

“Alternativas econômicas para adubação potássica”

Claudimir Pedro Penatti
Consultor e produtor rural

Local: Sertãozinho (Fenasucro)

Data: 17 de agosto de 2022

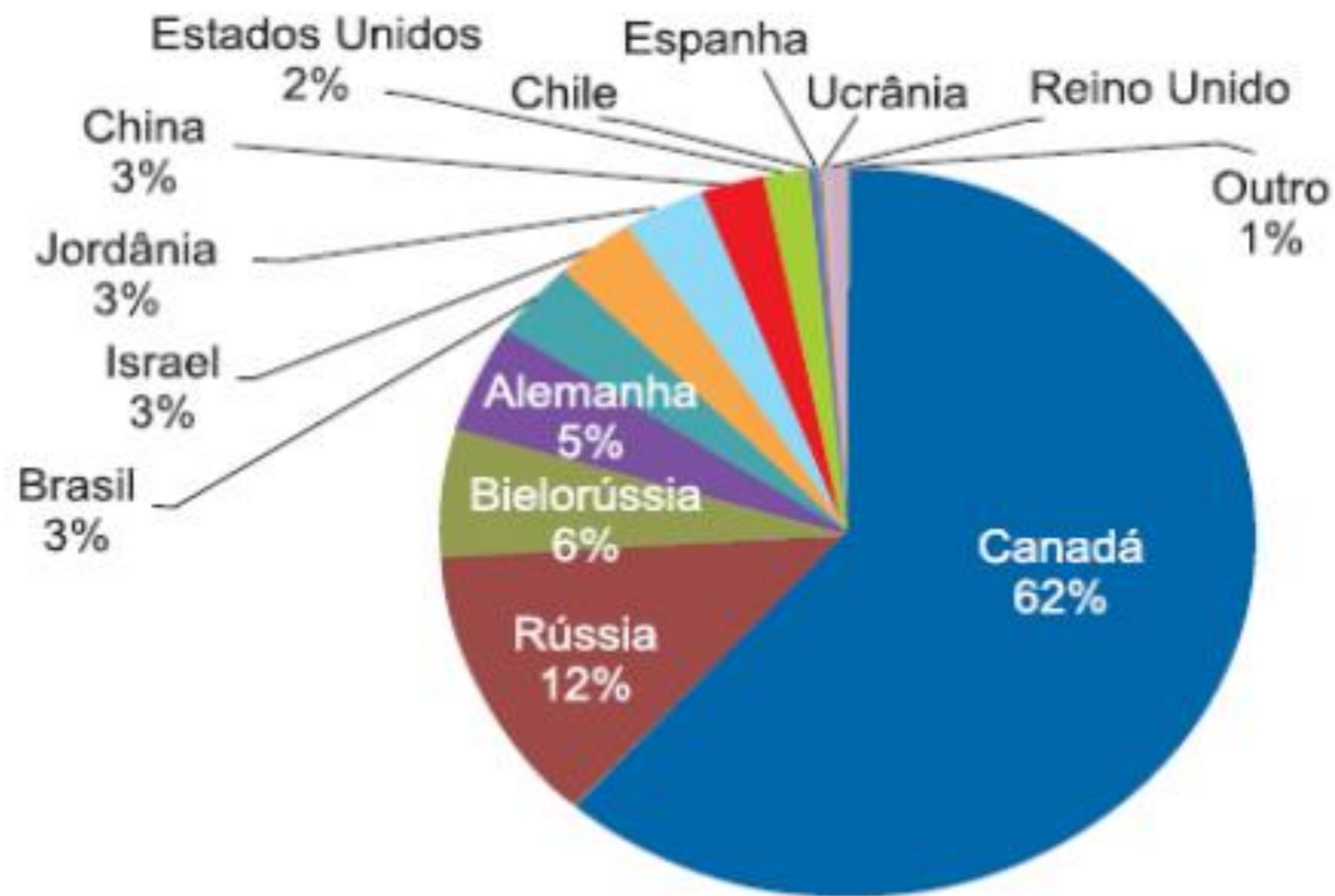
Estimativa (%) das reservas de K no mundo

Atual:

- **Canadá: 62,6%**
- **Rússia: 12,5%**
- **Brasil: 7ª colocação**

Consumo potássio:

