



UFAL



Workshop Estratégico:

Desafios e Perspectivas do Setor Sucroenergético no Nordeste

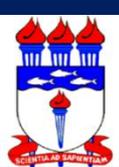
30/Março | 8h30 - 18h | CTBE

Centro de Ciências Agrárias - CECA



Grupo de Pesquisa em
Solos e Nutrição de Plantas





UFAL



MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR: ESTUDOS DE CALIBRAÇÃO, DIAGNOSE NUTRICIONAL E FORMAS DE APLICAÇÃO

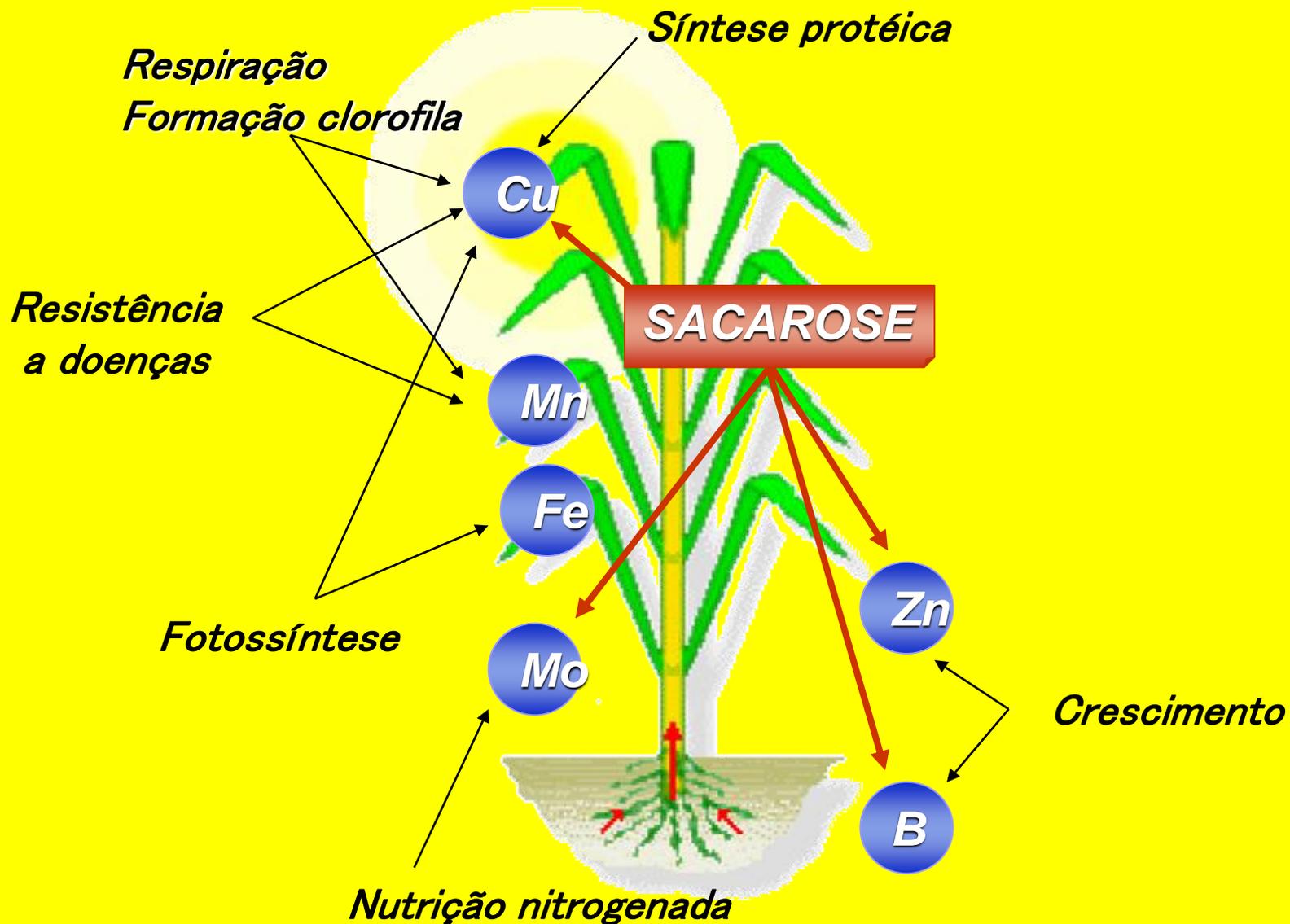


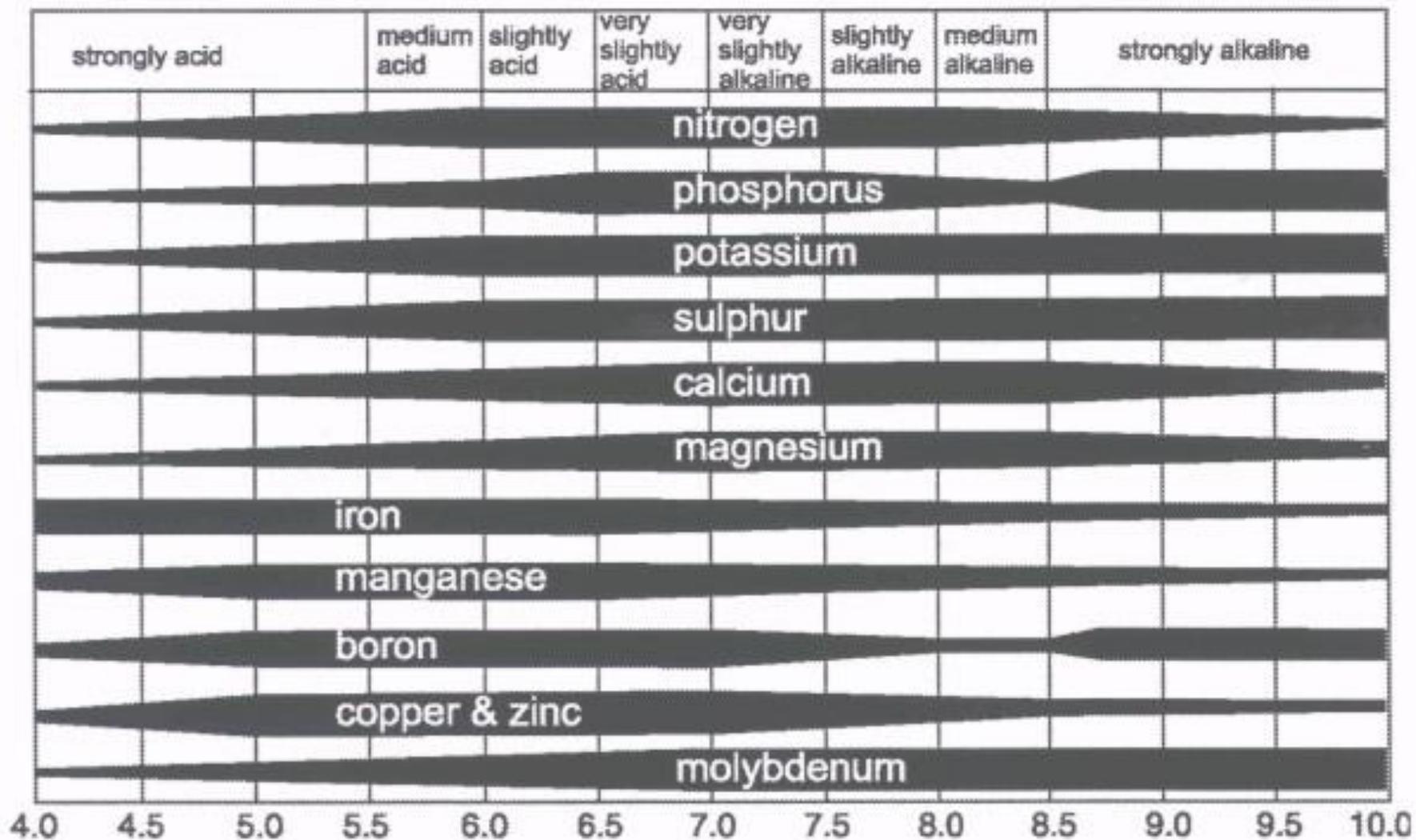
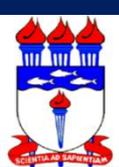
Gilson Moura Filho (CECA/UFAL)
gmf.ufal@yahoo.com.br

Leila Cruz da Silva
Adriano Barboza Moura
CECA/UFAL

Campinas (SP), 30 de março de 2017

