



UFRPE

# Workshop Estratégico CTBE: Desafios e Perspectivas do Setor Sucroenergético no Nordeste



Laboratório Nacional de Ciência  
e Tecnologia do Bioetanol

## Estudos de calibração de macronutrientes e micronutrientes em diferentes regimes hídricos para atualização da recomendação de adubação da cana-de-açúcar

Prof. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira - UFRPE/PPGCS/GNAF

*Doutor em Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ/USP*

Grupo de Pesquisa em Nutrição e Adubação de Plantas e Fertilidade do Solo - GNAF/UFRPE



# Workshop Estratégico CTBE: Setor Sucroenergético no Nordeste

✓ Linhas em pesquisa atualmente: Adução e Nutrição da Cana-de-açúcar

1. Disponibilidade no solo e Atualização na calibração de doses dos Micronutrientes;

2. Bactérias Promotoras de Crescimento e Adução Molíbdica:

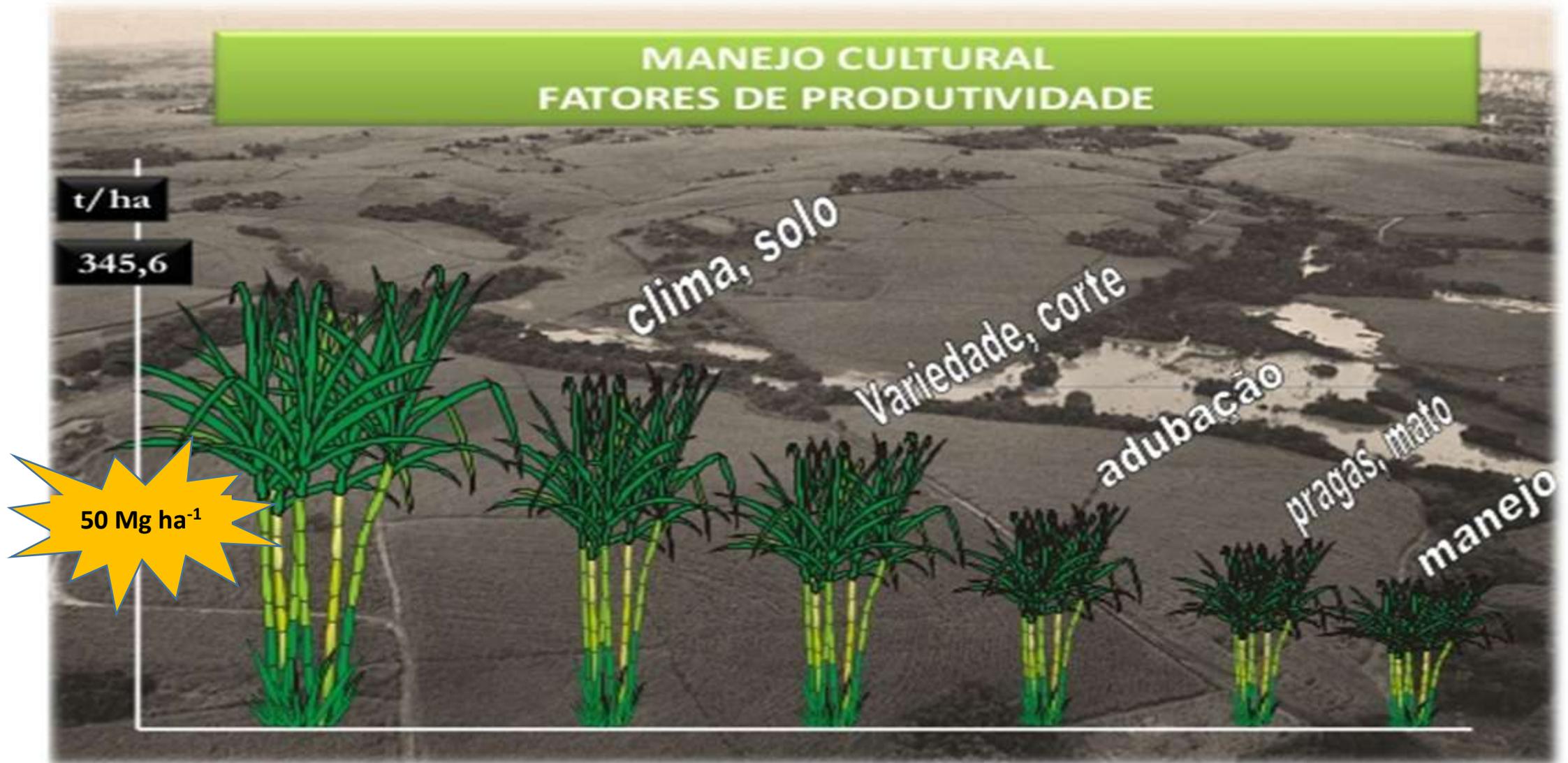
- Estratégias para aumentar da produtividade e reduzir da adução nitrogenada;

3. Manejo Nutricional da Cana-de-açúcar: Fertirrigação por gotejamento:

- Estratégia para aumentar a produtividade e longevidade dos canaviais.