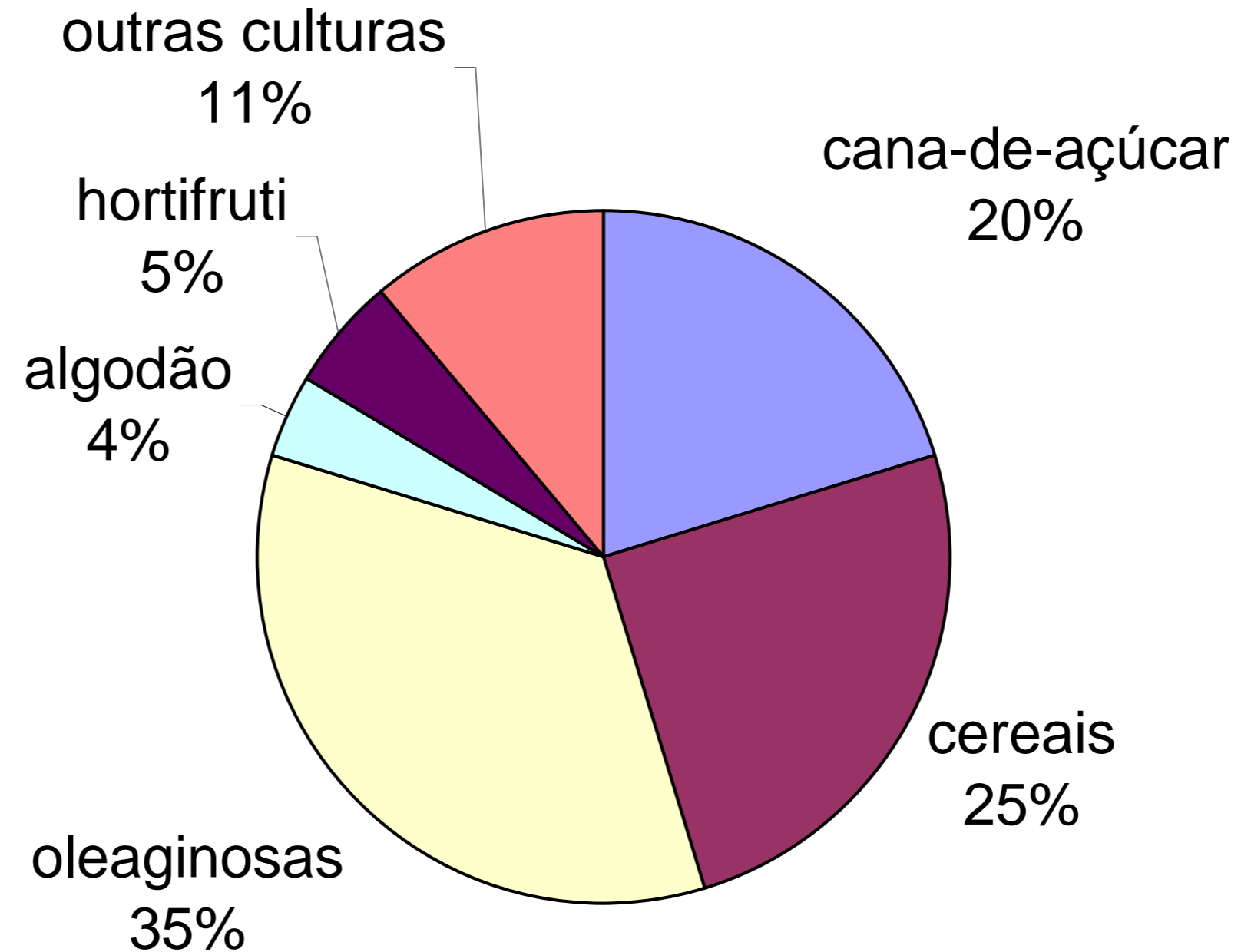
- **Longo prazo????**
- **Curto prazo????**



Fonte: IPNI (2009)

Inst. Intern. de Nutrição de Plantas

Estimativa do uso de potássio por cultura no Brasil (safra 07/08)



O Brasil é o quarto país que consome fertilizantes

Fonte: IFA (2008)

