle. ATR= açúcar total recuperável; TAH = toneladas de açúcar por hectare**



Qual a dose?

Qual a fonte?

Qual a forma?





**DOSES, FONTES E MODOS DE
APLICAÇÃO DE
MICRONUTRIENTES EM CANA**



AGROTERENAS S.A. CANA

APLICAÇÃO NO SULCO DE PLANTIO

TRATAMENTOS: Zn, Cu e Mn

- Control NPK+S (sem Micro)
- NPK+S + 5 kg ha⁻¹
- NPK+S + 10 kg ha⁻¹
- NPK+S + 20 kg ha⁻¹

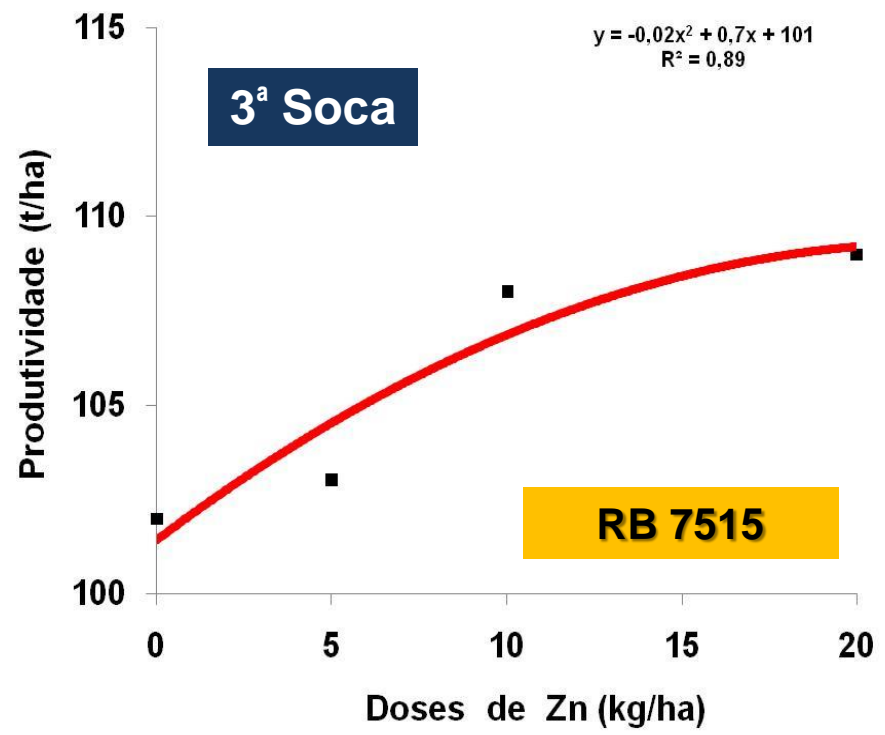
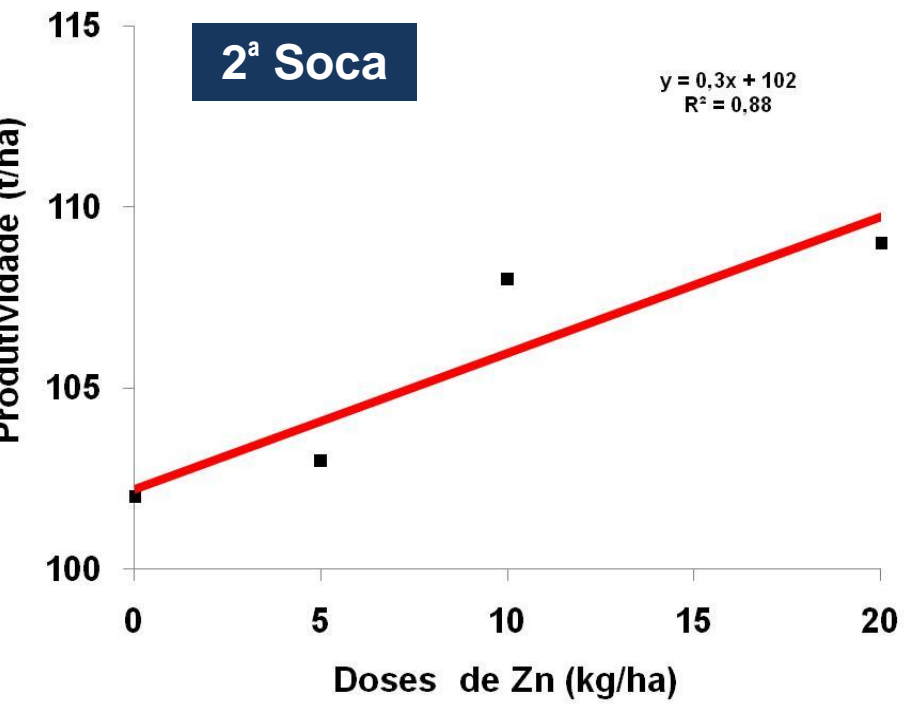
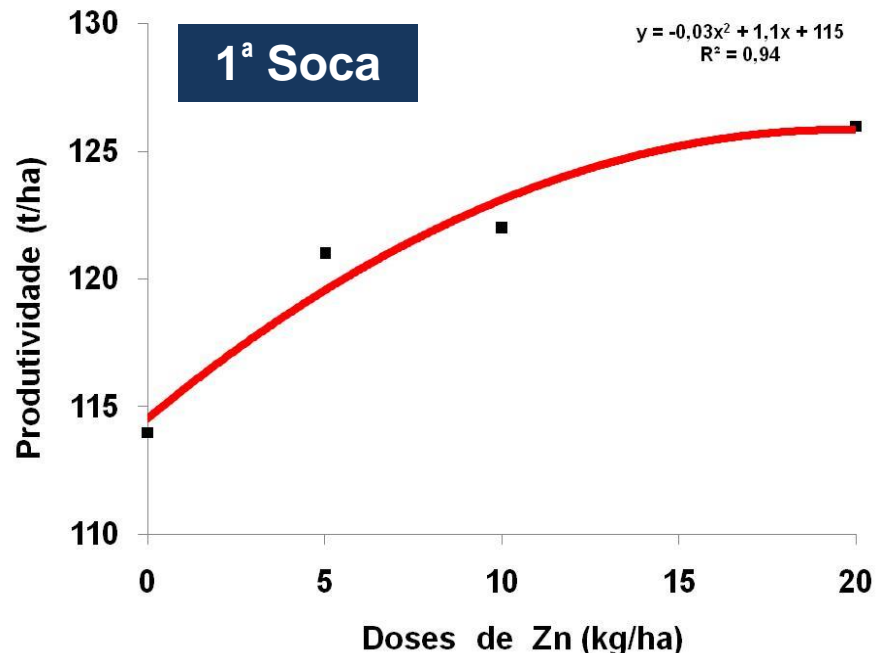
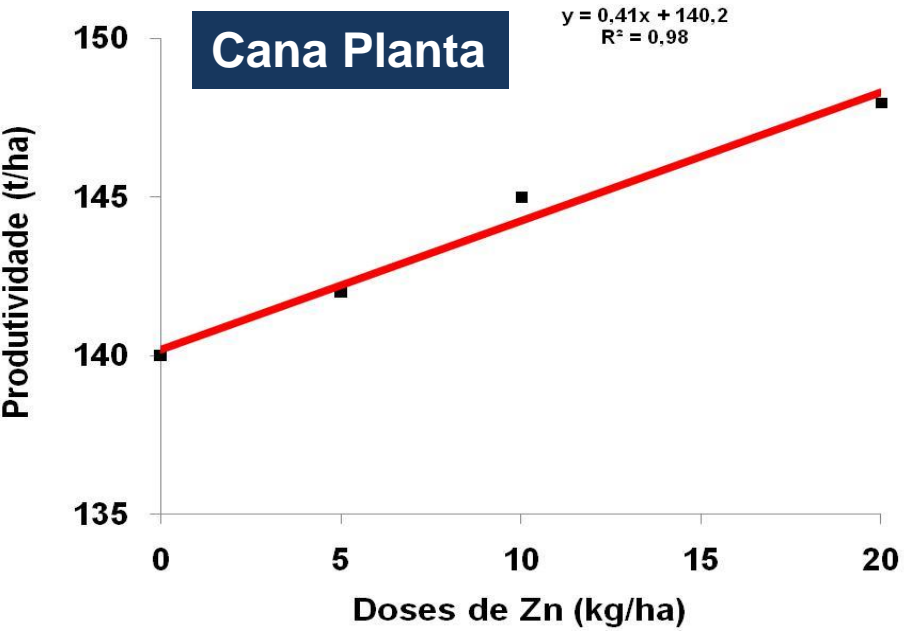