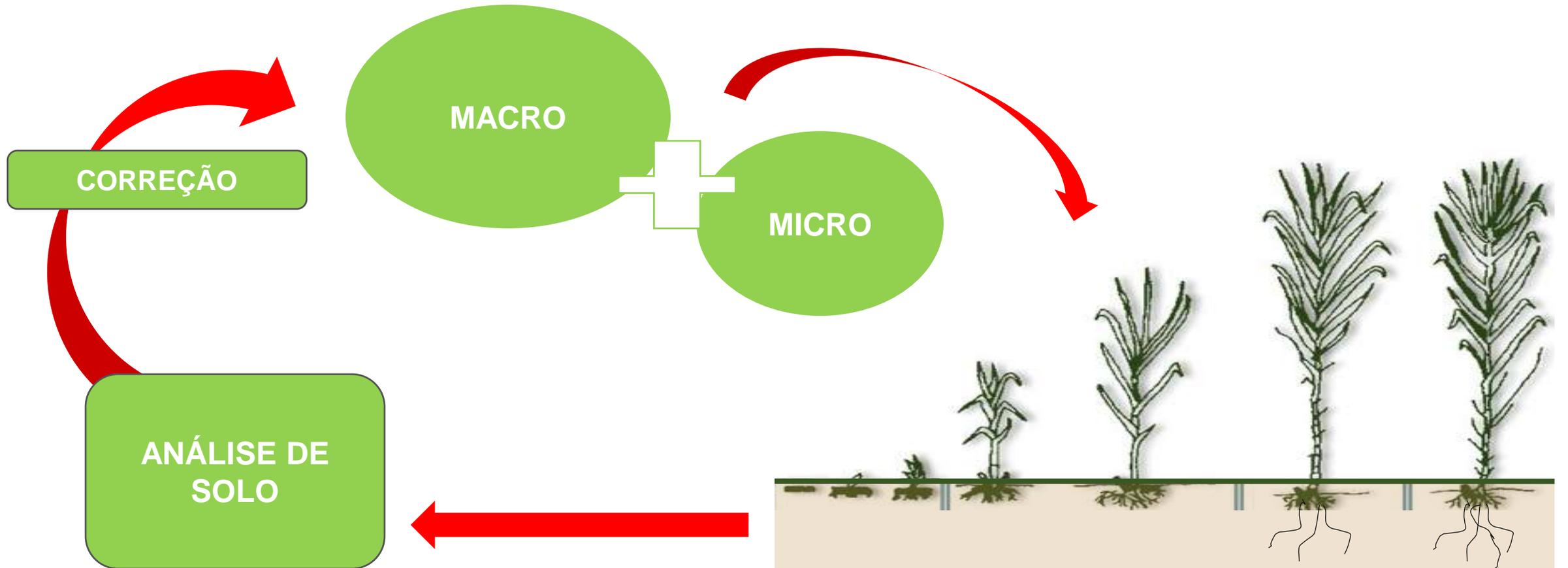


# PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR



# ADUBAÇÃO

“Fornecimento dos nutrientes”



## ✓ Irrigação : Solução para Altas Produtividades e Longevidade dos Canaviais no Nordeste

**Tabela 2.** Produtividade de colmos e de açúcar, eficiência de uso da água e respectivos incrementos em diferentes variedades de cana-de-açúcar cultivadas em regime hídrico de sequeiro e sob irrigação plena, de 2006 a 2007<sup>(1)</sup>.

Variedade	Produtividade de colmos (Mg ha <sup>-1</sup> )				Produtividade de açúcar (Mg ha <sup>-1</sup> )				Eficiência de uso da água (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )			
	Sequeiro	Irigado	Incremento	Incremento (%)	Sequeiro	Irigado	Incremento	Incremento (%)	Sequeiro	Irigado	Incremento	Incremento (%)
Variedades de maturação precoce												
SP79-1011	71,2a	155,0c	83,8	118	10,7a	25,6d	14,9	139	62,4a	111,0c	48,6	78
RB813804	79,9a	177,5c	97,6	122	13,9a	28,4d	14,5	104	70,0a	127,0c	57,0	81
RB863129	87,8a	181,5c	93,7	107	13,2a	28,8d	15,6	118	76,9a	129,9c	53,0	69
RB872552	76,7a	192,5c	115,8	151	12,2a	31,5c	19,3	158	67,2a	137,8c	70,6	105
RB943365	80,6a	193,2c	112,6	140	10,5a	33,4c	22,9	218	70,6a	138,3c	63,7	90
Variedades de maturação média à tardia												
RB72454	68,0a	191,6c	123,6	182	11,0a	24,2d	13,2	120	59,6a	137,2c	77,6	130
RB763710	79,2a	211,9b	132,7	168	11,7a	27,9d	16,2	138	69,3a	151,7b	82,4	119
SP78-4764	76,2a	179,2c	103,0	135	11,8a	28,6d	16,8	142	66,7a	128,3c	61,6	92
SP81-3250	83,1a	232,5b	149,4	180	12,8a	37,3b	24,5	191	72,8a	166,5b	93,7	129
RB867515	87,6a	186,0c	98,4	112	13,7a	29,8c	16,1	117	76,8a	133,2c	56,4	73
RB92579	90,1a	255,6a	165,5	184	13,6a	42,6a	29,0	213	78,9a	183,0a	104,1	132
Média	80,0B	196,0A	116,0	145	12,3B	30,7A	18,4	151	70,1B	140,3A	69,8	99
CV (%)	13,54				15,51				12,88			
Variedade (Var)	5,87**				6,32**				6,10**			
Regime hídrico (Rh)	847,10**				670,00**				590,48**			
Var x Rh	3,59**				4,37**				3,38**			

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

\*\*Significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.



## ✓ Exigência Nutricional da Cana Planta de Sequeiro (Cana de Ano e Meio)

**Table 2.** Accumulation of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in plant shoots (Total) and in the compartments stalk (SC), leaf (LC) and top (TC) of different early-maturing and medium/late-maturing sugarcane varieties.

Variety	N				P				K			
	SC	LC	TC	Total	SC	LC	TC	Total	SC	LC	TC	Total
(kg ha <sup>-1</sup> )												
Early-maturing varieties												
SP79-1011	49eA	13bB	18bB	80e	15Da	2bB	3bB	20f	53dA	4bB	12bB	69d
RB813804	84dA	18aB	16bB	118d	28bA	3bB	4bB	35b	66cA	6bB	10bB	82c
RB863129	83dA	19aB	20bB	122d	23cA	4bB	2bB	29d	65cA	11bB	7bB	83c
RB872552	119bA	19aB	28bB	166b	24cA	4bB	4bB	32c	59cA	9bB	16bB	84c
RB943365	73dA	23aC	42aB	138c	17dA	8aB	9aB	34c	27eA	18aB	30aA	75d
Medium/late-maturing varieties												
RB72454	81dA	15bB	22bB	118d	18dA	2bB	5bB	25e	50dA	7bB	11bB	68d
RB763710	73dA	18aB	29bB	120d	22cA	3bB	4bB	29d	65cA	8bB	17bB	90c
SP78-4764	93cA	24aB	35aB	152b	26bA	4bB	7aB	37b	67cA	15aC	27aB	109b
SP81-3250	78dA	22aB	23bB	123d	27bA	4bB	5bB	36b	50dA	7bB	14bB	71d
RB867515	91cA	28aC	41aB	160b	31aA	5bB	8aB	44A	128bA	18aB	29aB	175a
RB92579	147aA	22aB	24bB	193a	27bA	4bB	4bB	35b	146aA	11bB	18bB	175a
Mean	88A	20C	27B	135	23A	4B	5B	32	71A	10C	17B	98
F <sub>Variety</sub>	42,680.00*				32,375.00*				103,563.00*			
F <sub>Compartment</sub>	1,495.12*				1,740.38*				1,318.72*			
F <sub>Variety*Compartment</sub>	11,439.00*				8,720.00*				29,109.00*			
C.V. (%)	13.83				13.78				15.75			

F – F calculated by F-test; C.V. – coefficient of variation; \*significant ( $p > 0,05$ ); Means followed by the same lowercase letters in the column do not differ by the Scott-Knott ( $p > 0,05$ ).