Custo dos fertilizantes



Fertilizante	Preço por tonelada - CFR (preços no porto)		Aumento (%) Calculado com base no maior preço de tabela
	01/01/2021	14/07/2022	Aumento em relação ao início de 2021
Dolar = R\$5,43 KCI = R\$5.160,00 e 5.322,00			
Cloreto de Potássio	\$245 a \$250	\$950 a \$980	↑ 292,00%
Ureia	\$285 a \$290	\$610 a \$630	↑ 117,24%
Sulfato de Amônio	\$148 a \$152	\$305 a \$320	↑ 110,53%
Fosfato Monoamônico 11-52	\$410 a \$420	\$950 a \$990	↑ 135,71%

Preços dos principais fertilizantes utilizados no Brasil e a comparação com o valor pago no início do ano (Fonte: ACERTO Weekly Fertilizer Report Brazil 01/01/2021 e 14/07/2022)

Fontes de potássio



- ✓ Cloreto de potássio (Legislação: IN nº39 – 08/08/18, garantia de 50% K₂O);
- ✓ Vinhaça;
- ✓ Torta de filtro, fuligem e cinza;
- ✓ Palha da cana-de-açúcar;
- ✓ Estercos, cama de frango e peru;
- ✓ Rotação de culturas e adubação verde;
- ✓ Outros: adubo organomineral, madeira, torta de algodão, palha de café, casca de arroz, minerais e silicatos.

Como é obtido o KCl?

O KCl ocorre na natureza, onde a maior reserva encontra-se na camada (25 – 30% K_2O) de profundidade de 1.000 metros a até 3.500 metros.

A maior parte como mineral silvita ($KCl - 63\% K_2O$), algumas carnalita ($KCl.MgCl_2.6H_2O$) (17% K_2O) e argila.

De onde vem o potássio? De camadas sedimentares de sal remanescentes de antigos mares interiores (depósitos evaporativos, ou em lagos de sal e salmouras naturais).

O K é encontrado em minerais como: muscovita, feldspatos, leucita e o polihalito.

Fonte: USGS (2009)

Dep. de Pesquisa Geológica-USA

Adubação da cana

Por que fazer a correção do solo e a adubação da cana-de-açúcar?

Adubação da cana

- Fornecer nutrientes **essenciais** para o desenvolvimento e acúmulo de fitomassa/açúcar da cana-de-açúcar.

Nutrientes essenciais:

- **Macronutrientes:** N, P, K, Ca, Mg e S (Extraídos em maior quantidade);
- **Micronutrientes:** B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (**Si**) (Extraídos em menor quantidade).

Funções do potássio:

- Ativação enzimática
- Fotossíntese
- Crescimento celular
- Síntese proteica
- Amenização de estresse bióticos e abióticos