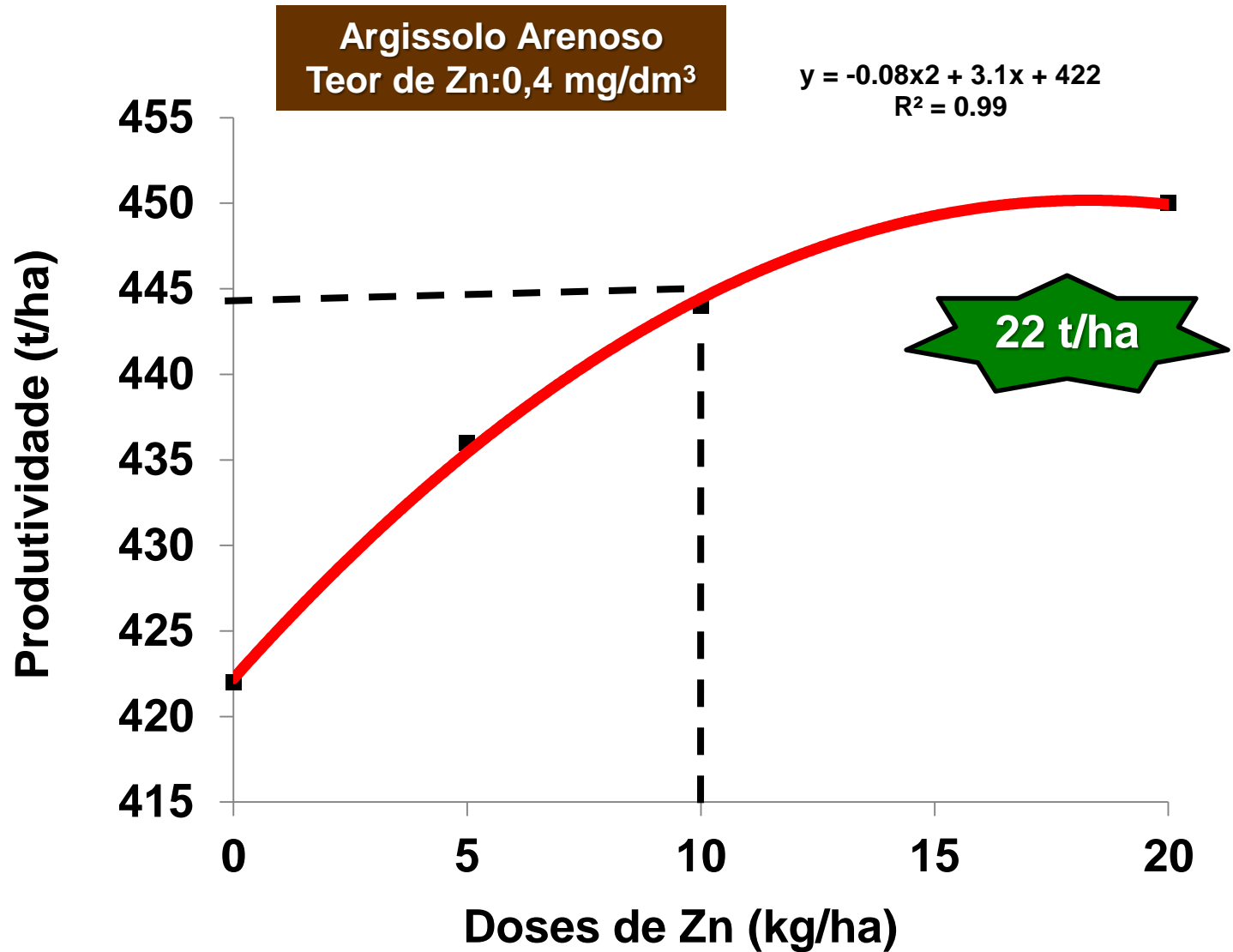
**QUELATO
EDTA**

SULFATO

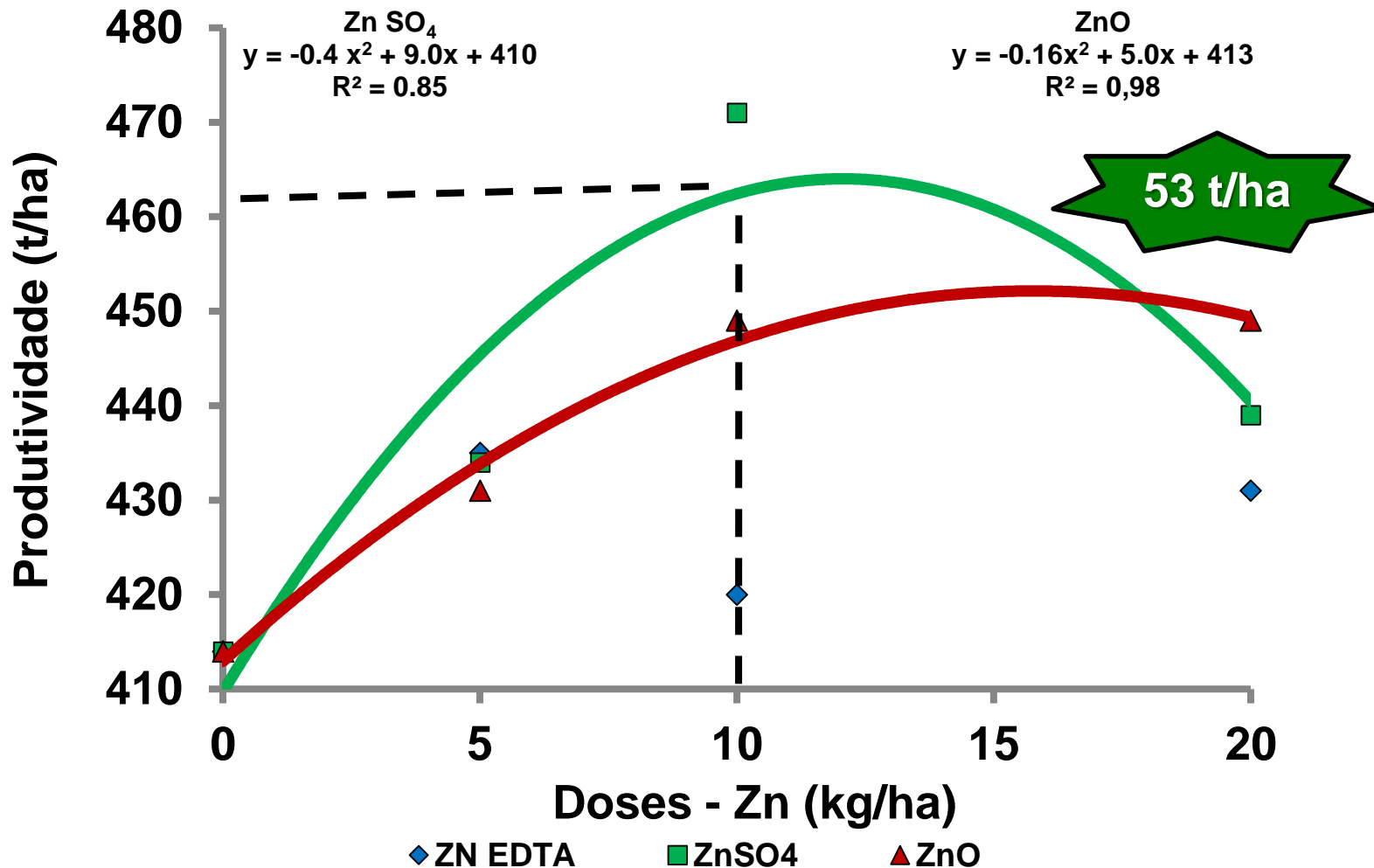
ÓXIDO

ZINCO ARGISSOLO ARENOSO





Latossolo Arenoso
Teor de Zn: 0,3 mg/dm³



DOSE – 10 kg/ha

Fonte	Custo em R\$	Custo em TCH
Zn EDTA	700,00	14
ZnO	130,00	2,5
ZnSO ₄	180,00	3,5