Fonte: Oliveira et al. (2016)



## ✓ Exigência Nutricional da Cana Planta Irrigado (Cana de Ano)

Quadro 2. Extração e exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em diferentes variedades de cana-de-açúcar conduzidas sob manejo de irrigação plena

Variedade	N		P		K		Ca		Mg	
	Extração	Exportação	Extração	Exportação	Extração	Exportação	Extração	Exportação	Extração	Exportação
	kg ha <sup>-1</sup>									
SP79 -1011	142 E	85 D	25 A	14 A	400 A	256 A	236 B	201 B	55 D	40 C
RB813804	94 F	36 E	30 A	19 A	326 A	232 A	193 B	160 B	74 C	57 B
RB863129	196 C	80 D	29 A	18 A	299 B	160 B	264 A	230 A	82 C	66 B
RB872552	96 F	18 F	28 A	18 A	328 A	206 A	210 B	173 B	83 C	64 B
RB943365	177 D	85 D	24 A	9 B	363 A	178 B	231 B	193 B	96 B	68 B
RB72454	153 E	27 E	23 B	12 B	345 A	165 B	186 B	149 B	87 C	61 B
RB763710	170 D	90 D	27 A	17 A	362 A	219 A	194 B	160 B	85 C	63 B
SP78 -4764	201 C	122 C	20 B	15 A	274 B	164 B	209 B	174 B	82 C	62 B
SP81 -3250	241 B	168 A	28 A	15 A	404 A	235 A	225 B	168 B	99 B	75 B
RB867515	237 B	135 B	19 B	9 B	264 B	160 B	238 B	180 B	90 C	70 B
RB92579	260 A	167 A	25 A	16 A	212 B	97 B	305 A	266 A	122 A	99 A
Média	179	92	25	15	325	188	226	187	87	66
F	73,45 <sup>**</sup>	138,80 <sup>**</sup>	4,62 <sup>**</sup>	6,87 <sup>**</sup>	5,94 <sup>**</sup>	4,10 <sup>**</sup>	5,44 <sup>**</sup>	5,50 <sup>**</sup>	10,69 <sup>**</sup>	9,14 <sup>**</sup>
CV (%)	7,2	9,6	13,5	17,4	14,8	24,0	13,2	15,7	11,5	14,0

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %; <sup>\*\*\*</sup> Significativo a 1 % pelo teste F.

R. Bras. Ci. Solo, 34:1343-1352, 2010

Fonte: Oliveira et al. (2010)



## ✓ Exigência Nutricional da Cana Planta de Sequeiro (Cana de Ano - Irrigação de Salvação)

**Tabela 8. Margem de contribuição agrícola, em relação a adubação nitrogenada.**

Dose de N Kg ha <sup>-1</sup>	TCH	ATR	Açúcar	Receita Bruta	Custo CCT	Custo Uréia	Custo Total	MCA	Ganhos
	Mg ha <sup>-1</sup>	Kg t <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>					
0	97,20	164,90	16.028	13.598	3.110	0	3.110	10.487	-
30	108,57	163,96	17.801	15.102	3.474	85,32	3.559	11.542	1054,93
60	112,29	167,60	18.819	15.966	3.593	170,64	3.763	12.202	1714,81
90	115,02	162,19	18.655	15.826	3.680	255,96	3.936	11.890	1402,39
120	116,45	157,30	18.317	15.540	3.726	341,28	4.067	11.472	984,97
<b>129,45</b>	117,19	158,98	18.630	15.806	3.750	368,15	4.118	11.688	1200,20
150	116,50	158,62	18.479	15.677	3.728	426,60	4.154	11.523	1035,19
200	112,84	153,91	17.367	14.734	3.610	568,80	4.179	10.554	66,66

Fonte: Dissertação Santana (2017)



## ✓ Projetos em Andamento

- Adubação líquida com N complementar



Adubação Sólida Mineral - 80 kg/ha de N



Adubação Sólida Mineral - 80 kg/ha de N  
+  
30 kg/ha de N  
Complementar



## ✓ Projetos em Andamento

- Adubação líquida com N complementar



Adubação Sólida Mineral - 80 kg/ha de N



Adubação Sólida Mineral - 80 kg/ha de N

+

30 kg/ha de N

Complementar



## ✓ Adubação Fosfatada de Plantio

### - Disponibilidade e recomendação de P em solos da PB e PE (0-20 cm)

Argila (g kg <sup>-1</sup> )	P-rem (mg L <sup>-1</sup> )	Classe de disponibilidade (mg dm <sup>3</sup> )				
		Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Mehlich-1						
>600	<12	<3,5	3,5–5,5	5,6–9,5	9,6–12,0	>12,0
350 a 600	12 a 17	<6,5	6,5–9,5	9,6–12,5	12,6–16,0	>16,0
150 a 350	17 a 35	<8,5	8,5–12,5	12,6–15,0	15,1–18,0	>18,0
<150	35 a 60	<10,5	10,5–13,5	13,6–17,0	17,1–20,0	>20,0
Resina de troca aniônica						
-	-	<30	30,0–40,0	41,0–56,0	57,0–65,0	>65,0