Potássio na planta

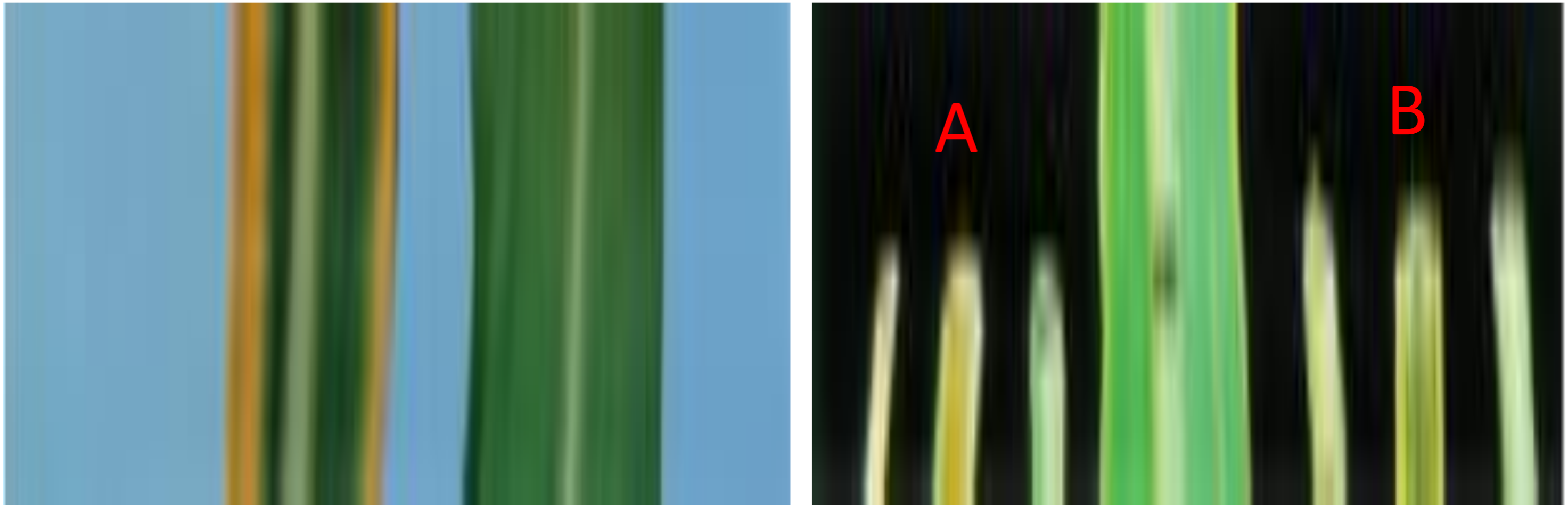


Modo de absorção do potássio:

- Difusão: maior parte (PKCuMnZnFe)
- Fluxo de massa: o restante (NCaMgSB)

Potássio na planta

É um nutriente muito móvel dentro da planta, sendo redistribuído facilmente das folhas mais velhas para as folhas mais novas. Por essa mobilidade, sua deficiência aparece inicialmente nas folhas mais velhas.



Manchas avermelhadas e corte transversal da nervura principal da folha.

A: deficiência;

B: Doença Podridão Vermelha.

Extração de nutrientes pela cana



Extração e Exportação de Nutrientes (kg/100TCI): Franco et al. (2008)

MACRONUTRIENTES

Compartimentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
	----- Kg/100TCI -----					
Colmo	60	16	250	30	19	14
Planta toda	138	33	390	84	43	26

MICRONUTRIENTES

Compartimentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g/100TCI -----				
Colmo	73	38	1744	564	118
Planta toda	133	62	5271	208	219

Extração de nutrientes pela cana

Dados compilados a partir de 2001 em diante

Compartimento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O*	CaO	MgO	S
	Exigência nutricional (kg 100 t ⁻¹)					
Colmos	84	35	148	36	41	23
Restos vegetais	62	18	88	38	13	13
Total	146	53	236	74	54	36

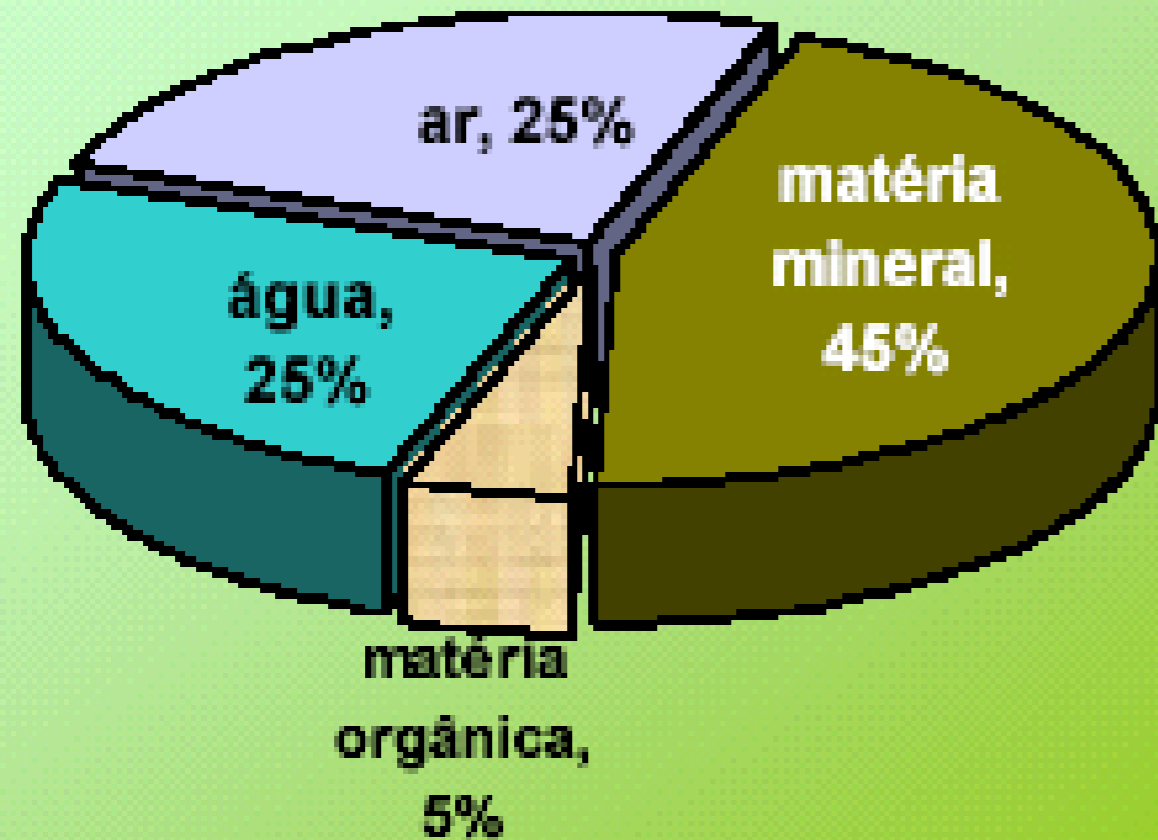
Compartimento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Exigência nutricional (g 100 t ⁻¹)				
Colmos	200	43	3178	1424	346
Restos vegetais	233	44	119	1073	236
Total	433	87	3297	2497	582