Serra Azul – 53 t/ha Assis – 22 t/ha

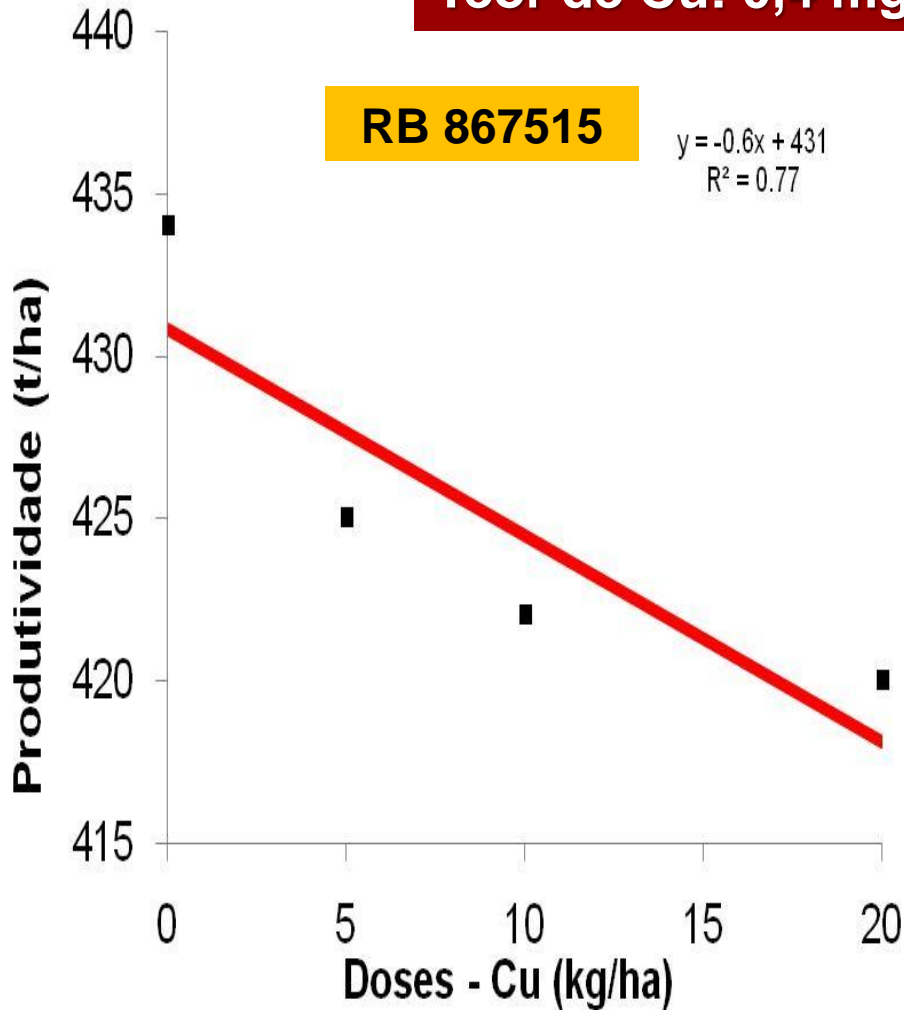
37,5 t/ha = R\$ 1875,00

Argissolo Arenoso
Teor de Cu: 0,4 mg/dm³

RB 867515

$$y = -0.6x + 431$$

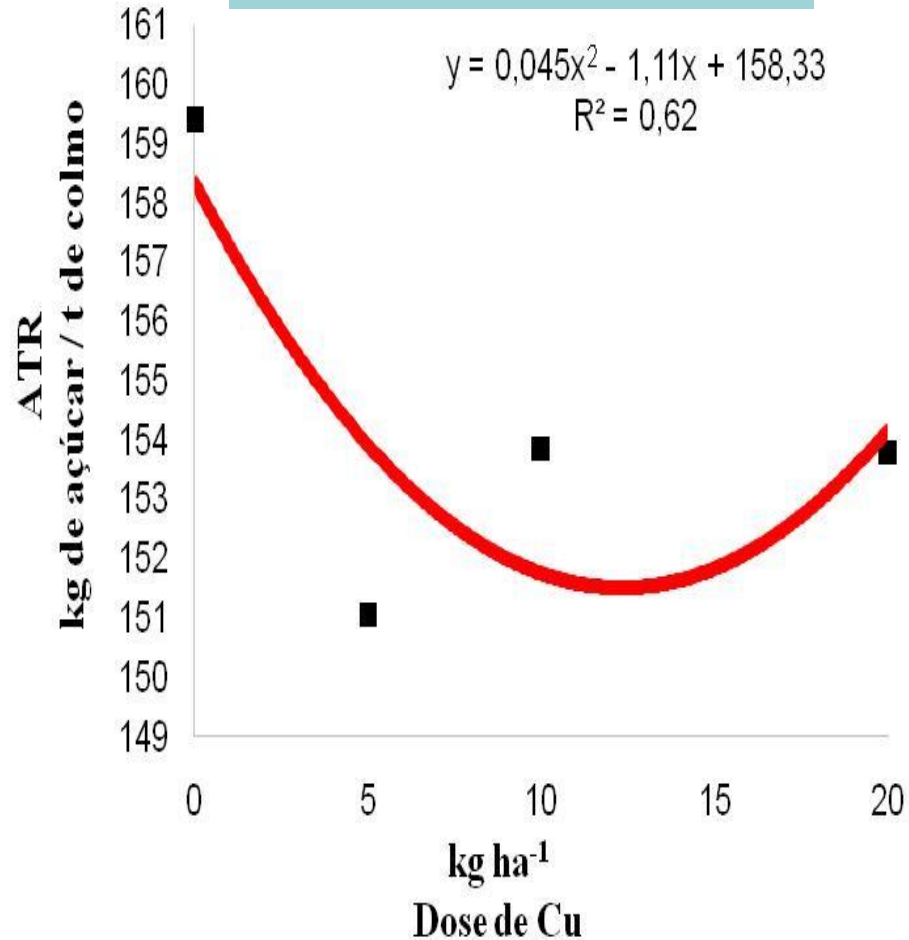
$$R^2 = 0.77$$

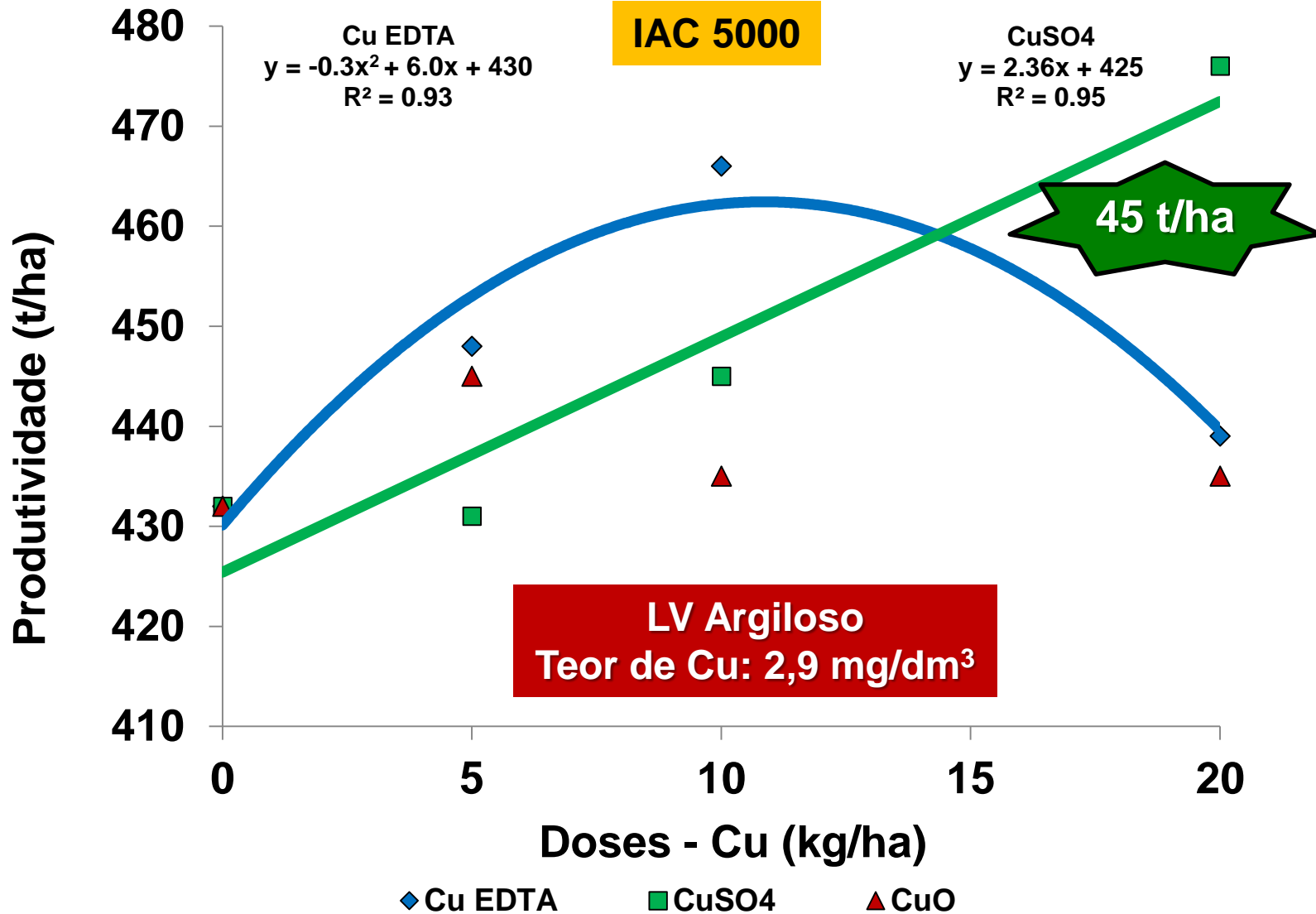


ATR MÉDIO – 4 Safras

$$y = 0,045x^2 - 1,11x + 158,33$$

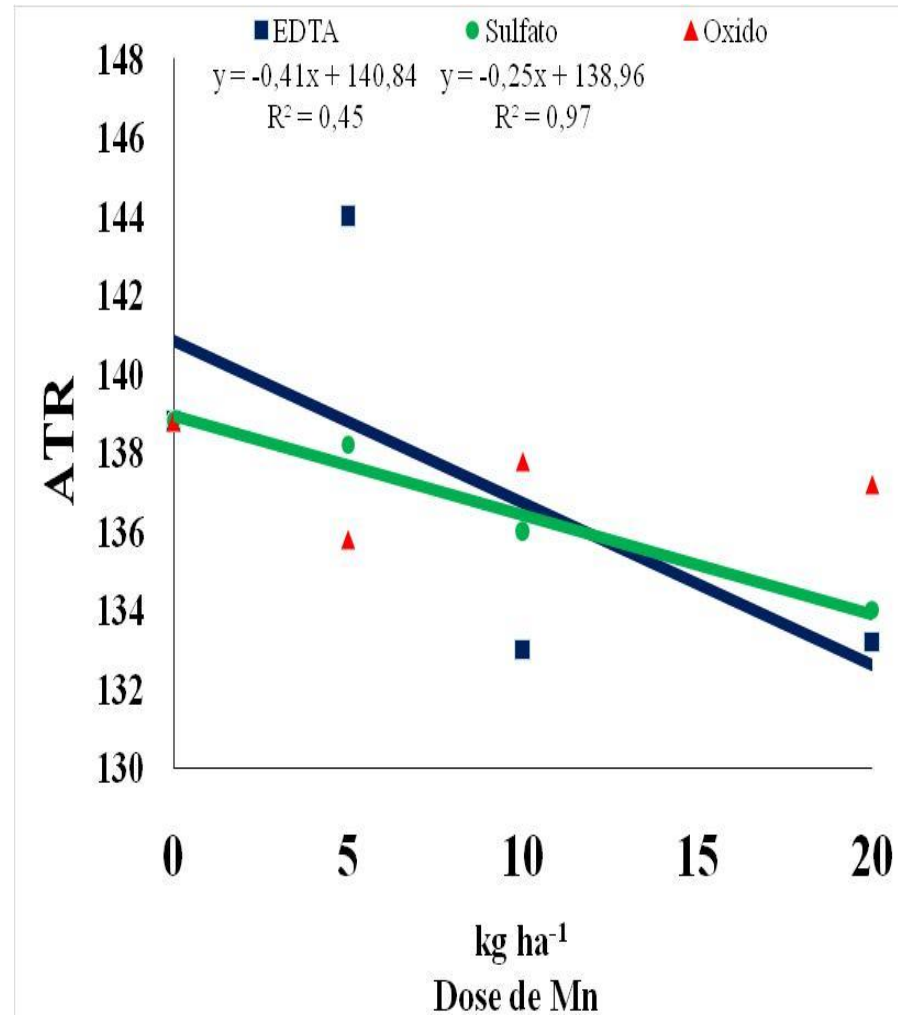
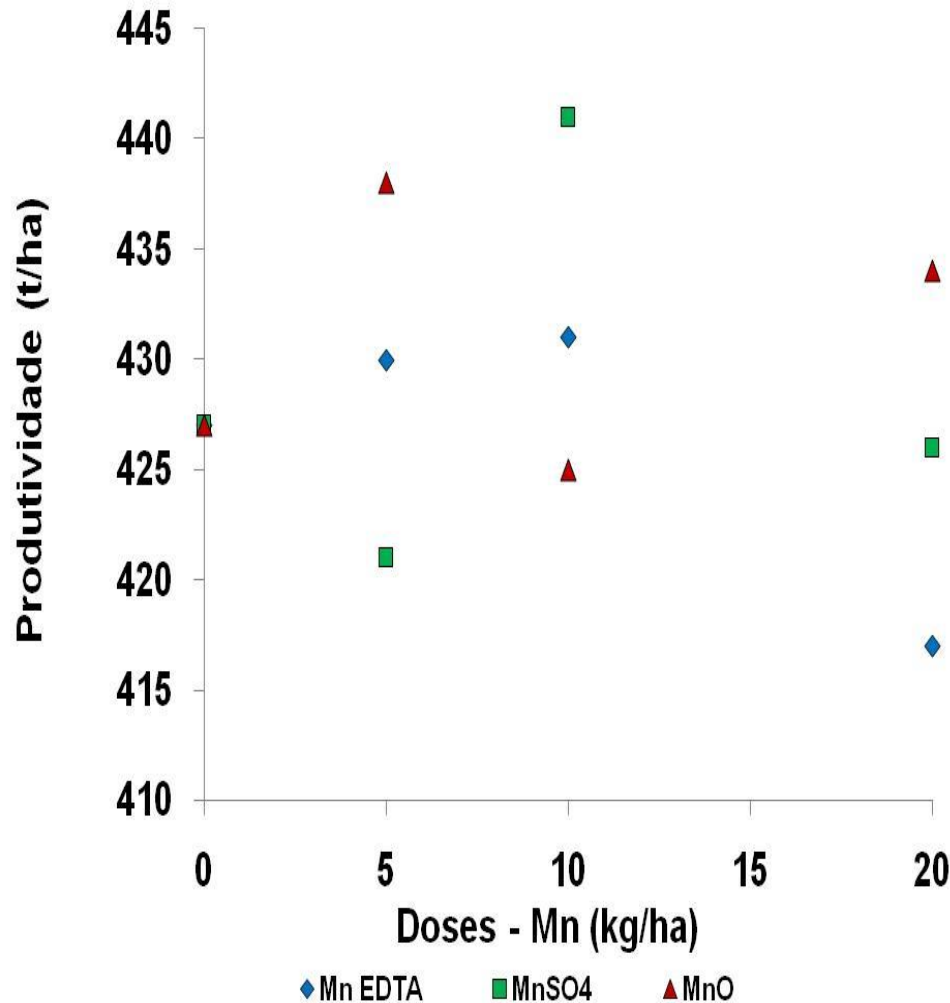
$$R^2 = 0,62$$