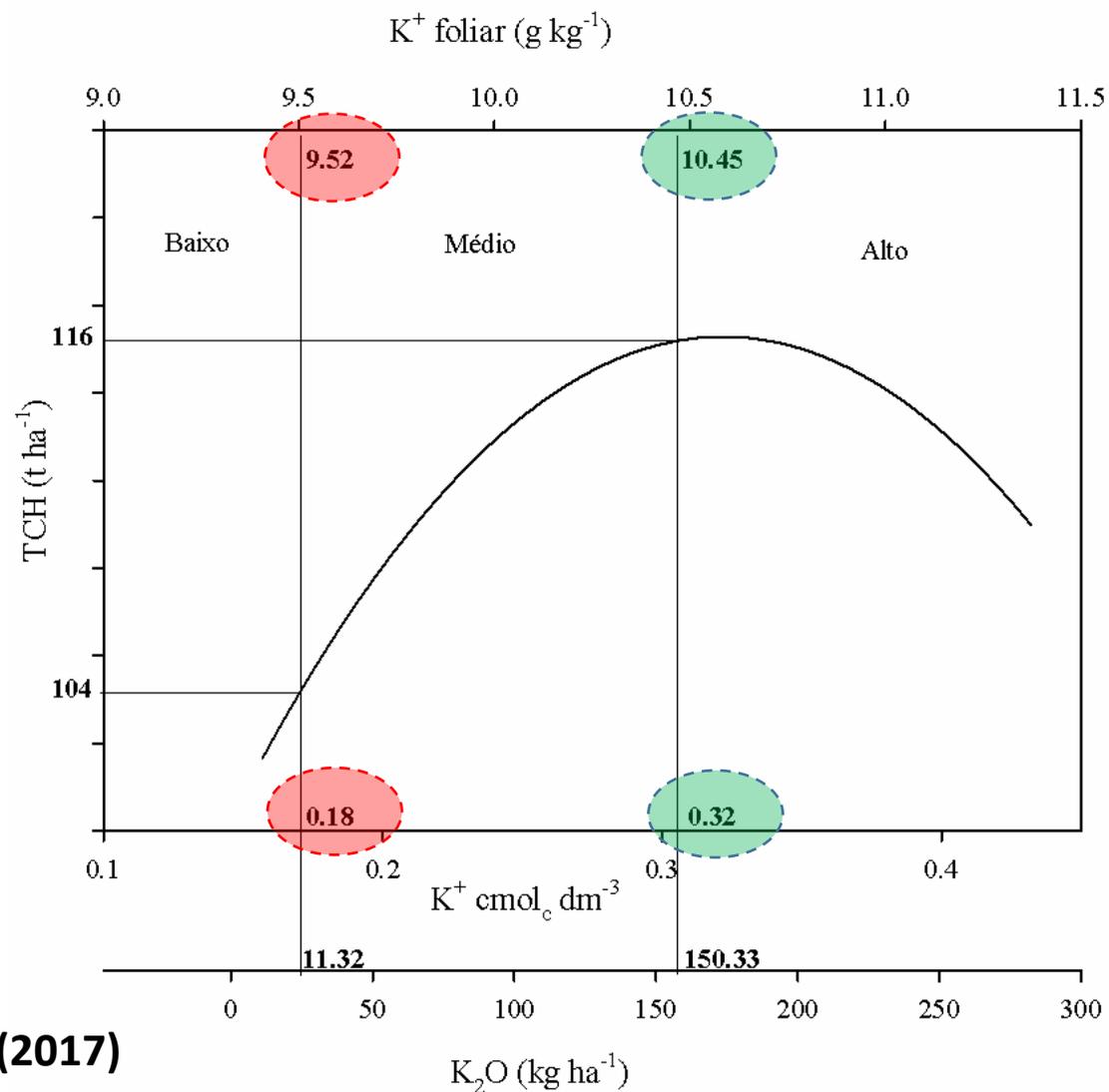
Produtividade esperada (Mg ha <sup>-1</sup> )	Classe de fertilidade para fósforo				
	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
>90	180	150	120	90	60
<90	160	130	100	70	40

Fonte: Simões Neto et al. (2015)



## ✓ Adubação Potássica de Plantio

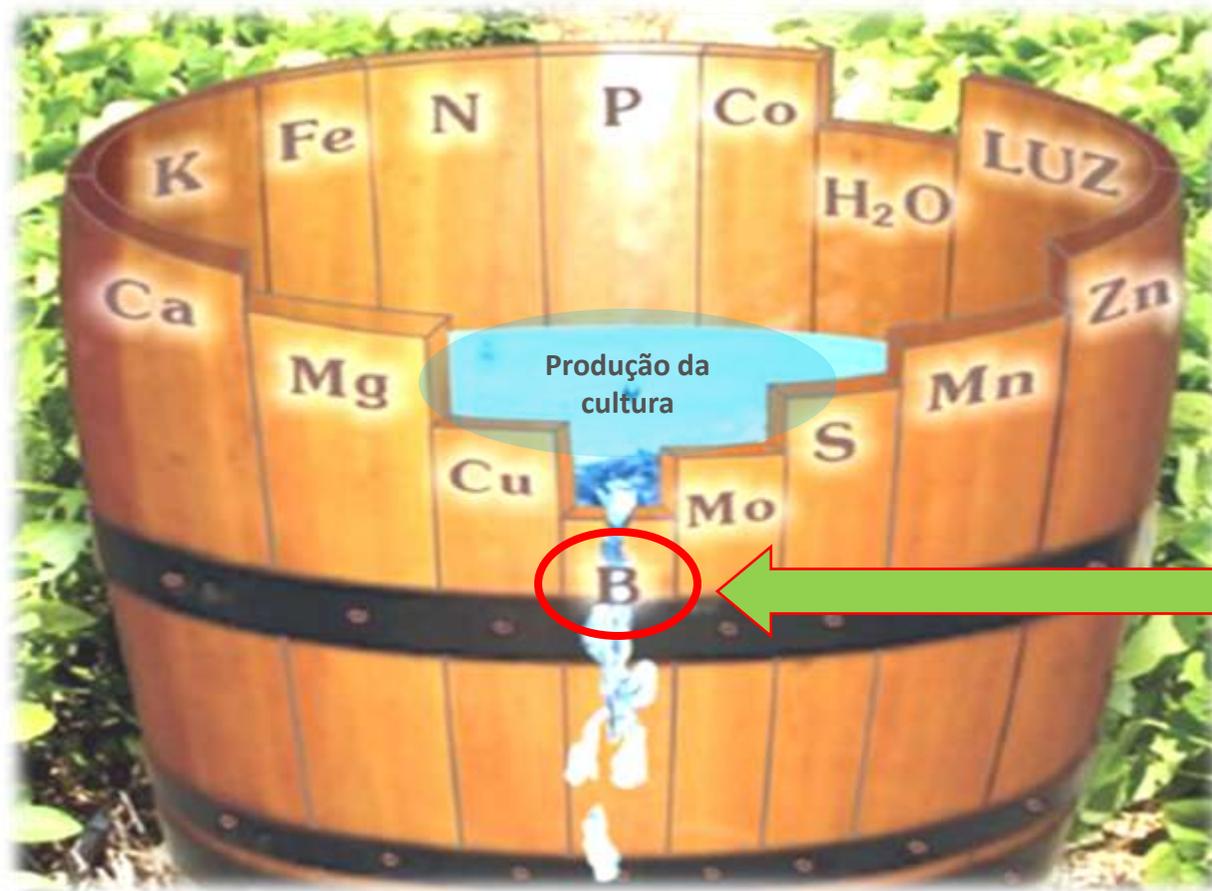
### - Teores ideais de K no solo e folha



Fonte: Tese de Doutorado Igor Rocha (2017)