Fonte: Otto, Altarugio e Sanches, 2019 (Informações Agronômicas)

Matéria orgânica e o solo



Fases do solo



Concentração na matéria orgânica do solo:

- Carbono: 58%
- Oxigênio: 33%
- Hidrogênio: 6%
- Nitrogênio, fósforo e enxofre + boro: 3%

Quem alimenta a vida do solo é a “Matéria Orgânica”

Adubação da cana-de-açúcar



Adubação mineral de plantio:

Produti- vidade esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm ³				K trocável, mmol _c /dm ³			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,5-3,0	>3,0
t/ha	kg/ha ⁽¹⁾	----- P ₂ O ₅ , kg/ha -----				----- K ₂ O, kg/ha ⁽³⁾ -----			
<100	30	180	140	80	40	140	120	100	60
100-130	30	180	160	100	60	160	140	120	80
130-150	30	200 ⁽²⁾	180	120	80	180	160	140	100
150-170	30	200 ⁽²⁾	180	140	100	200	180	160	120
>170	30	200 ⁽²⁾	200	140	100	220	200	180	120

Boletim 100 - IAC

Adubação da cana-de-açúcar



Adubação mineral da cana-soca:

Produti- vidade esperada ⁽¹⁾	Nitrogê nio	P resina, mg/dm ³				K trocável, mmol _c /dm ³			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,5 -3,0	>3,0
t/ha	kg/ha ⁽²⁾	----- P ₂ O ₅ , kg/ha -----				----- K ₂ O, kg/ha ⁽³⁾ -----			
<80	80	40	20	0	0	100	80	60	40
80-100	100	40	20	0	0	140	100	80	60
100-120	120	60	40	30	0	160	120	100	80
120-140	140	60	40	30	0	180	140	120	100
>140	140	60	40	30	0	200	160	140	100

(1) Usar a produtividade do ciclo anterior ou a expectativa de produção para o próximo ciclo, a que for maior. Aplicar os adubos ao lado ou sobre as linhas de cana.

Adubação mineral da soqueira

Novo Boletim 100 - IAC

RESUMO

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg/t		
	1,0	0,5	1,4
Produtividade Esperada (t/ha)	Dose (kg/ha)		
80	80	40	110
90	90	45	130
100	100	50	140
110	110	55	150
120	120	60	170

Fonte: Otto, 2022

Fonte de potássio

Vinhaça

Fonte de potássio



Fonte: J. P. Stupiello, 2019



Diferentes formas de aplicação e localização da vinhaça:

Vinhaça in natura:

- Área total – aspersão
- Dose: 60 – 200 m³/ha



Vinhaça in natura enriquecida:

- Na linha de cana
- Dose: 25 – 35 m³/ha



Vinhaça concentrada enriquecida:

- Na linha de cana
- Dose: 5 – 10 m³/ha

Distribuição de vinhaça



Fonte: Penatti (2013)

Distribuição de vinhaça



Vinhaça enriquecida



Fonte: Luz (2022)

Caracterização de tipos de vinhaça



Elementos/Unidades	Mosto		
	Melaço	Misto	Caldo
N kg m ⁻³	0,75 - 0,79	0,33 - 0,48	0,26 - 0,35
P ₂ O ₅ kg m ⁻³	0,10 - 0,35	0,09 - 0,61	0,09 - 0,50
K ₂ O kg m ⁻³	3,50 - 7,60	2,10 - 3,40	1,01 - 2,00
CaO kg m ⁻³	1,80 - 2,40	0,57 - 1,46	0,13 - 0,76
MgO kg m ⁻³	0,84 - 1,40	0,33 - 0,58	0,21 - 0,41
SO ₄ kg m ⁻³	1,50	1,60	2,03
M.O. kg m ⁻³	37 - 57	19 - 45	15 - 35
Mn mg dm ⁻³	6 - 11	5 - 6	5 - 10
Fe mg dm ⁻³	52 - 120	47 - 130	45 - 110
Cu mg dm ⁻³	3 - 9	2 - 57	1 - 18
Zn mg dm ⁻³	3 - 4	3 - 50	2 - 3
PH	4,0 - 4,5	3,5 - 4,5	3,5 - 4,0

Fonte: Orlando Filho & Leme (1984).

Vinhaça concentrada

Vinhaça Santa Elisa, 2004

Data	Brix	Potássio K ₂ O	Fósforo P ₂ O ₅	Cálcio CaO	Magnésio MgO	M.O.	Nitrogênio N _t
..... kg /m ³							
Vinhaça natural		4,79	0,23	1,21	0,39	7,65	0,78
Vinhaça concentrada		44,81	4,18	12,37	3,07	66,78	8,49



Exemplo de uma usina A:

- Área total: 52.000ha
- Área de plantio: 7.800 ha
- Área de soqueira: 44.200ha
- Cana moída: 3.000.000 toneladas
- Álcool: 110.000 m³
- Vinhaça: 13 litros/litros álcool
- Total de vinhaça: 1.430.000 m³
- Teor médio de potássio na vinhaça: 4 kg K₂O/m³

Custo do KCl: R\$57.500.000,00

- Dose média de vinhaça: $1.430.000 \text{ m}^3 / 44.200 \text{ ha} = 32,4 \text{ m}^3$
- Dose média de potássio: $32,4 \text{ m}^3 \times 4 = 129,6 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$

Produção de resíduos da agroidústria sucroenergética

Custo KCl: 9 bilhões de reais

Safra - CONAB ABR/22	2021/2022	2022/2023	%
ÁREA PLANTADA ha	8.317.300	8.209.300	-1,3
PRODUÇÃO t	585.179.400	596.066.300	1,9
PRODUTIVIDADE t/ha	70,36	72,61	3,2
MOAGEM ACÚCAR t	260.454.700	296.881.300	14,0
MOAGEM ÁLCOOL t	324.724.700	299.185.000	-7,9
AÇÚCAR t	35.049.200	40.282.300	14,9
ÁLCOOL (1000 l)	26.784.830	24.811.744	-7,4
VINHAÇA (m3)	321.417.960	297.740.928	-7,4
TORTA DE FILTRO t	12.288.767	12.517.392	1,9
MIX Açúcar %	44,5	49,8	
MIX Álcool %	55,5	50,2	