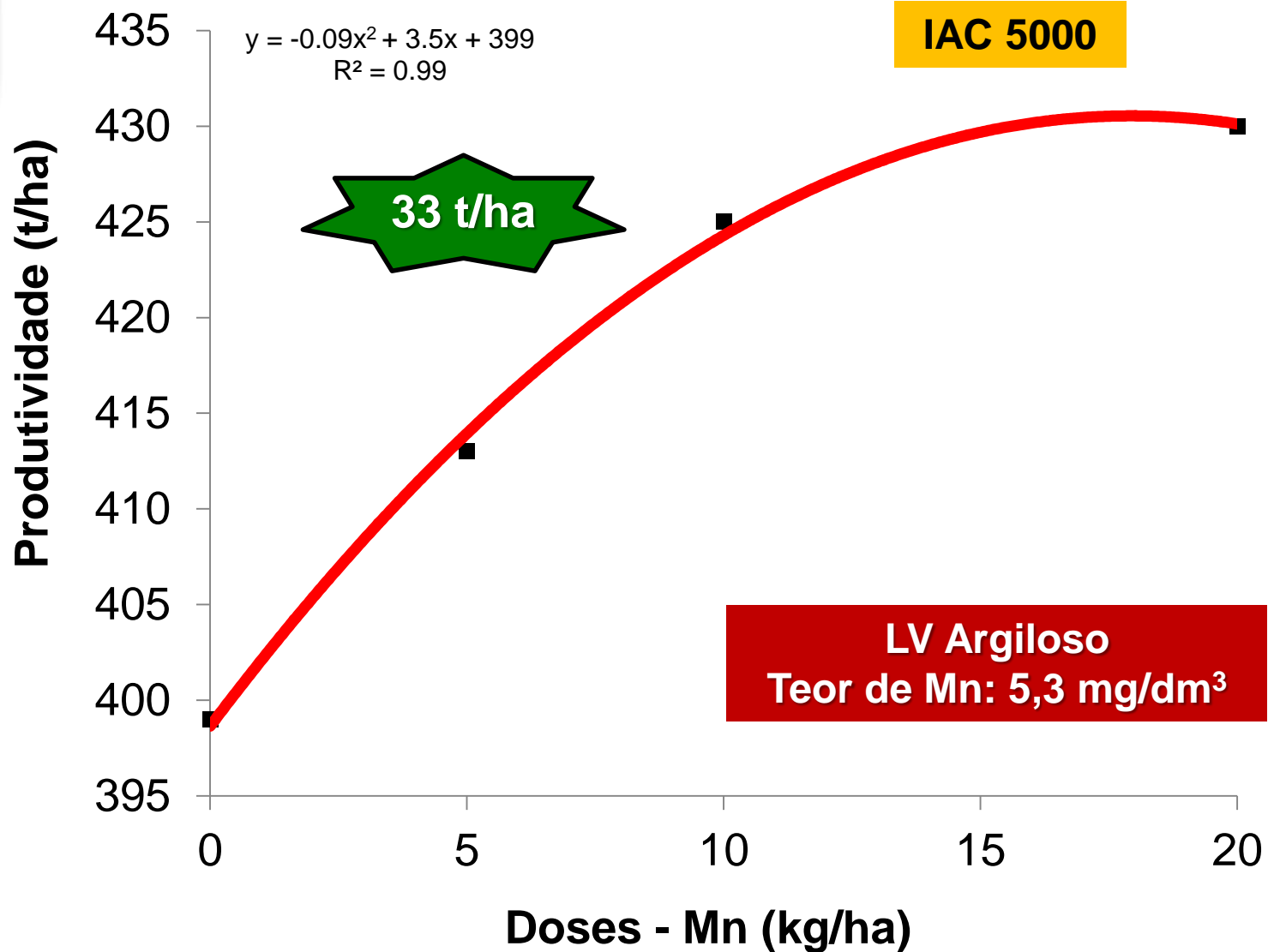




Argissolo Arenoso
Teor de Mn: 11,0 mg/dm³

RB 7515





DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE Mo

TRATAMENTOS: **Assis e Serra Azul**



- Controle NPK+S
- NPK+S + 0,3 kg ha⁻¹
- NPK+S + 0,6 kg ha⁻¹
- NPK+S + 1,2kg ha⁻¹
- NPK+S + 2,4 kg ha⁻¹