# LEI DO MÍNIMO - Micronutrientes

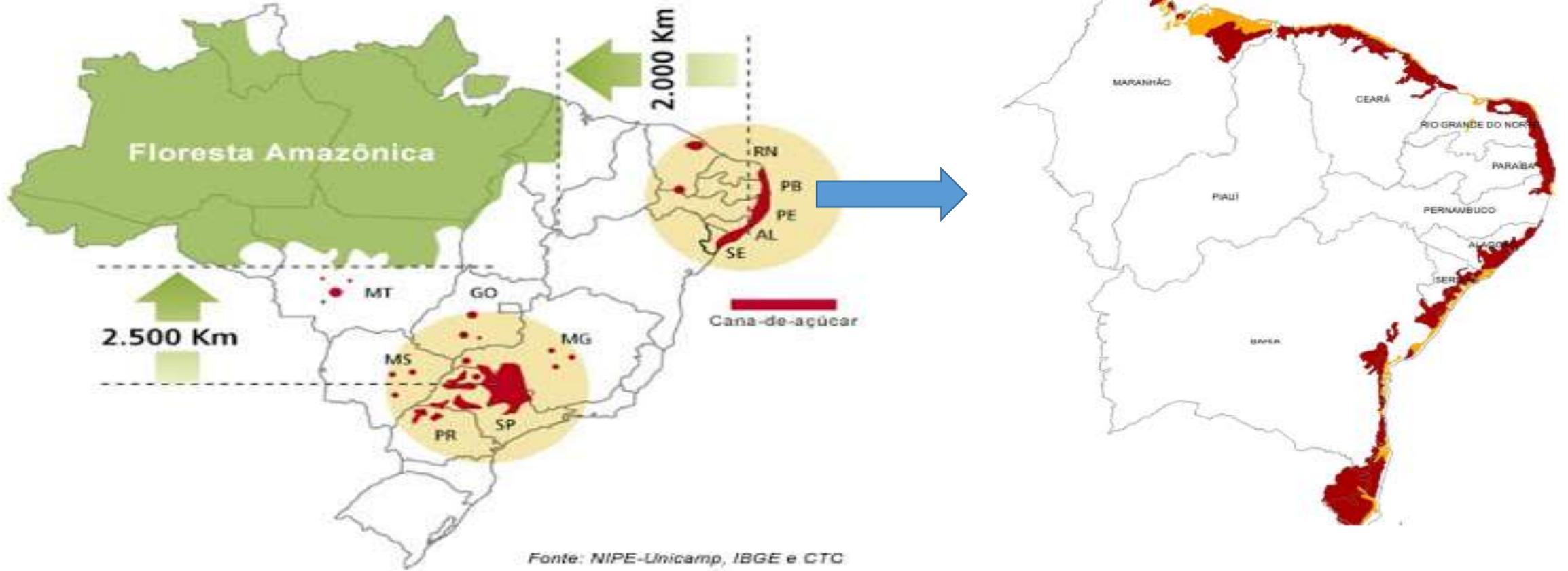


Em menor quantidade

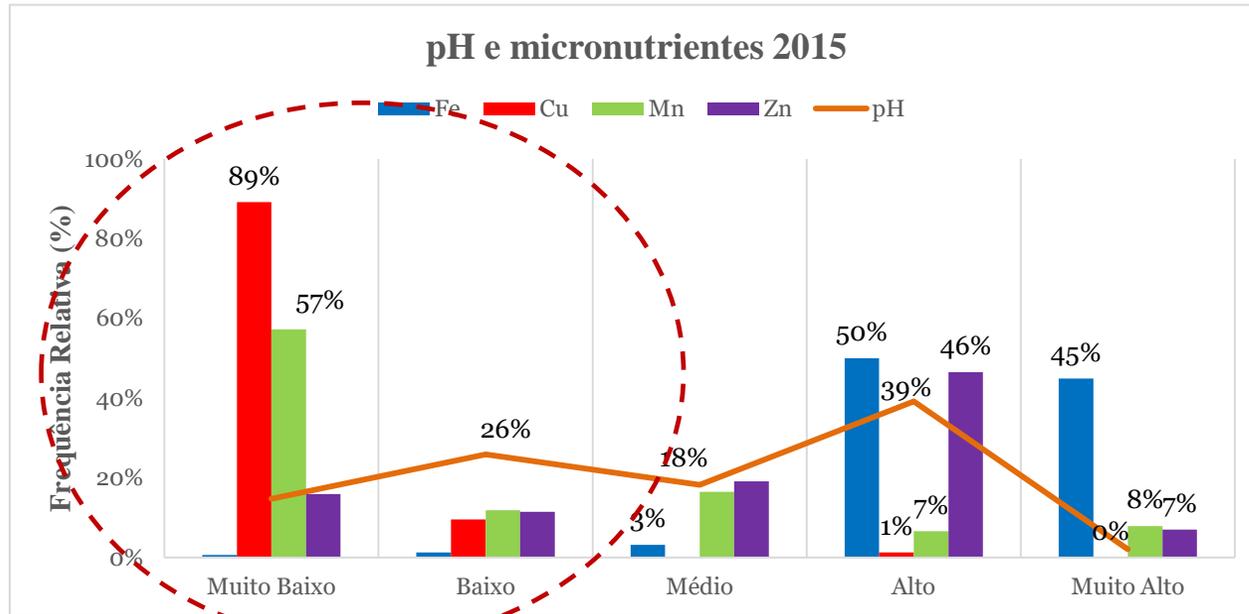
“Fome oculta”