FUNÇÕES DOS MICRONUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR





Teores de Micronutrientes nos Solos

Quadro 1 – Interpretação dos teores de micronutrientes para a região Nordeste

Teor Classe	B Água quente	Mehlich-1			
		Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg/dm ³ -----					
Baixo	0,00 – 0,35	0,0 – 0,5	0 – 18	0 - 5	0,0 – 0,9
Médio	0,36 – 0,60	0,6 – 0,9	19 - 30	5 – 8	1,0 – 1,5
Alto	> 0,60	> 0,9	> 30	> 8	> 1,5

- **Fonte: Santos e Sobral (1980) e CFSEMG (1999)**

Diagnose da Fertilidade do Solo

Empresa: Usina Cachoeira

Data:

Fazenda:

Prof:

Lote:

Amostra: 4775

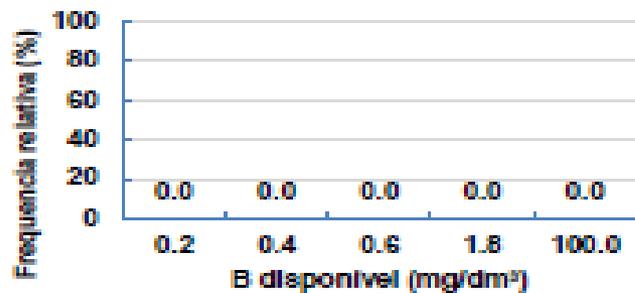
Ano: 2012

Obs.:

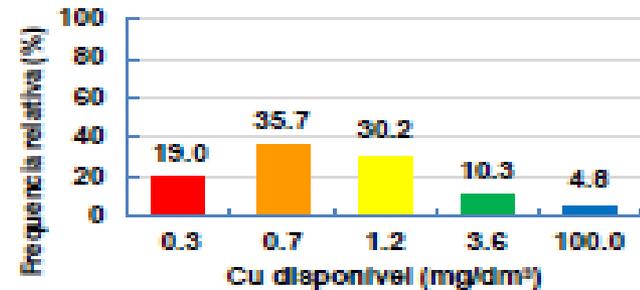
Data da emissão: 29/03/2017

Elemento	Média	Menor	Maior	Clas.	Elemento	Média	Menor	Maior	Clas.
pH do solo	5.4	3.7	8.6	Baixo	Sat. Na (%)	0.9	0.1	31.0	Muito Baixo
Na (mg/dm ³)	15	1	257		Ca/Mg	1.7	0.3	23.0	Médio
P (mg/dm ³)	16	1	396	Médio	Ca/K	21.0	0.2	447.6	Bom
K (mg/dm ³)	48	4	960	Médio	Mg/K	13.9	0.2	200.6	Muito Alto
Ca (cmol _d /dm ³)	1.77	0.20	24.10	Médio	K/(Ca + Mg) ¹²	0.08	0.01	2.41	Baixo
Mg (cmol _d /dm ³)	1.13	0.10	5.80	Bom	B (mg/dm ³)				
Al (cmol _d /dm ³)	0.46	0.00	11.96	Baixo	Cu (mg/dm ³)	1.0	0.0	8.7	Médio
H + Al (cmol _d /dm ³)	4.06	0.00			Fe (mg/dm ³)	209.9	52.3	763.6	Muito Bom
CTC (cmol _d /dm ³)	7.14	1.61	29.64	Médio	Mn (mg/dm ³)	9.6	0.0	54.2	Bom
M.O. (%)	1.49	0.10	30.97	Baixo	Zn (mg/dm ³)	2.8	0.3	16.4	Bom
V (%)	43	3	100	Médio	NC-V (t/ha)	2.2	0.0	24.9	
m (%)	17	0	81	Médio	NC-Ca+Mg (t/ha)	2.4	0.0	24.9	
Sat. Ca (%)	20.8	2.1	86.8	Baixo	NC-Médio (t/ha)	2.3	0.0	24.9	
Sat. Mg (%)	16.0	0.7	49.1	Médio	NG (t/ha)	1.5	0.0	21.8	
Sat. K (%)	1.7	0.2	33.0	Baixo	NCG (t/ha)	3.0	0.0	35.6	
					PRNT (%)	80			

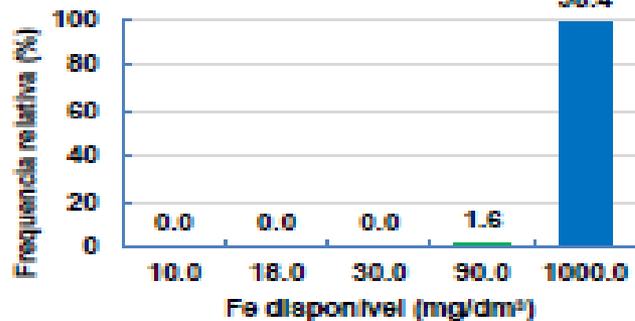
Distribuição dos dados



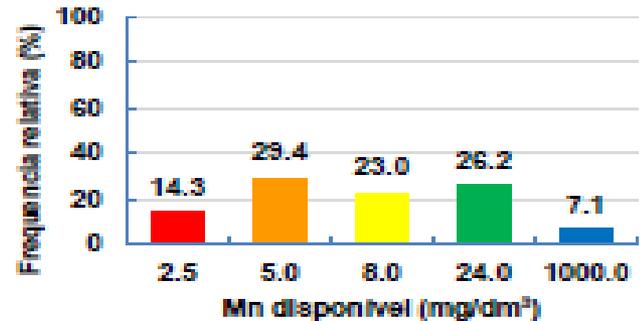
Distribuição dos dados



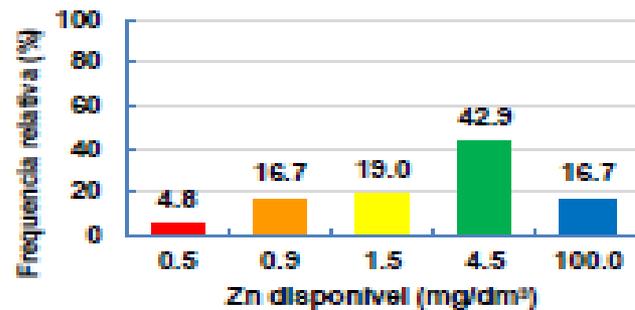
Distribuição dos dados



Distribuição dos dados



Distribuição dos dados



Diagnose da Fertilidade do Solo

Empresa: Grupo Luiz Jatoba

Data:

Fazenda:

Prof:

Lote:

Amostra: 1326

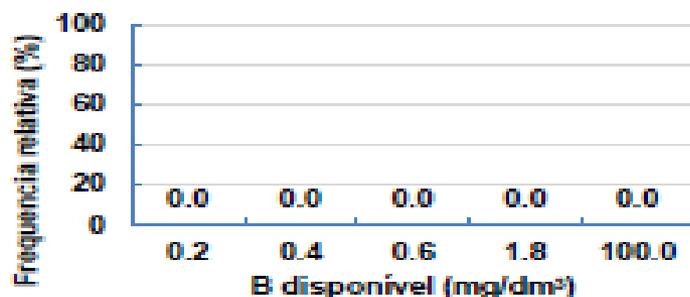
Ano: 2016

Obs.:

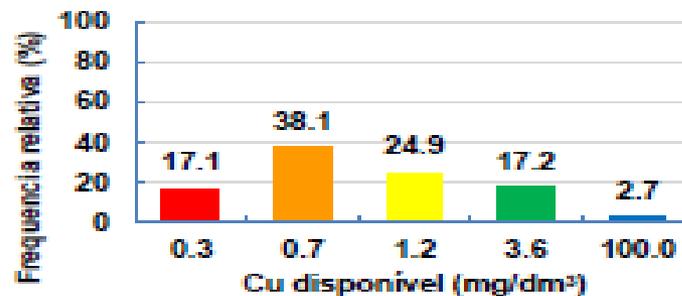
Data da emissão: 29/03/2017

Elemento	Média	Menor	Maior	Clas.	Elemento	Média	Menor	Maior	Clas.
pH do solo	5.5	4.0	7.3	Bom	Sat. Na (%)	1.0	0.0	25.5	Muito Baixo
Na (mg/dm ³)	13	1	109		Ca/Mg	2.0	0.3	20.0	Médio
P (mg/dm ³)	22	1	176	Bom	Ca/K	24.7	1.2	148.2	Bom
K (mg/dm ³)	30	3	340	Baixo	Mg/K	14.3	0.4	85.8	Muito Alto
Ca (cmol _d /dm ³)	1.46	0.20	4.20	Baixo	K/(Ca + Mg) ¹²	0.05	0.01	0.59	Muito Baixo
Mg (cmol _d /dm ³)	0.84	0.10	3.00	Médio	B (mg/dm ³)				
Al (cmol _d /dm ³)	0.33	0.00	2.66	Baixo	Cu (mg/dm ³)	1.0	0.0	15.8	Médio
H + Al (cmol _d /dm ³)	3.58	0.10			Fe (mg/dm ³)	138.5	11.5	503.5	Muito Bom
CTC (cmol _d /dm ³)	6.03	2.42	11.97	Médio	Mn (mg/dm ³)	5.4	0.1	95.9	Médio
M.O. (%)	1.32	0.03	25.50	Baixo	Zn (mg/dm ³)	2.2	0.1	22.9	Bom
V (%)	41	6	98	Médio	NC-V (t/ha)	2.0	0.0	7.0	
m (%)	15	0	85	Médio	NC-Ca+Mg (t/ha)	2.2	0.0	7.0	
Sat. Ca (%)	19.8	2.6	75.0	Baixo	NC-Médio (t/ha)	2.2	0.0	7.0	
Sat. Mg (%)	14.2	1.3	45.5	Médio	NG (t/ha)	1.2	0.0	5.9	
Sat. K (%)	1.3	0.2	10.7	Baixo	NCG (t/ha)	2.7	0.0	10.0	
					PRNT (%)	80			

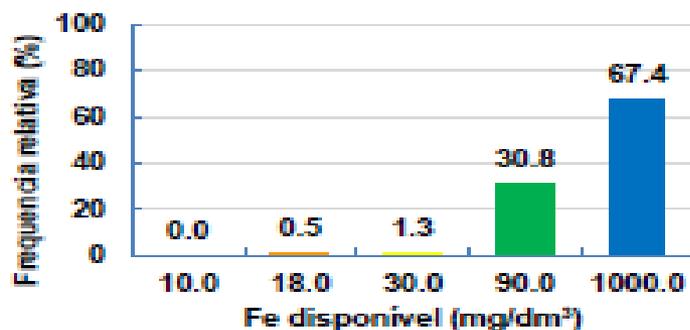
Distribuição dos dados



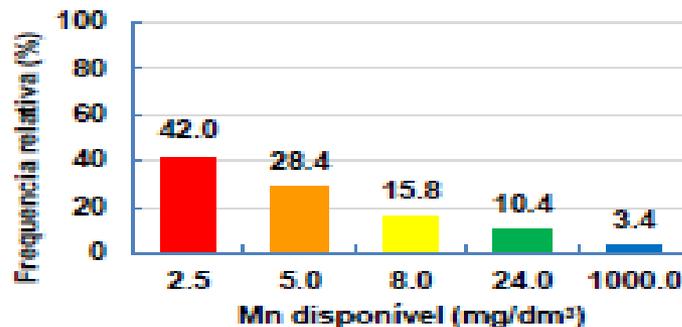
Distribuição dos dados



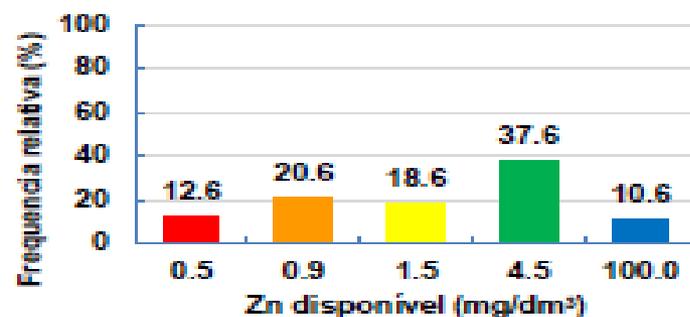
Distribuição dos dados



Distribuição dos dados



Distribuição dos dados





Boro

*Alongamento celular, síntese de ácidos nucleicos, respostas hormonais, funcionamento de membranas
Transporte de carboidratos.*

Deficiências

*Semelhante a doença Pokkah-Boeng
Caule rígido e quebradiço;
Folhas deformadas e tamanho reduzido*



Foto 14. Deficiência de boro: folhas quebradiças e excesso de perfilhamento (Original: G.J. Gascho).





Cobre

Fotossíntese e ativação de enzimas

Deficiências

*Clorose nas folhas novas com
pequenas manchas (ilhas) verde
escuras – mosaico*

*Folhas retorcidas ou má formadas
(nervura central quebrada)*



Foto 17. Deficiência de cobre: as folhas se curvam e a touceira parece ter sido amassada (Original: J.



Ferro

*Síntese de complexos clorofila-proteína
Componente de enzimas*

Deficiências

*Clorose internerval de folhas novas;
Nervuras cloróticas e folhas brancas em
caso de deficiência extrema;
As estrias são ordenadas da bainha até a
ponta da folha.*



Orlando Filho, 1983







Manganês

*Formação da clorofila;
Fixação de CO_2 ;
Formação, multiplicação e
funcionamento dos cloroplastos.*

Deficiências

*Clorose internerval com pequenas
manchas necróticas;
Ocorre fendilhamento das estrias*







Zinco

Ativador enzimático

Formação das auxinas (AIA)

Deficiências

*Clorose internerval nas folhas novas e
amarelecimento da margem para a
nervura central – nervura central
verde*

*Folhas pequenas e retorcidas
Internódios curtos*



Tokeshi (1991)

Zn⁺²





Molibdênio

Componente de enzimas (redutase do nitrato e nitrogenase) importantes na FBN em leguminosas.