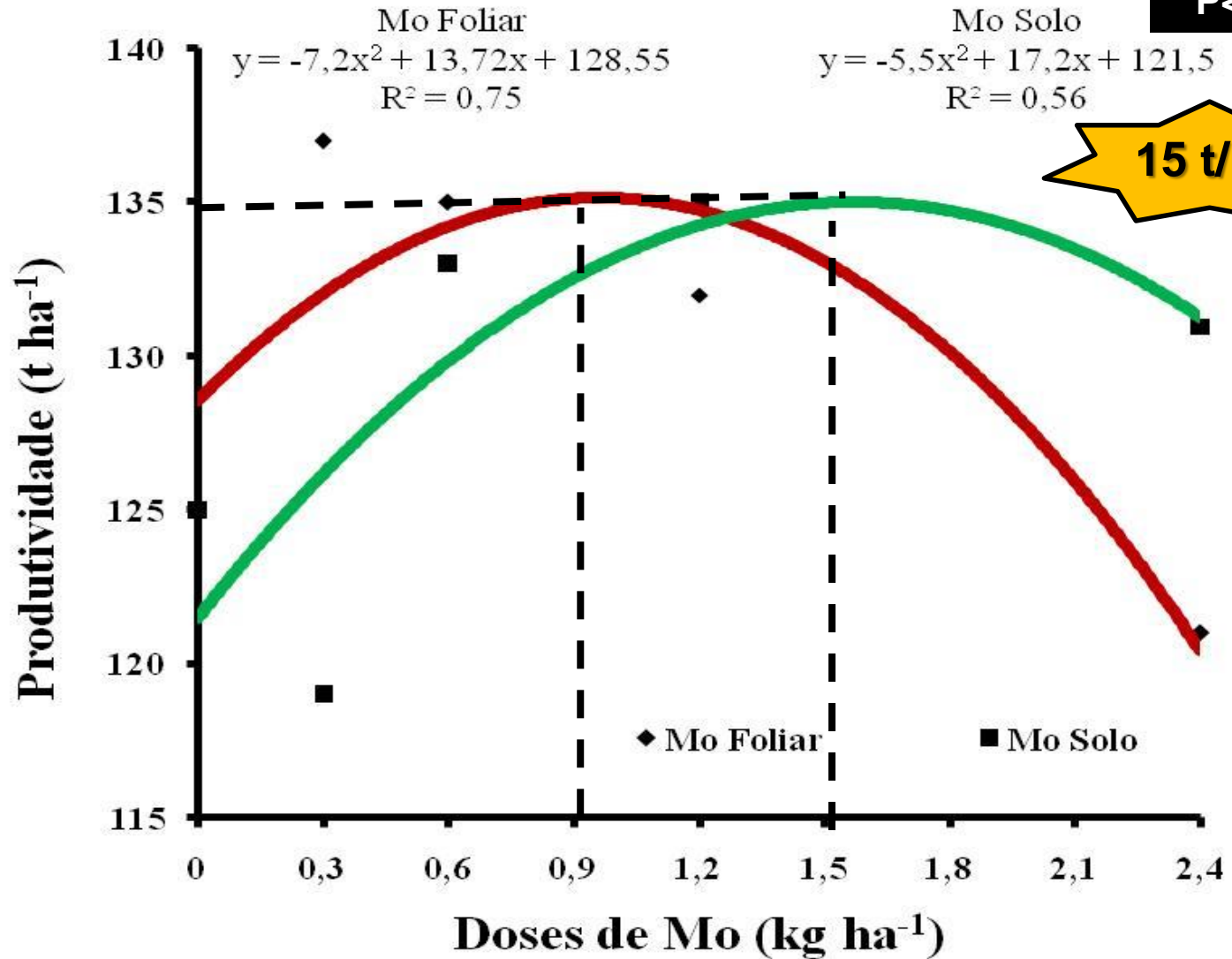


FOLIAR

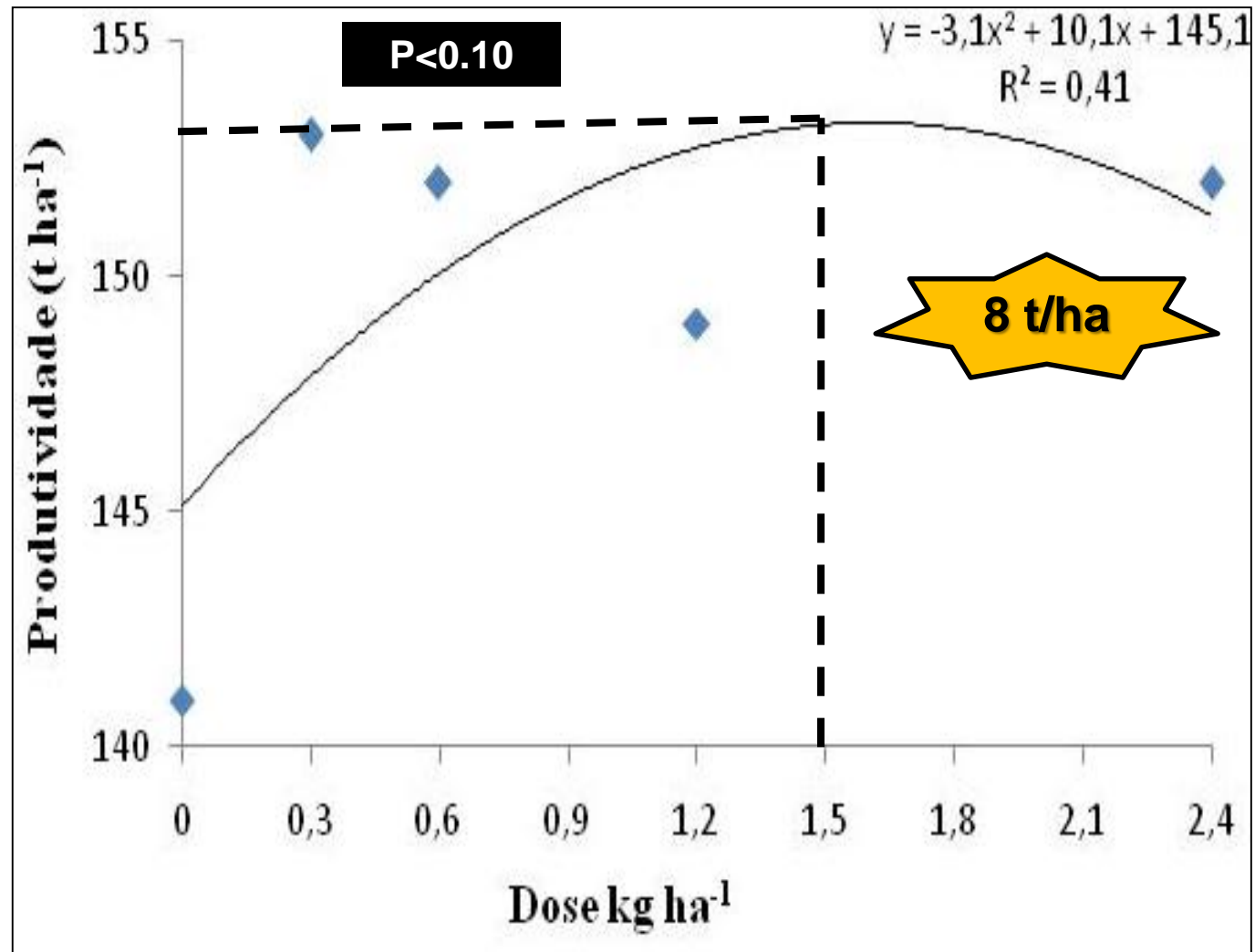
SOLO

Molibdato de Sódio

P<0.10

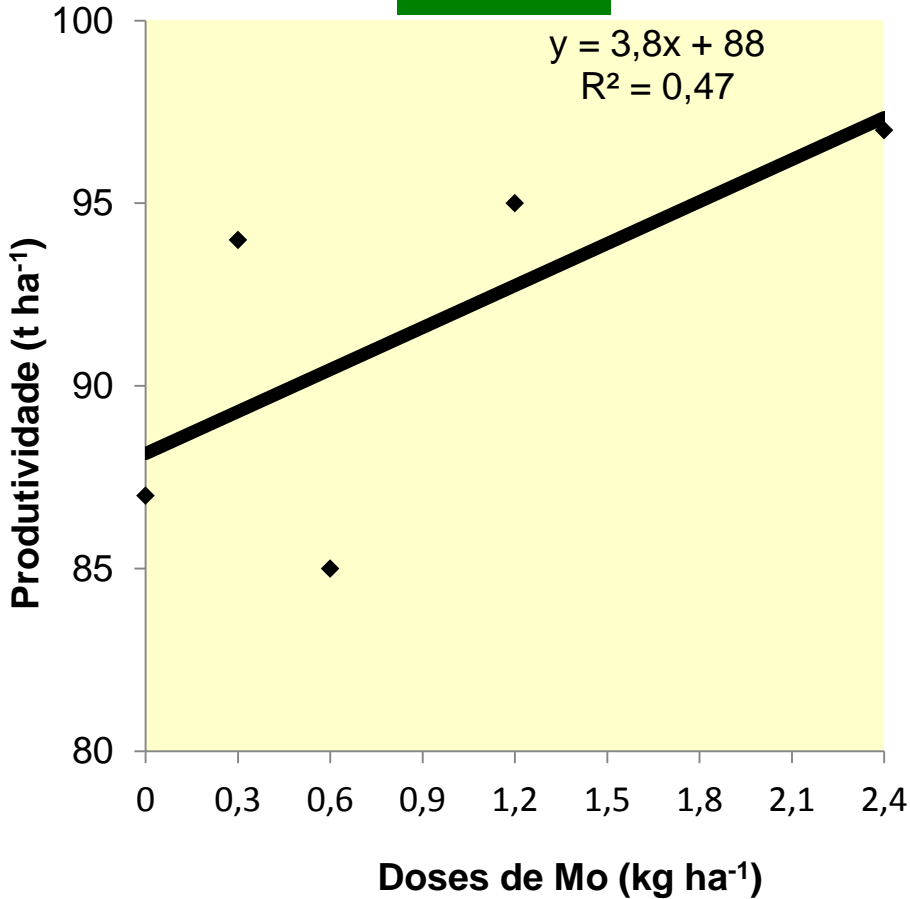


Produtividade de colmos em função das doses de Mo

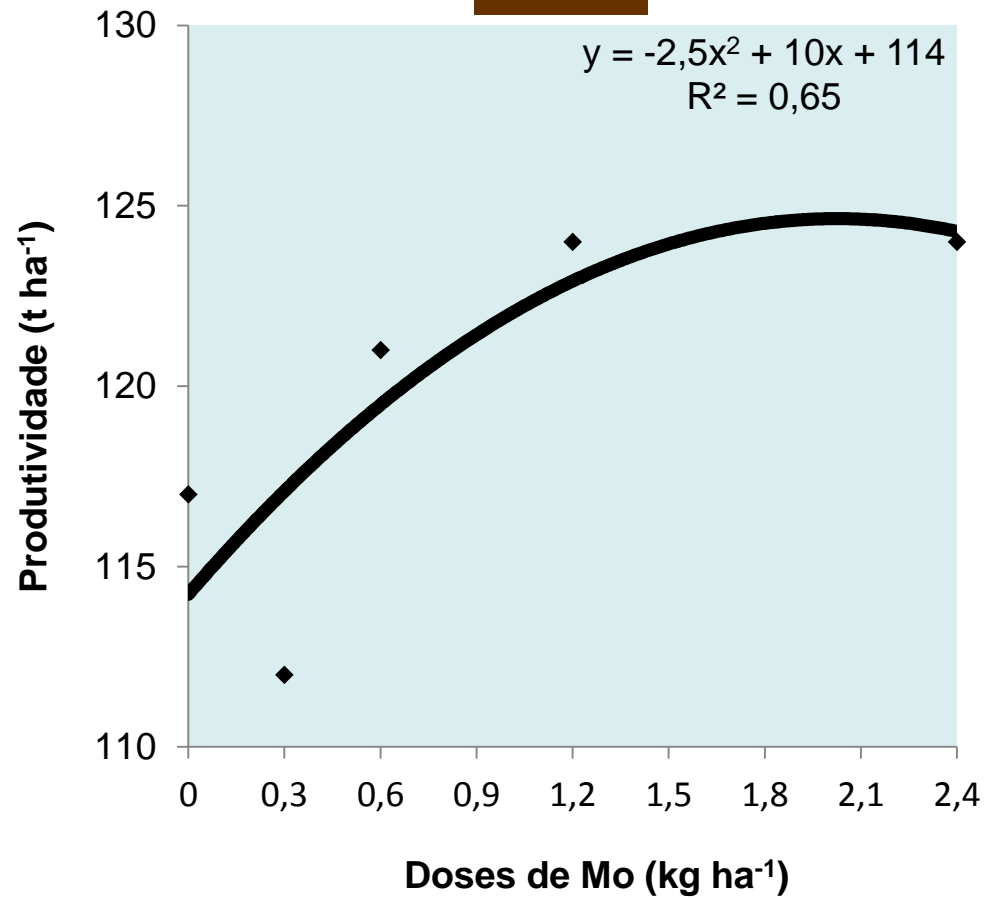


P<0.10

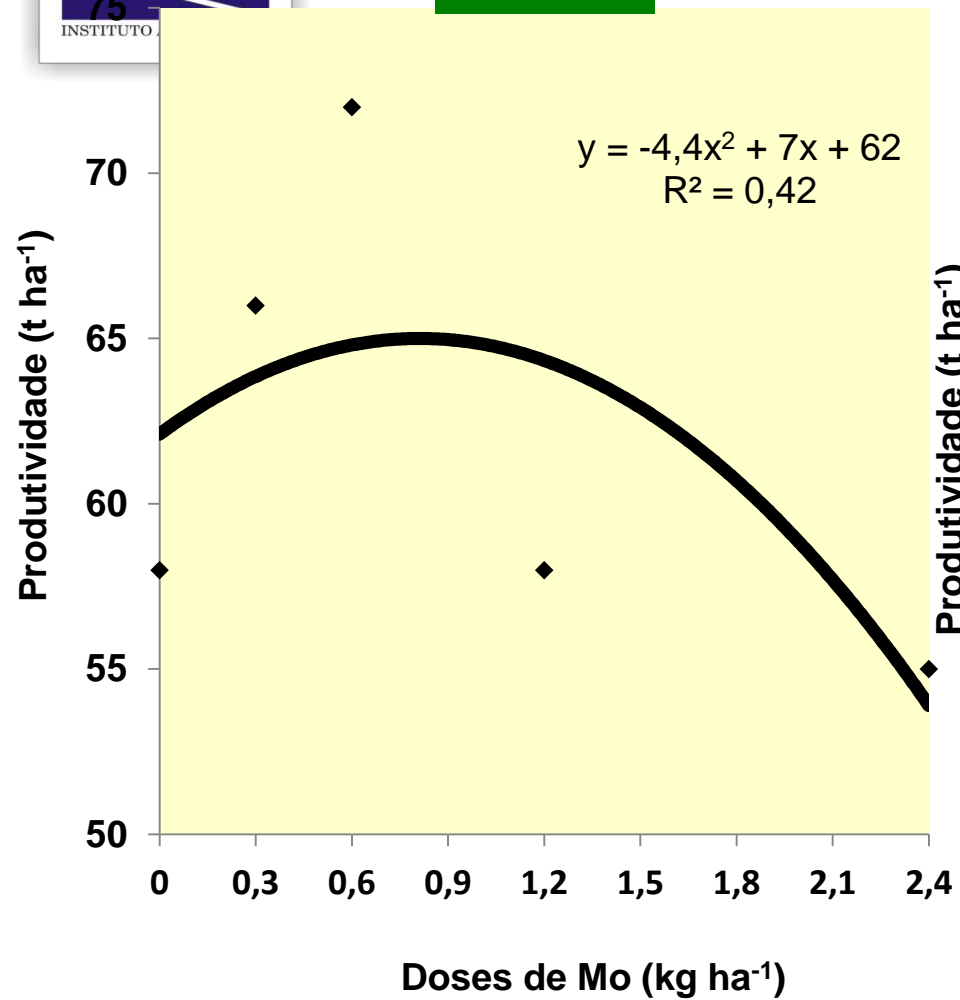
FOLIAR



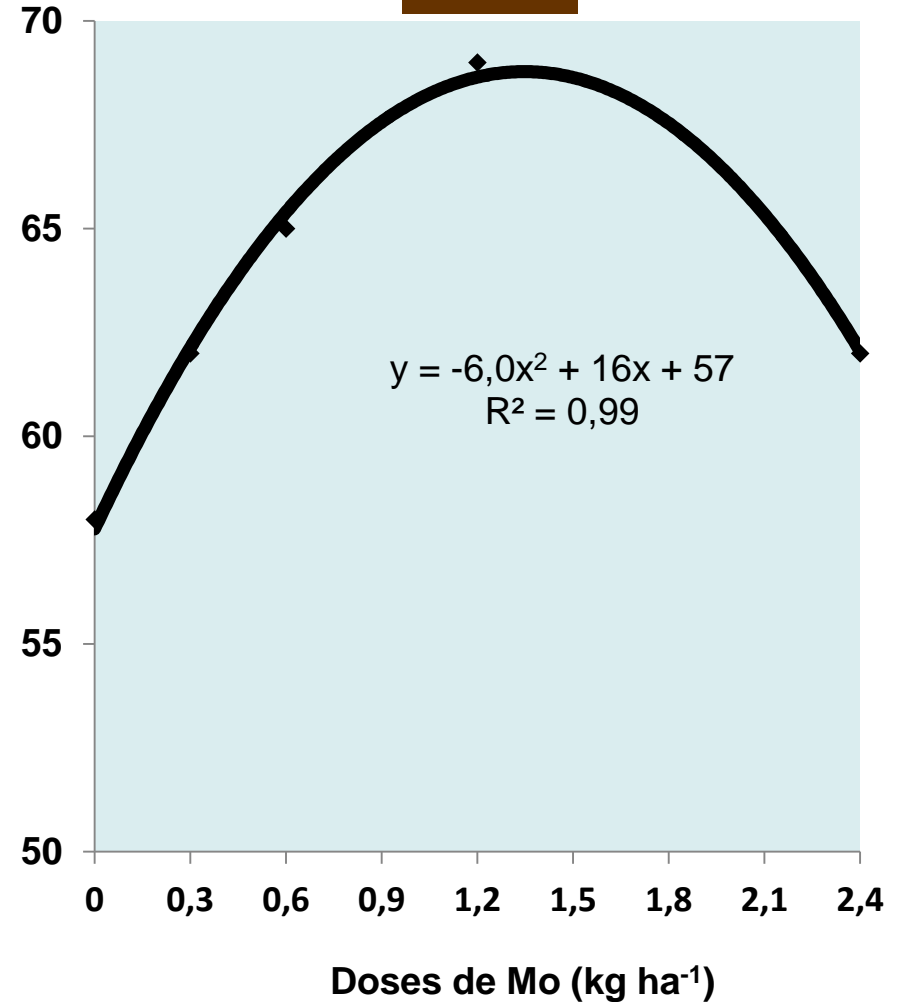
SOLO



FOLIAR



SOLO



Dose	TCH	TCH dose -TCH 0	Delta TCH	Custo aplicação	Lucro
kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹	-----t ha ⁻¹ -----	-----	-----R\$-----	
Folha					
0	387				
0,3	408	21	21	153,6	896,4
0,6	413	26	5	307,2	992,8
1,2	406	19	-7	614,4	335,6
2,4	401	14	-5	1228,8	-528,8
Solo					
0	387	0	-14	0	0
0,3	381	-6	-6	38,4	-338,4
0,6	411	24	30	76,8	1123,2
1,2	427	40	16	153,6	1846,4
2,4	413	26	-14	307,2	992,8

Nova Recomendação...