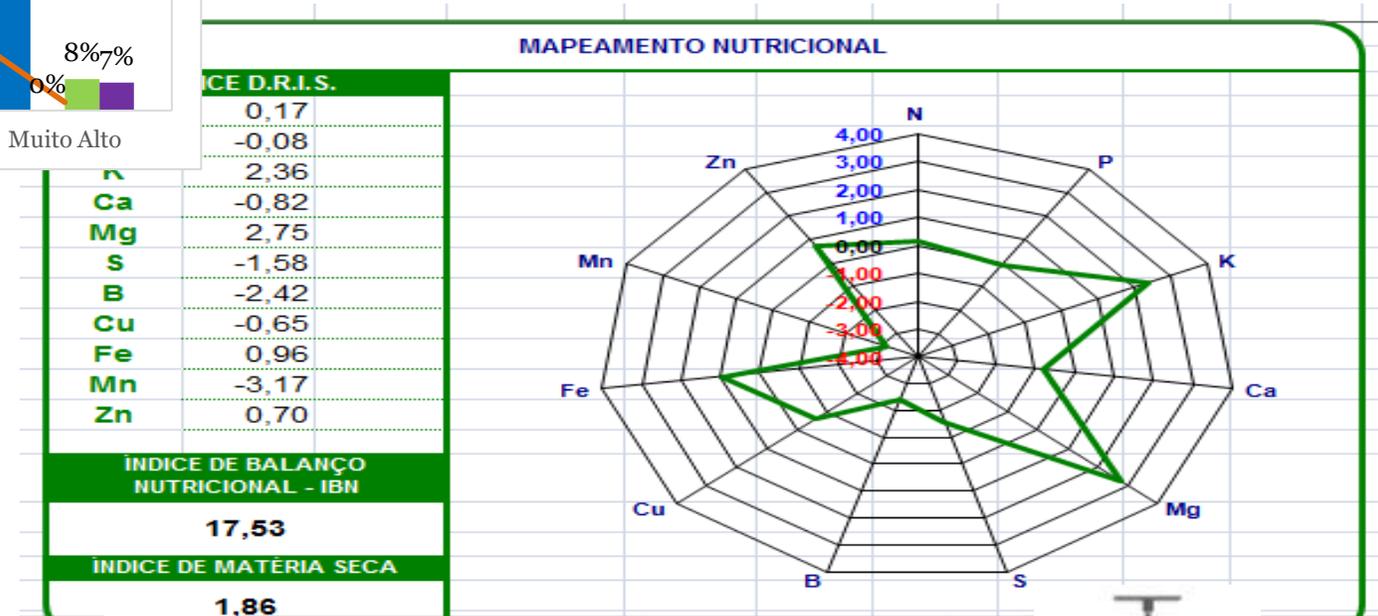
# MICRONUTRIENTES NOS SOLOS NORDESTE



# MICRONUTRIENTES NOS SOLOS NORDESTE



## Tabuleiros Costeiros: Pernambuco / Paraíba / Rio Grande Norte



Tabuleiros: 158 Amostras de solo  
Fonte DRIS - Fabio - Quimifol



## Clorose nos Tabuleiros - “ Amarelão”



# Clorose em Plantas Adultas



**Fase Inicial**



**Fase Evoluída**



**Em plantas adultas**

# Recomendação dos Micronutrientes no Nordeste

Teor no Solo			Dose Sugerida		
Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn
mg/dm <sup>3</sup>			kg/ha		
< 0,7	<0,4	<0,6	2,6	4,0	5,0
0,7- 1,0	0,4 - 0,6	0,6-0,9	1,3	2,0	3,0
>1,0	>0,6	>0,9	0,0	0,0	0,0

Fonte: Manual de Recomendação de Adubação para Pernambuco (2008).

Nível crítico: Cu, Fe, Mn e Zn



**Variedades não mais cultivadas!!**

Nível crítico: Boro (B) e Molibdênio (Mo):



**Nunca Foram determinados!!!**

## ✓ Fertilidade do Solo e Nutrição da Cana-de-açúcar

- Exigência de micronutrientes pela cana-de-açúcar

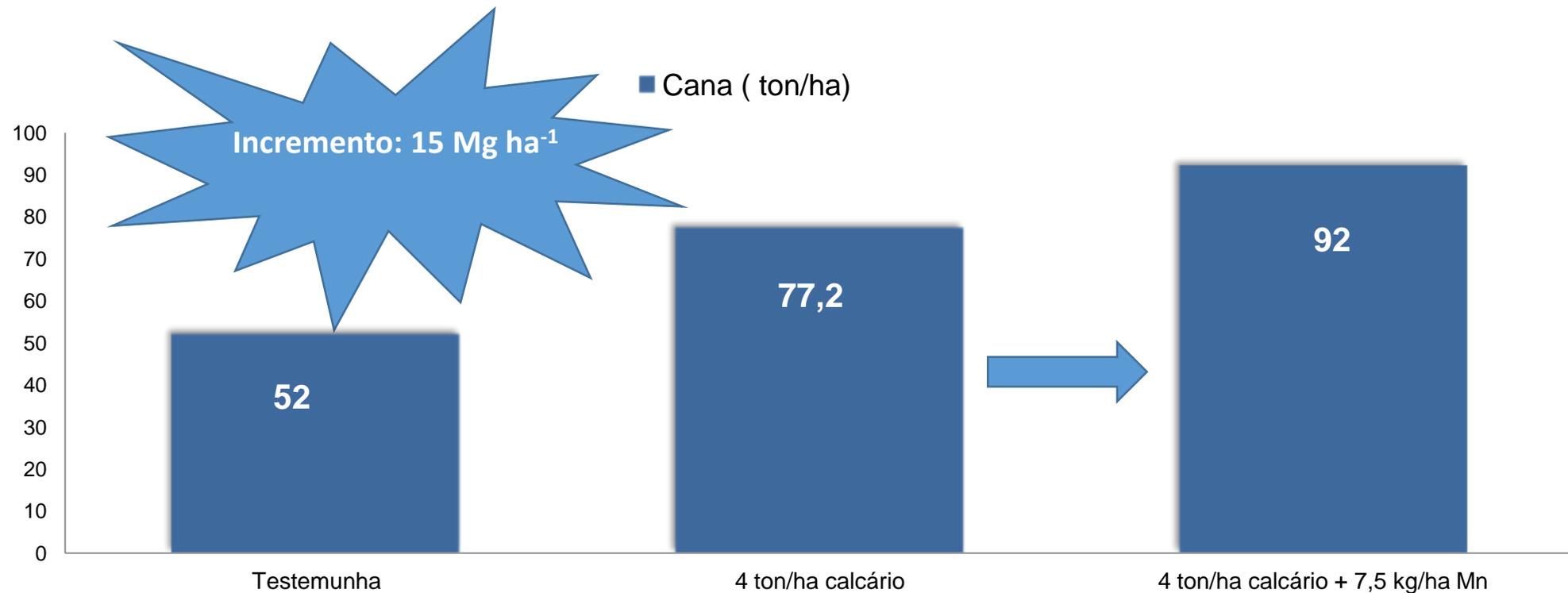
Variedade	Exigência (g/100 ton.)			
	Fe	Mn	Cu	B
RB72454	5.320	210	100	480
SP79-1011	3.330	390	70	120
RB867515	1.790	500	80	110
RB92579	2.500	660	80	110

Fonte: Dados adaptados do Prof. Gilson Moura / UFAL (Workshop/STAB 2015)