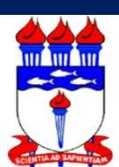
Transformação do nitrogênio mineral–nitrato: Redutase do nitrato

Deficiência

Clorose generalizada de folhas velhas



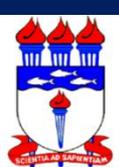
Foto 25. Deficiência de molibdênio: estrias longitudinais curtas e cloróticas no terço superior das folhas mais velhas (Original: J.E. Bowen).



UFAL



- **Área apresentando deficiência generalizada de nitrogênio.**
- Foto: Gilson Moura Filho, 2013



- **Sintoma de deficiência de Mo? Folhas novas.** Foto: Gilson Moura Filho, 2013



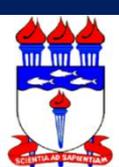
- **Sintoma de deficiência de Mo? Folhas novas.** Foto: Gilson Moura Filho, 2013

Diagnose Foliar

Tipo de Folha



Foto: Gilson Moura



Teores – Variedades (Soca)



Tabela 4 - Teores Foliares de Micronutrientes em Sete Variedades de Cana-de-açúcar

Variedades	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	Zn	Fe	Mn	Cu	B
SP79-1011	14,8B	53,8	6,5C	4,0	6,8B
RB72454	14,8B	54,0	13,0A	4,0	9,1B
RB855113	12,2C	56,5	6,0C	4,0	6,6B
RB867515	14,0B	58,8	8,8B	3,8	6,2B
RB92579	12,0C	56,2	2,8D	3,5	7,0B
RB93509	16,5A	53,2	6,2C	4,0	16,2A
Co997	13,0C	53,8	5,2C	4,0	7,4B
Efeitos	----- Quadrado Médio -----				
Bloco	0,3214 ^{ns}	27,2738 ^{ns}	1,3810 ^{ns}	0,03571 ^{ns}	1,1727 ^{ns}
Variedade	10,2381 ^{**}	16,5595 ^{ns}	41,3095 ^{**}	0,1548 ^{ns}	49,5206 ^{**}
Resíduo	0,4603	8,9405	1,7698	0,0913	2,3544
CV (%)	4,9	5,4	19,2	7,8	18,1

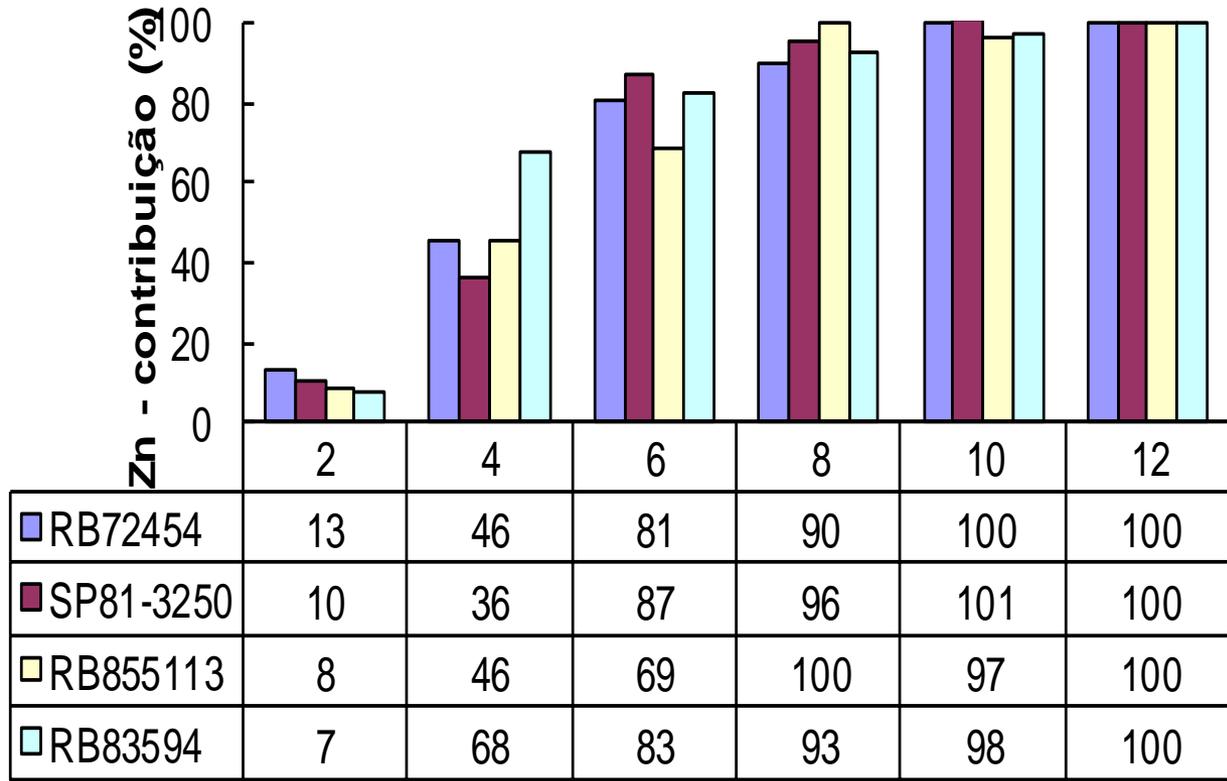
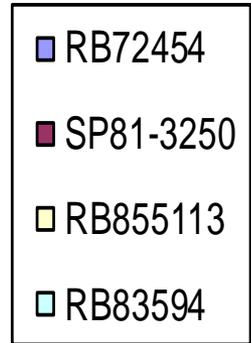
Acúmulo de Micronutrientes