ANÁLISE DE SOLO

Classe de Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----					
Baixo	0-0,2	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	0,2-0,6	0,3-0,8	5-12	1,3-5	0,6-1,2
Alto	> 0,6	> 0,8	> 12	> 5	> 1,2

TEORES FOLIARES ADEQUADOS DE MICRONUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR.

B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
----- mg kg ⁻¹ -----					
10-30	6-15	40-250	25-250	15-50	0,5-4,0

Boletim 100... Atualização

ADUBAÇÃO DE PLANTIO

	Zinco		Cobre		Manganês		Boro		Molibdênio
Teor no solo	Teor	Dose	Teor	Dose	Teor	Dose	Teor	Dose	Dose de Mo
	mg dm ⁻³	kg/ha	mg dm ⁻³	kg/ha	mg dm ⁻³	kg/ha	mg dm ⁻³	kg/ha	kg/ha ¹
baixo	< 0,5	10,0	< 0,3	5,0	< 1,2	5,0	< 0,2	2,0	0,6
médio	0,6-1,2	5,0	0,4-1,0	0	1,3-5,0	0	0,3-0,6	1,0	0,6
alto	>1,2	0	>1,0	0	>5,0	0	>0,6	0	0,6

Boro – APLICAR NO QUEBRA LOMBO

Novas Recomendações do IAC Adubação em Cana

ADUBAÇÃO CANA PLANTA OU SOCA

300 gramas de Mo

**Molibdênio Via Foliar
4 meses após a rebrota**



**Boro – APLICAR VIA SOLO
1 kg/ha EM COBERTURA**



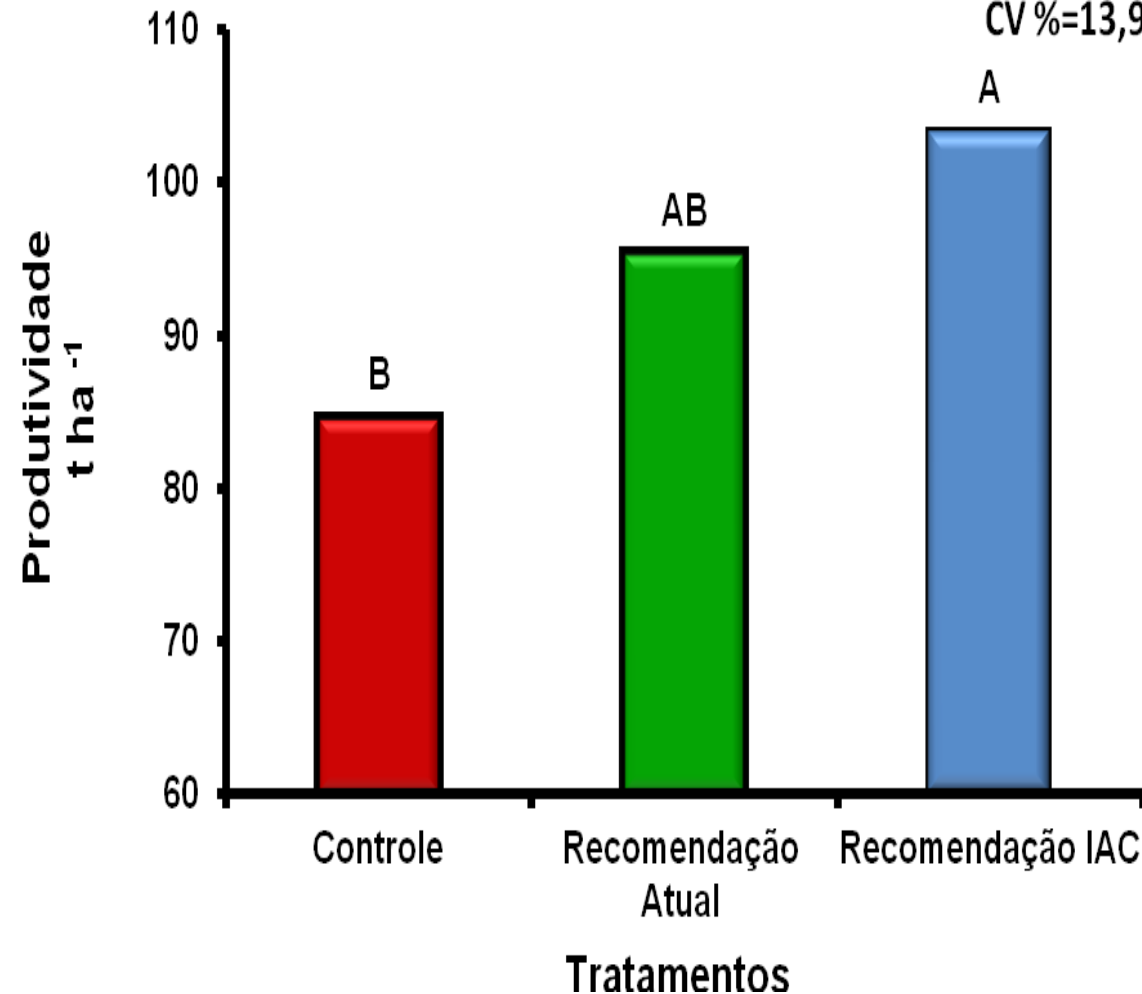
Como aplicar altas doses?



APLICAÇÃO LÍQUIDA NA COBRIÇÃO DO TOLETE

Mellis et al., 2012-FERTBIO

CV%=13,94



A **Recomendação IAC** aumentou em 18 t. de colmos ha⁻¹ a produtividade em relação ao Controle e em 7 t. de colmos ha⁻¹ em relação a Recomendação Atual.

RB867515

LVA, textura arenosa.

Paraguaçu Paulista
AGROTERENAS S.A. CANA

Prêmio Top Etanol, 2014 – Inovação Tecnológica

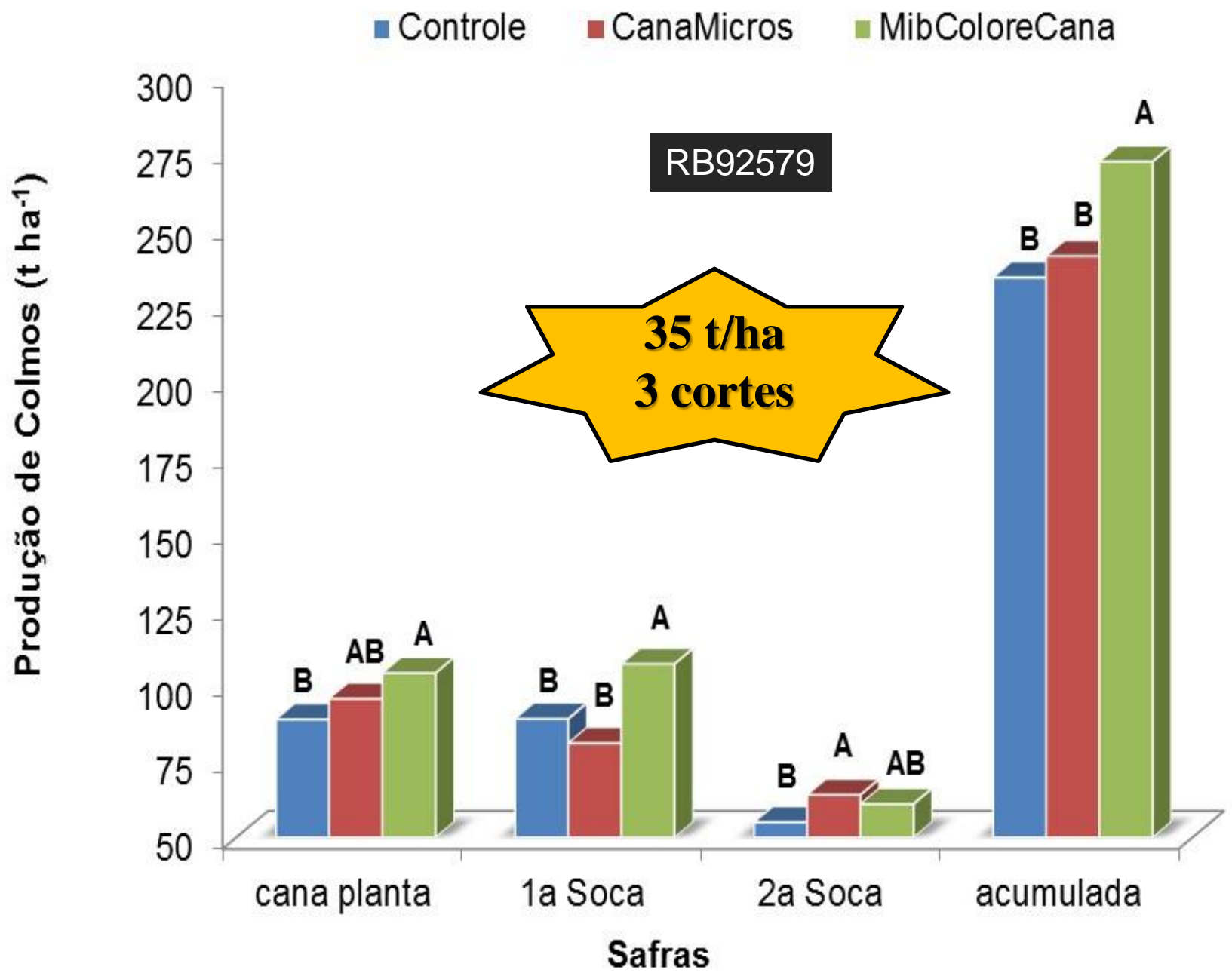
Aplicação de micronutrientes na operação de plantio



Paraguaçu Paulista
AGROTERENAS S.A. CANA



Mellis, E.V.; Quaggio, J.A.; Teixeira, L.A.J.; Vieira, R.C.