# Adubação com Mn na Cana Soca

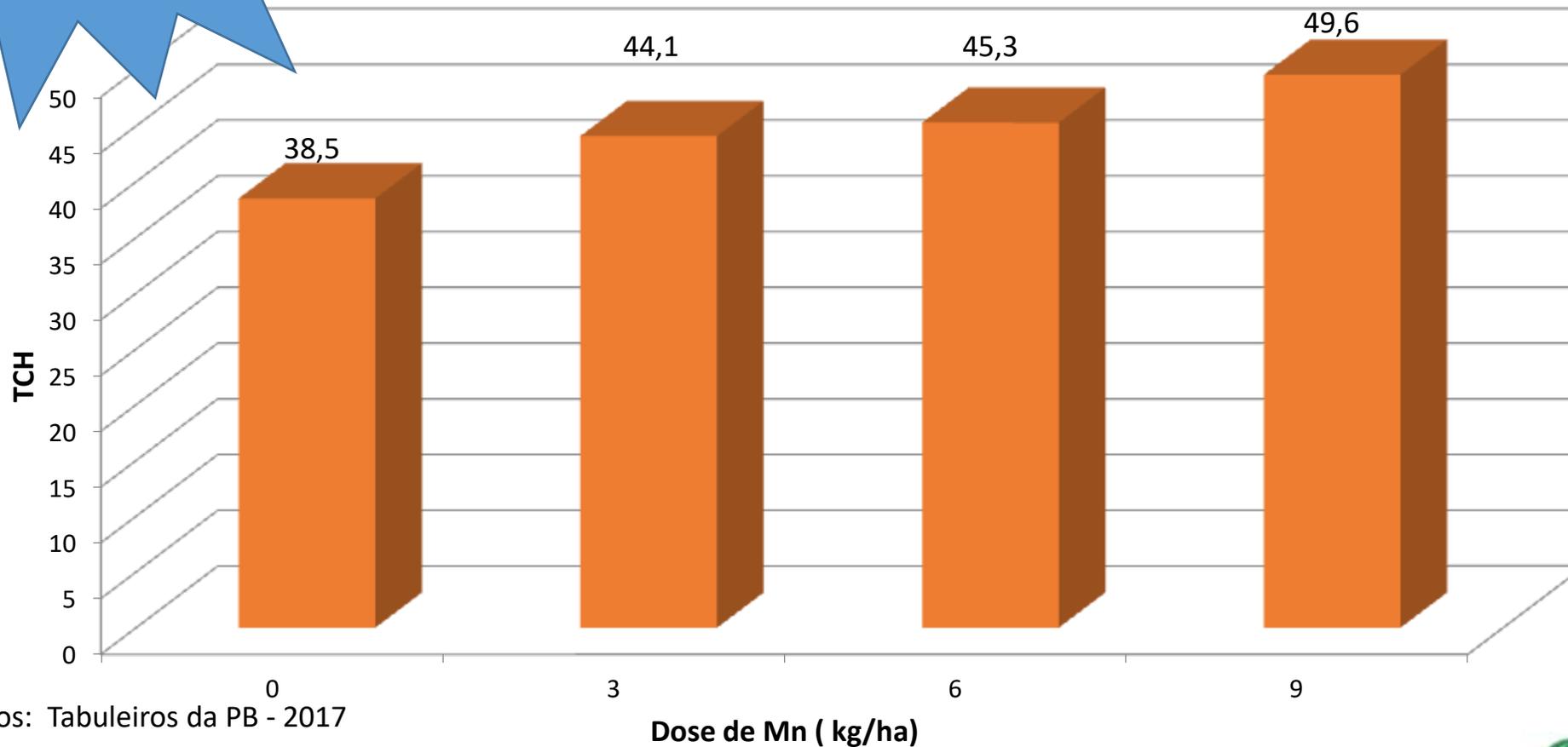
Resposta de cana-de-açúcar soca à calagem e à aplicação de manganês (Alagoas).



# Adubação com Mn na Cana Soca

Teor no Solo: 06 a 08 mg dm<sup>-3</sup>

Ganho - 11 TCH



Dados não publicados: Tabuleiros da PB - 2017



# Deficiência de B



**Deficiência de Boro**



**Deficiência de Boro + Mn**

**Fonte: Emídio Oliveira**

# Adubação com Mo

Tabela 18. Produção de cana-de-açúcar (TCH) e rendimento de açúcar (TPH) no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd<sub>2</sub>, PB.

Fator	Variável											
	TCH					N (kg ha <sup>-1</sup> )		TPH				
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha <sup>-1</sup> )	Produção (t ha <sup>-1</sup> )											
0	87,80	99,70	<del>105,28</del>	104,91	106,40	<b>100,82</b>	14,33	16,85	<del>17,49</del>	17,01	17,50	16,62
200	87,43	98,21	<b>117,19</b>	104,66	101,19	<b>101,74</b>	14,48	15,99	<b>19,30</b>	17,22	16,71	16,74
400	91,27	100,00	<del>101,19</del>	98,21	100,69	<b>98,27</b>	15,07	16,99	<del>17,03</del>	15,62	16,77	16,30
800	94,25	94,25	102,31	103,05	113,59	<b>101,49</b>	16,21	15,22	16,94	16,97	18,52	16,77
1600	96,73	99,21	86,31	99,70	103,42	<b>97,07</b>	15,61	16,74	14,31	16,32	16,63	15,92
<b>Média</b>	<b>91,49</b>	<b>98,27</b>	<b>102,46</b>	<b>102,11</b>	<b>105,06</b>		<b>15,14</b>	<b>16,36</b>	<b>17,00</b>	<b>16,63</b>	<b>17,23</b>	

Fonte: Prof. Alexandre Campelo (Tese/UFRPE - 2012) / Aplicação de Molibdato de Sódio no fundo do Sulco.