Acumulação de nutrientes - SP81-3250

Acúmulo de nutrientes - Casa-de-força

Cu (g/ha)

Zn - contribuição (%)



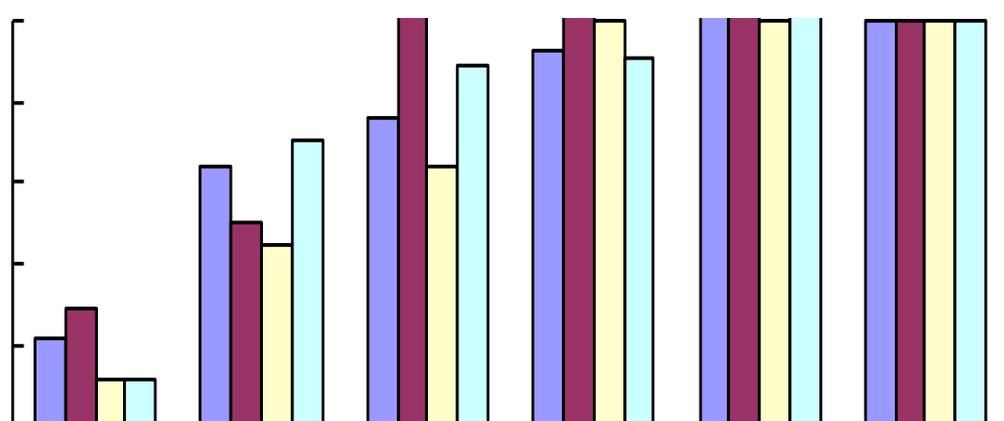
Acumulação de nutrientes - RB855113

Mn (g/ha)

Acúmulo de nutrientes - Casa-de-força

- RB72454
- SP81-3250
- RB855113
- RB83594

Mn - contribuição (%)



	2	4	6	8	10	12
■ RB72454	21	64	76	93	104	100
■ SP81-3250	29	50	110	104	106	100
■ RB855113	11	45	64	100	100	100
■ RB83594	11	71	89	91	103	100

(meses)

Exportação e extração de Zn, Fe, Mn, Cu e B pelas variedades em estudo

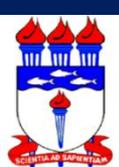
Variedades	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	Colmo	Total	Colmo	Total	Colmo	Total	Colmo	Total	Colmo	Total
----- g/t cana -----										
RB72454	4.5	4.8	1.0	1.0	47.4	53.2	1.4	2.1	2.6	2.9
SP81-3250	5.2	5.4	0.7	0.7	14.3	18.4	0.8	1.2	2.3	2.6
RB855113	5.5	5.5	0.7	0.7	16.5	18.7	1.4	1.8	2.7	2.8
RB83594	4.7	4.0	0.7	0.7	28.7	30.3	1.2	1.7	2.1	3.2
Média	5.0	5.2	0.8	0.8	26.7	30.2	1.2	2.4	2.4	2.6

Variedades	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	Colmo	Total	Colmo	Total	Colmo	Total	Colmo	Total	Colmo	Total
----- g/t cana -----										
RB92579	0.8	1.1	0.7	0.7	19.0	23.0	2.3	3.1	4.0	4.3
RB962962	0.7	1.0	0.6	0.7	17.7	19.3	2.8	3.6	3.8	4.1
RB863129	0.7	1.0	0.6	0.7	16.0	17.4	2.9	3.4	5.4	5.2
RB867515	0.7	1.1	0.6	0.8	13.0	17.9	3.2	5.0	4.5	5.4
Média	0.7	1.1	0.6	0.7	16.4	19.4	2.8	3.8	4.4	4.8