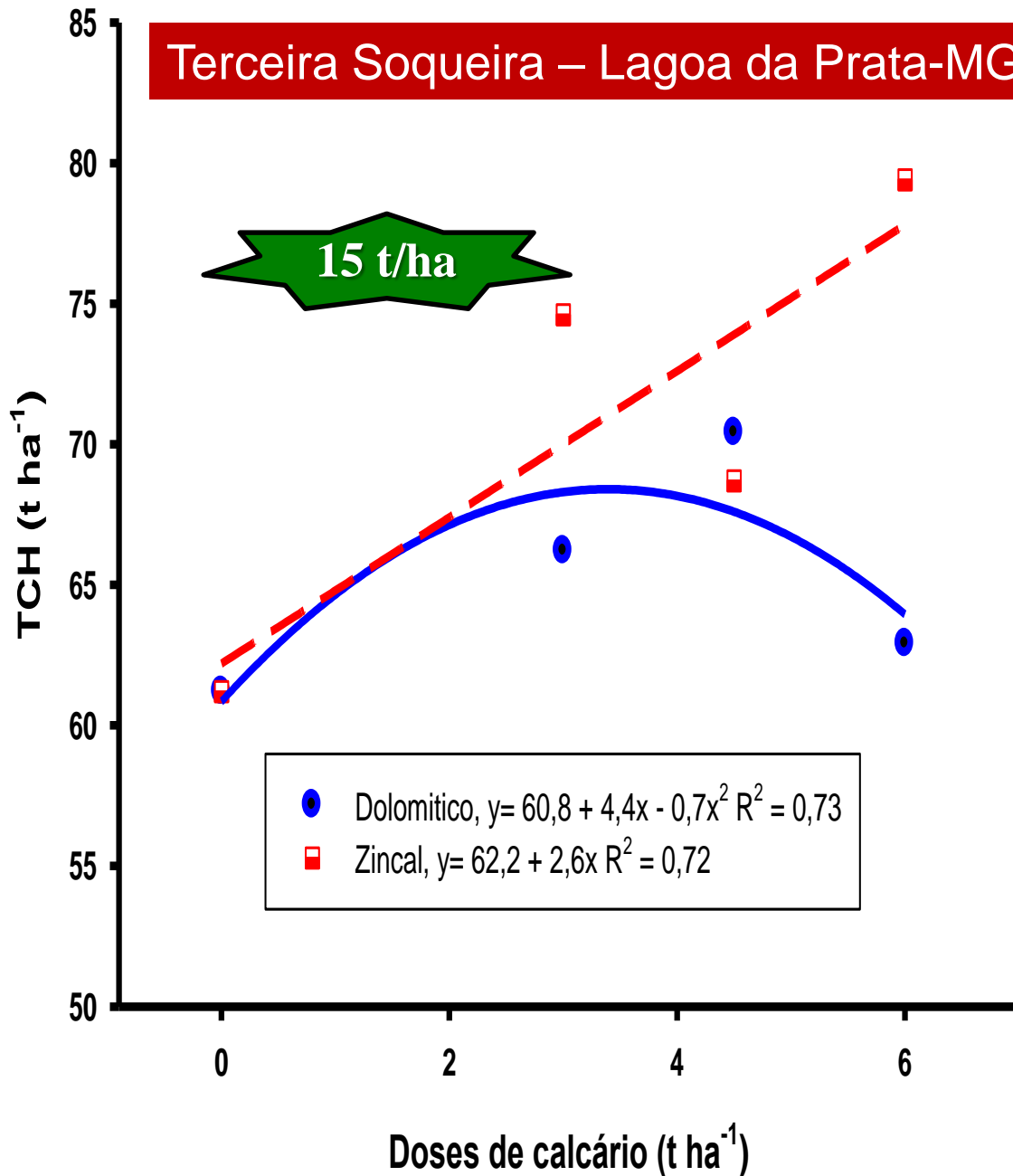


Efeito da Calagem na Adubação com Zinco em Cana-de-Açúcar

ZINCAL X DOLOMÍTICO



Terceira Soqueira – Lagoa da Prata-MG



Zincal 200 = Dolomítico

0,3 % de Zn DISPONÍVEL

ARENOSO

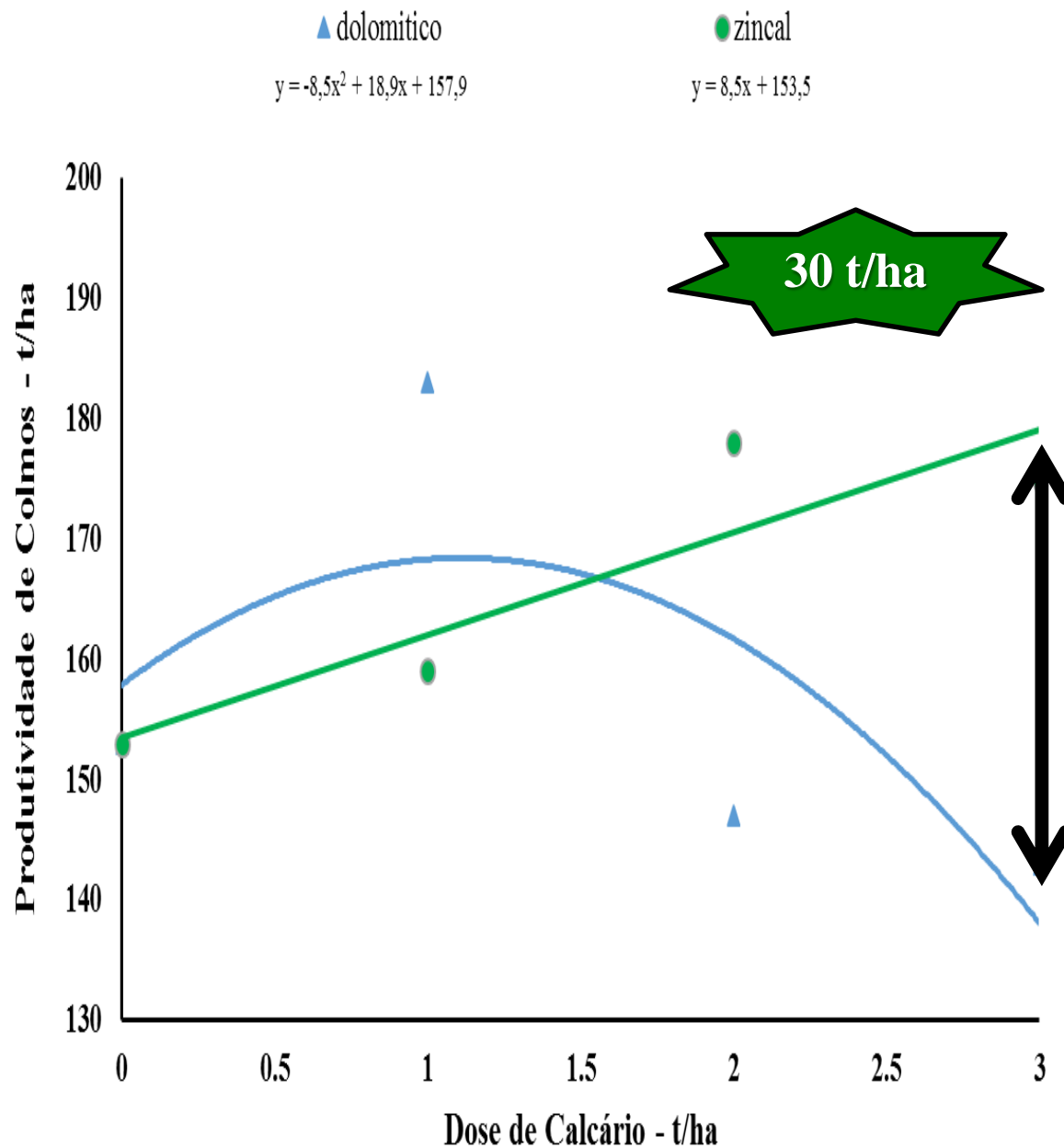
Zn no solo – 0,2 mg/kg

Aplicação de 18 kg/ha Zn

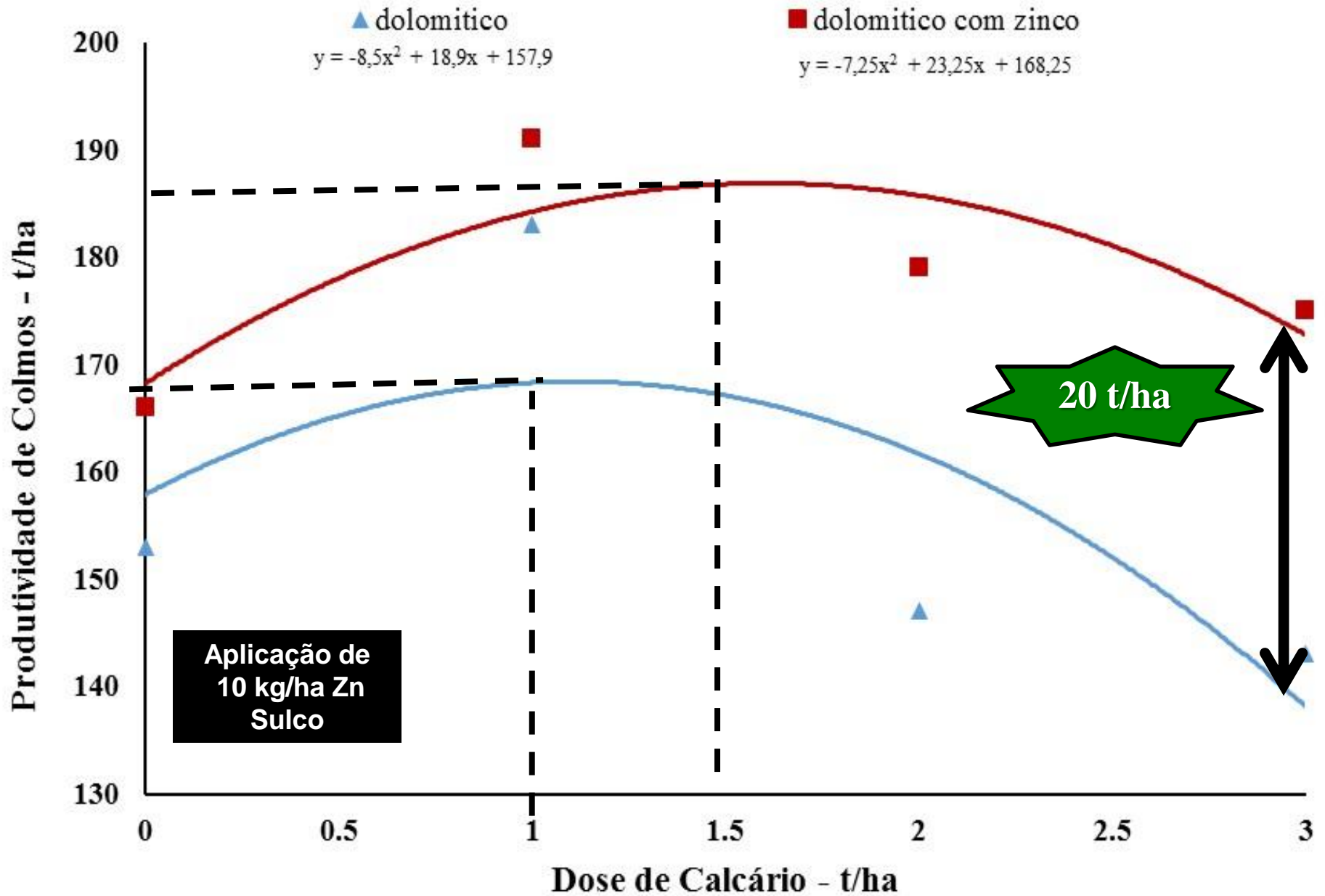


RB 7515

DOLOMÍTICO X ZINCAL – USINA BATATAIS



CALAGEM X ZINCO – USINA BATATAIS-SP



Experimento em Cana Planta–Latosolo Argiloso

Teores de Zinco x Microbiota – Acácio Navarrete

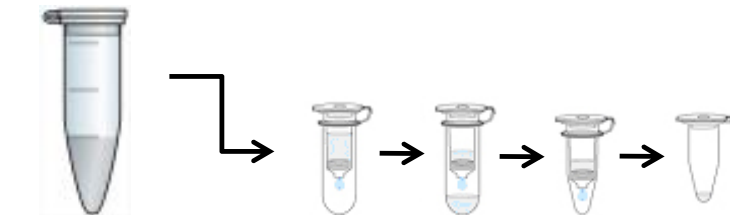


ZnSO₄ foi aplicado a 20 cm de profundidade no sulco de plantio



Assis

Serra Azul



Extração
DNA total
do solo

Purificação

(Não foi necessário amplificação)