# Micronutrientes

---



Aplicação de Molibdênio (100 g/ha) no fundo do sulco de plantio

Aplicação de Mo + Cu, Zn, B, e Mn



# Bactérias Promotoras de Crescimento e Adubação Molíbdica:



N- 60 kg ha<sup>-1</sup>



N- 0 kg ha<sup>-1</sup> + Mo- 0 g ha<sup>-1</sup>



N- 60 kg ha<sup>-1</sup> + Mo- 400 g ha<sup>-1</sup>



N- 60 kg ha<sup>-1</sup>



N- 60 kg ha<sup>-1</sup> + Mo- 400 g ha<sup>-1</sup>



N- 60 kg ha<sup>-1</sup> + Mo- 400 g ha<sup>-1</sup> + Bactérias fixadoras

Fonte: Emídio Oliveira



# Bactérias Promotoras de Crescimento e Adubação Molíbdica:

		BSPA			BSR		
		----- g planta <sup>-1</sup> -----					
Fator		N (g vaso <sup>-1</sup> )			N (g vaso <sup>-1</sup> )		
Bactéria	Mo (g vaso <sup>-1</sup> )	0	2,9	Média	0	2,9	Média
Sem	0	14,13 bA	97,73 aAB	55,93	1,87 bC	19,33 aB	10,60
	0,9	12,49 bA	76,76 aAB	44,63	5,94 bB	14,67 aB	10,31
UAGC 865	0	13,02 bA	73,29 aB	43,16	4,95 bB	17,05 aB	11,00
	0,9	14,69 bA	69,17 aB	41,93	14,71 aA	20,81 aA	17,76
UAGC 869	0	10,52 bA	91,86 aAB	51,19	5,46 bB	14,68 aB	10,07
	0,9	18,96 bA	150,30 aA	84,63	5,64 bB	31,92 aA	18,78
Média	0	12,56	87,63		4,09	17,02	
	0,9	15,38	98,74		8,76	22,47	
		F			F		
N		337,79*			324,62*		
Mo		2,62 <sup>ns</sup>			43,52*		
Bactéria		11,96*			14,98*		
Mo*Bac		9,16*			3,07**		
N*Bac		11,04*			10,17*		
N*Mo		0,93 <sup>ns</sup>			4,24**		
N*Mo*Bac		5,62*			23,47**		
CV (%)		19,71			7,7		

Fonte: Dissertação/UFRPE Magda Silva (2016)



## ✓ Fertirrigação por gotejamento: Soluções para Altas Produtividades e Longevidade dos Canaviais



Fonte: Netafim - Juazeiro (BA)

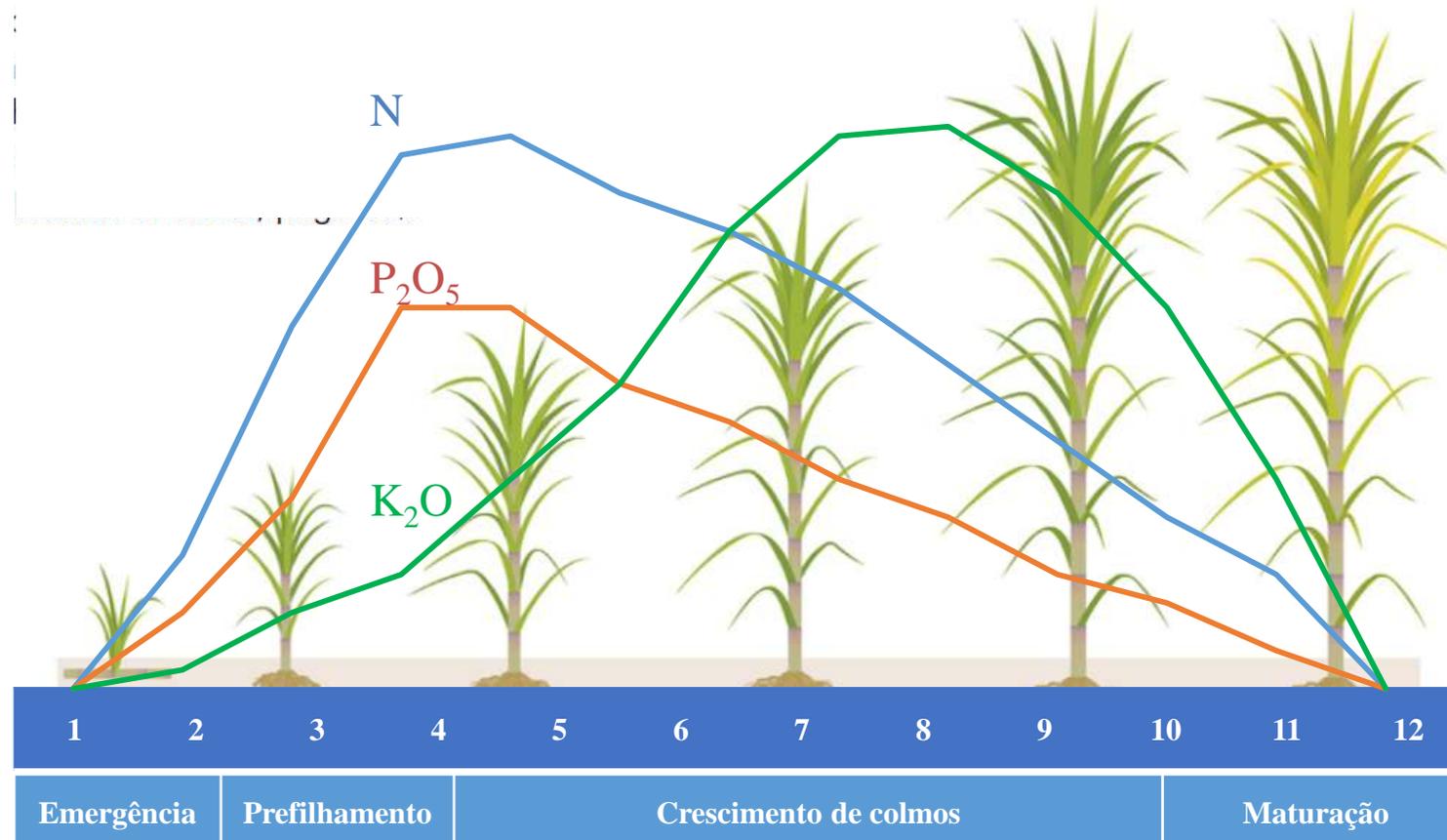


Fonte: Netafim - Santa Rita (PB)



# Identificar a Marcha de Absorção dos Nutrientes

## ➤ Marcha de Absorção de Sequeiro



Fonte: Oliveira (2011)



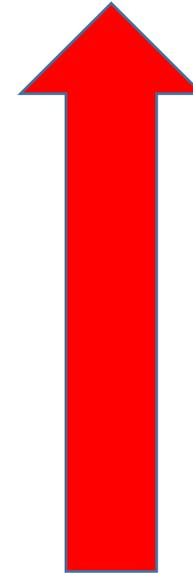
# Manejo Inadequado da fertirrigação

---



# Manejo da fertirrigação

---



Maior absorção de água e nutrientes

Maior eficiência do sistema



# Manejo da fertirrigação

---





OBRIGADO.

Prof. Dr. Emídio Cantídio A. de Oliveira

[emidio.oliveira@ufrpe.br](mailto:emidio.oliveira@ufrpe.br)

Sala/UFRPE: (81) 3320-6221

Celular: (81) 9 9519-6092