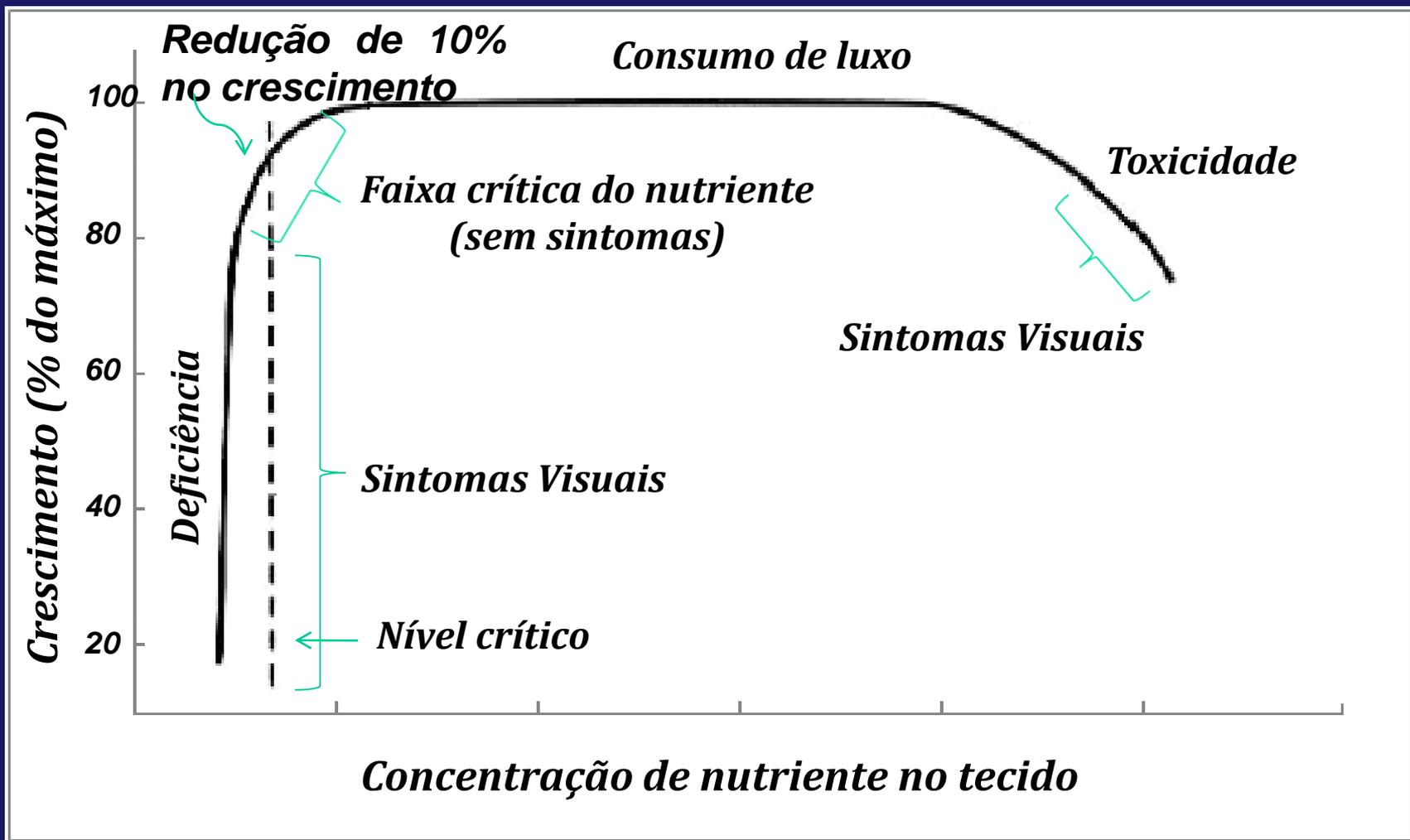
Percentual de Acúmulo Médio para os Nutrientes em Estudo

Nutriente	Meses					
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12
	----- % -----					
B	2	11	23	42	98	100
Cu	10	49	80	95	99	100
Fe	12	37	69	88	100	100
Mn	18	58	84	97	100	100
Zn	4	31	76	87	95	100

Fase	%	
A	0-30	
B	31-50	
C	51-70	
D	71-90	
E	>90	



DRIS – Sistema Integrado de Diagnóse e Recomendação



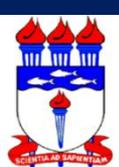
Relação entre Crescimento Relativo e Concentração de Nutriente na Planta

Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

- ***Características do DRIS***
 - *Diagnosticar o estado nutricional e recomendar adubação*
 - ***Avaliação das condições que afetam o equilíbrio nutricional e da produtividade agrícola da cultura***
 - *Ordem de limitação dos nutrientes*
 - ***Faixas de suficiência (Deficiente, Provavelmente deficiente, Equilibrado, Provavelmente excessivo e Excessivo)***
 - *Trabalha com relações entre nutrientes*

Tabela 11 - Frequência de amostras de canaviais da região de Coruripe, Alagoas, que apresentaram teores foliares deficientes, adequados e excessivos de nutrientes, segundo a diagnose obtida com os padrões de vários autores

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- % -----											
Raij et al. (1996)											
Deficiente	57	7	45	6	0	81	58	84	14	69	0
Adequado	43	93	55	94	94	19	42	16	86	31	100
Excessivo	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
Malavolta et al. (1997) – cana-soca											
Deficiente	79	40	96	86	37	99	-	100	96	96	98
Adequado	11	56	0	14	57	1	-	0	4	4	1
Excessivo	10	3	4	0	6	0	-	0	0	0	1
Reis Jr. (1999)											
Deficiente	4	55	92	28	51	88	-	47	-	100	7
Adequado	96	45	8	72	49	12	-	53	-	0	93
Excessivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moura Filho et al. (2010)											
Deficiente	1	0	26	3	0	10	1	0	11	0	7
Adequado	85	83	74	67	8	83	14	47	89	98	93
Excessivo	14	17	0	13	92	7	86	53	0	2	1
MDris-Beaufils – Este trabalho											
Deficiente	31	25	38	28	31	28	25	18	26	32	24
Adequado	40	51	48	55	62	60	43	66	44	48	60
Excessivo	30	24	14	17	7	12	32	16	30	20	16



Teores Adequados



Tabela 12 – Teor e faixa ótima de nutrientes pelo método M-DRIS, em amostras de folhas de cana-de-açúcar, para a região de Coruripe, Alagoas (Silva, 2011)

Nutriente	Faixa Ótima	Nível Crítico
N (g/kg)	15,6 a 19,3	17,4
P (g/kg)	1,7 a 2,0	1,9
K (g/kg)	9,5 a 11,3	10,4
Ca (g/kg)	3,0 a 4,6	3,8
Mg ((g/kg)	1,9 a 2,9	2,4
S (g/kg)	0,9 a 1,5	1,2
B (mg/kg)	8,1 a 10,6	9,3
Cu (mg/kg)	4,0 a 5,3	4,6
Fe (mg/kg)	41,8 a 56,7	49,2
Mn (mg/kg)	13,4 a 29,1	21,3
Zn (mg/kg)	13,9 a 18,2	16,1

Empresa: Usina Coruripe
Fazenda: Capiatã A
Variedade: RB93509 - 1 Folha
Data:

Lote: 41/1
TCH: 70.0
Amostra: 91

Diagnose Nutricional

Nutriente	Unidade	Teor	DRIS	PRA	Fator	IBK
N	g/kg	18.8	4	z	0.96	
P	g/kg	1.7	-5	z	1.05	
K	g/kg	8.8	-9	p	1.09	
Ca	g/kg	3.6	-2	z	1.02	
Mg	g/kg	2.0	-5	z	1.05	
S	g/kg	1.3	2	z	0.98	
Zn	mg/kg	14	-5	z	1.05	
Fe	mg/kg	40	-9	p	1.09	
Mn	mg/kg	21	3	z	0.97	
Cu	mg/kg	6	14	n	0.86	
B	mg/kg	11.8	11	nz	0.89	
IBNm			6			

Classificação do PRA:

p: resposta positiva
pz: resposta positiva a nula
z: resposta nula
nz: resposta negativa a nula
n: resposta negativa

Empresa:	Usina Coruripe	Lote:	281/10
Fazenda:	Mato Grosso	TCH:	59.7
Variedade:	RB93509 - 6 Folha	Amostra:	54
Data:			

Diagnose Nutricional

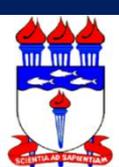
Nutriente	Unidade	Teor	DRIS	PRA	Fator	NC
N	g/kg	22.1	10	nz	0.90	17.4
P	g/kg	1.8	-6	z	1.06	1.9
K	g/kg	10.8	-2	z	1.02	10.4
Ca	g/kg	2.1	-23	p	1.23	3.4
Mg	g/kg	1.7	-12	pz	1.12	2.4
S	g/kg	1.2	-2	z	1.02	1.2
Zn	mg/kg	16	-3	z	1.03	16.1
Fe	mg/kg	56	3	z	0.97	49.2
Mn	mg/kg	50	22	n	0.78	21.3
Cu	mg/kg	5	3	z	0.97	4.6
B	mg/kg	12.8	11	nz	0.89	9.3
IBNm			9			

Classificação do PRA:

p: resposta positiva
pz: resposta positiva a nula
z: resposta nula
nz: resposta negativa a nula
n: resposta negativa

DRIS e PRA

Diagnose Nutricional						
Nutriente	Unidade	Teor	DRIS	PRA	Fator	IBK
N	g/kg	15.7	-3	z	1.04	
P	g/kg	2.2	12	nz	0.89	
K	g/kg	9.2	-4	z	1.04	
Ca	g/kg	5.3	17	n	0.83	
Mg	g/kg	1.8	-6	z	1.06	
S	g/kg	0.7	-16	pz	1.16	
Zn	mg/kg	12	-8	z	1.08	
Fe	mg/kg	47	2	z	0.98	
Mn	mg/kg	6	-18	p	1.18	
Cu	mg/kg	5	10	z	0.90	
B	mg/kg	12.2	16	nz	0.84	
IBNm			10			



Aplicação de Micronutrientes



17/11/2011

Sulcação e adubação – Espaçamento combinado – Usina Paise



Sulcação direta em área com crotalaria spectabilis – Usina Coruripe

Adubação: Cana-planta - Micronutrientes

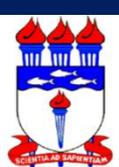


Adubação: Cana-planta - Micronutrientes



Adubação: Cana-planta - Micronutrientes





• *Experimento na Usina Caeté – Unidade Marituba*

Tratamento	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Mo
----- g/ha -----						
Test						
T2	255	35.0	3.0	54	50	4.0
T3	218	34.2	1.5	27	25	6.7
T4	121	35.0	3.0	54	50	4.0
T5	121	35.0	32.6	54	50	4.0
T6	121	35.0	3.0	54	50	22.9
T7	121	35.0	32.6	54	50	22.9



FV	GL	TCH	NP30	NP60	NP90
-- Quadrado Médio --					
Blocos	3	93.66	0.23	3.62	0.07
Tratamentos	6	98.31*	2.17*	2.95	2.04
Resíduos	18	22.84	0.63	2.74	2.21
Média		91.36	11.6	26.8	24.1
CV (%)		5.2	6.8	6.1	6.2
Test		86.38 B	10.82 B	26.18	23.22
T2		88.13 B	11.55 B	26.22	24.95
T3		89.24 B	10.78 B	26.72	23.90
T4		87.62 B	11.15 B	26.68	23.15
T5		92.24 B	12.85 A	26.22	24.32
T6		96.14 A	11.90 A	27.15	24.45
T7		99.74 A	11.95 A	28.60	24.78

- *Respostas ao Cobre e ao Mo*

Experimentos com Micronutrientes - Considerações

- **Necessidade da cultura - Conhecimento varietal**
- **Teor do elemento no solo – Análises de solos**
- **Expectativa de Produtividade**
- **Fonte dos Micronutrientes – Aumentou bastante**
- **Elevar os níveis dos nutrientes no solo para a classe Alta. Planejamento e continuidade do trabalho**
- **Associar a adubação no fundo sulco (adubação corretiva e de manutenção) com adubação foliar. Ganhos fantásticos**

- **Adubação foliar – Diganose e Recomendação**
- **Aplicação via fundo de sulco – Diversas fontes e formas de aplicação**
 - **Aplicação em socaria – Após a brotação – 30 dias após o corte...**
- **Produtos associados com Ácidos Húmicos e Fúlvicos:**
 - **Equipamentos para determinação mais rápida dos nutrientes – Absorção atômica de plasma e forno de micro-ondas**

Laboratório de Solo, Água e Planta



**O B R I G A D O P E L A
A T E N Ç Ã O !**

gmf.ufal@yahoo.com.br
(82) 99321-3612