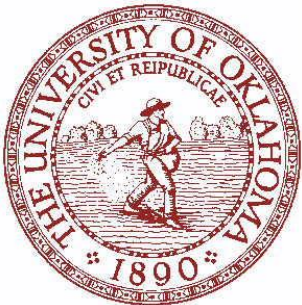
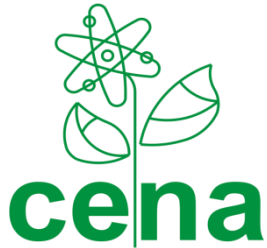
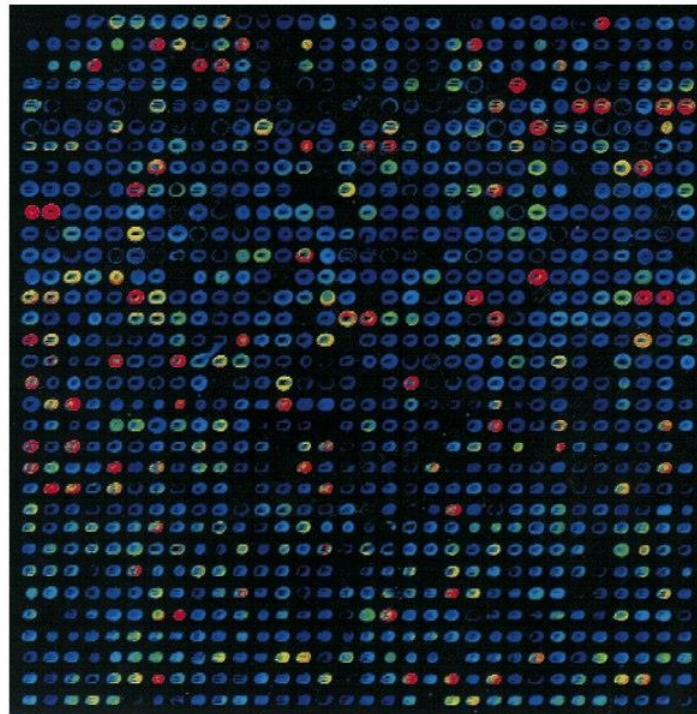


Abordagem **transcriptômica**

Microarranjo



Hibridização de DNA marcado



Atividade da anidrase carbônica, frações de zinco e zinco total no solo

Treatments (Zn rates)	Carbonic anhydrase (EU g ⁻¹ fresh tissue)	Zn fractions in soil					TOT-Zn (mg dm ⁻³)
		Ex-Zn (mg dm ⁻³)	CARB-Zn (mg dm ⁻³)	OM-Zn (mg dm ⁻³)	Ox-Zn (mg dm ⁻³)	RES-Zn (mg dm ⁻³)	
Assis (kg ha⁻¹)							
0	322.4 [†] a [§] ± 15.3 [‡]	0.03a ± 0.004	0.02a ± 0.004	0.05a ± 0.002	0.03a ± 0.008	0.11a ± 0.011	0.24a ± 0.006
5	428.6b ± 48.1	1.03b ± 0.002	1.03b ± 0.006	1.08b ± 0.001	1.06b ± 0.002	1.35b ± 0.018	5.57b ± 0.013
10	508.6c ± 29.4	2.04c ± 0.006	2.03c ± 0.004	2.08c ± 0.004	2.06c ± 0.008	2.65c ± 0.042	10.86c ± 0.032
20	738.4d ± 89.8	3.04d ± 0.001	3.03d ± 0.004	3.08d ± 0.019	3.06d ± 0.001	3.48d ± 0.067	15.70d ± 0.058
Serra Azul (kg ha⁻¹)							
0	346.4a ± 22.0	0.04a ± 0.007	0.05a ± 0.014	0.09a ± 0.007	0.06a ± 0.025	0.14a ± 0.041	0.38a ± 0.093
5	402.7b ± 19.4	1.03b ± 0.003	1.03b ± 0.010	1.09b ± 0.003	1.07b ± 0.005	1.33b ± 0.029	5.55b ± 0.021
10	561.4c ± 64.4	2.04c ± 0.001	2.03c ± 0.002	2.08c ± 0.004	2.06c ± 0.007	2.55c ± 0.170	10.76c ± 0.165
20	796.3d ± 72.4	3.05d ± 0.004	3.02d ± 0.012	3.08d ± 0.028	3.06d ± 0.002	3.45d ± 0.131	15.65d ± 0.100

EU, Enzyme units on a leaf fresh weight basis (EU g⁻¹=10(T_b/T_e-1)/g), where, T_b is the time for the uncatalyzed reaction and T_e is the time for the reaction with active enzyme added.

Ex-Zn, exchangeable zinc; CARB-Zn, carbonate-bound Zn; OM-Zn, organically bound Zn; Ox-Zn, oxide bound Zn; RES-Zn, residual zinc; TOT-Zn, total zinc.

[†]Average for each of nine determinations.

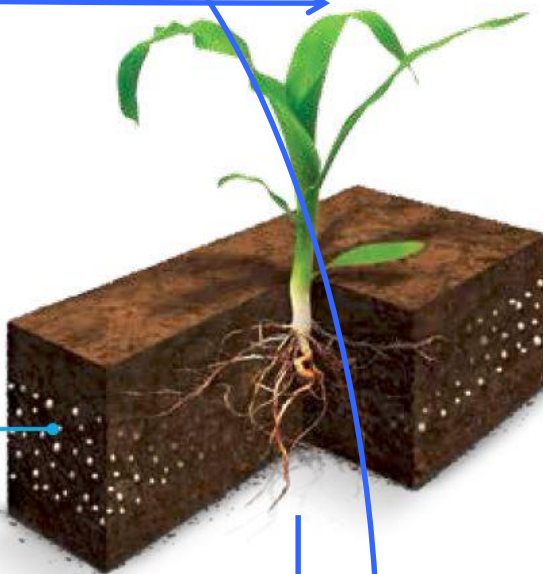
[‡]Standard deviation of the average for each of nine replicates of leaf.

[§]Tukey's HSD test followed by Bonferroni correction for multiple comparisons was performed considering all treatments regarding to each of two field experiments (Assis and Serra Azul) across nine replicates of leaf for each treatment. Significance level: *P* < 0.05.

↑ Dose de Zn
 ↑ Atividade de Anidrase Carbônica

↑ Zn trocável
 ↑ Atividade de Anidrase Carbônica
 ↑ Abundância do gene vBPO
 ↓ Abundância do gene sodA

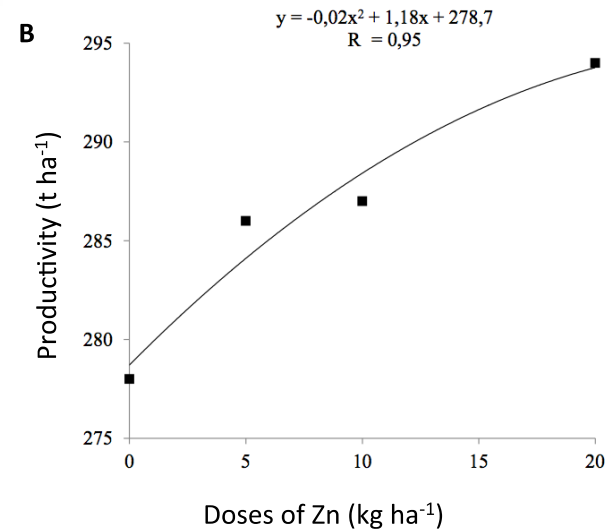
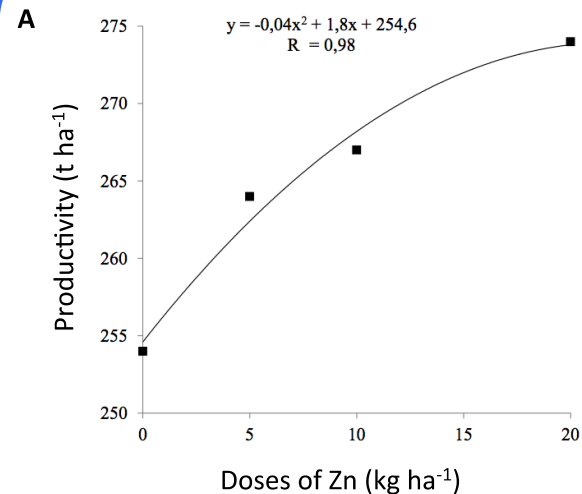
Fotossíntese
 Crescimento



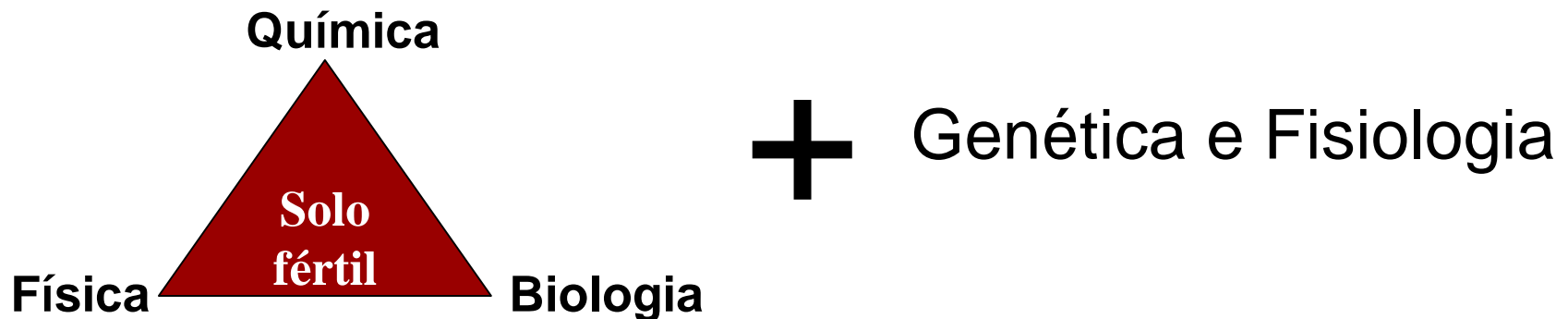
Gene vBPO - metabolismo de halogênios
 - capacidade anti-oxidativa

Estimula
 crescimento de
 raízes

↑ Dose de Zn
 ↑ Produtividade



- Reavaliar extração, exportação e teores foliares
- Estudar o efeito de doses, fontes e formas de aplicação de B;
- Estudar a interação de micronutrientes com outros manejos:
N x Mo; Zn x P... Calagem... Mistura de Tanque
- Estudar o efeito do Ni na cana-de-açúcar;
- Estudar a eficiência da aplicação foliar;
- Fazer experimentos de longa duração e multidisciplinares:



Equipe Técnica

Coordenadores:

Dr. Estêvão Vicari Mellis (Centro de Solos/ Apta-IAC);

Dr. José A. Quaggio (Centro de Solos/ Apta-IAC);

Colaboradores:

-Dr. Luiz A. Junqueira Teixeira (Centro de Solos/ Apta-IAC);

- Dr. Heitor Cantarella (Centro de Solos/ Apta-IAC);

- Dr. Márcio Koiti Chiba (Centro de Solos/ Apta-IAC);

- Dr. Marcos Landell (Centro de Cana/ Apta-IAC);

- Dra. Raffaella Rossetto (Centro de Cana/ Apta-IAC).

-Dr. Fábio Dias (Centro de Cana/ Apta-IAC).

Estagiários e Alunos de Pós-graduação

Usinas Parceiras



Parceiros...



CIÊNCIA



“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.”

Leonardo Da Vinci

Estêvão Vicari Mellis

Centro de Solos - IAC

E-mail: evmellis@iac.sp.gov.br



P M S A



Programa de Manejo de Solos em Agroenergia
Centro de Solos e Recursos Ambientais