37 m3/ha

1,5 t/ha

SAFRA 2021/2022 – CONAB 1º boletim abr/22

Benefícios da vinhaça no solo

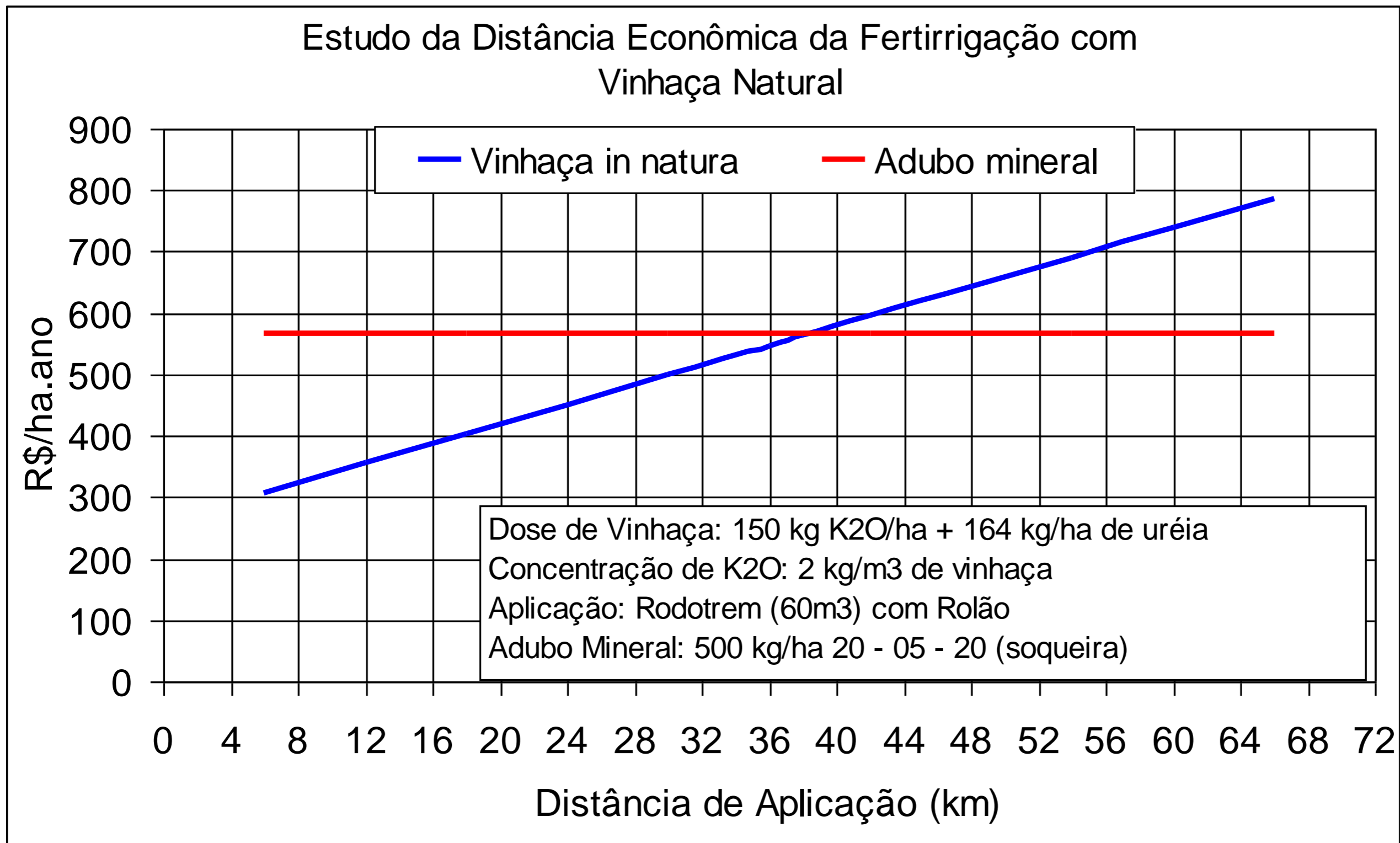


prof. cm	pH (H ₂ O)	Ca	Mg	K	SB	CTC	V %
LVa							
Sem Vinhaça							
0-30	5,1	17,0	5,3	0,5	22,8	71	32,1
30-60	4,8	7,5	2,4	0,3	10,2	55	18,5
60-112	4,9	1,5	0,8	0,4	2,7	41	7,3
Com Vinhaça							
0-30	6,1	29,0	16,1	5,7	50,8	82	62
30-60	5,5	14,2	7,4	1,4	23,0	61	48
60-112	5,3	11,7	5,5	0,9	18,1	49	37
NVe							
Sem Vinhaça							
0-36	5,8	58,0	14,8	3,2	76,0	131	58
36-76	5,5	40,0	12,3	3,7	56,0	108	52
76-120	5,9	36,0	18,2	2,8	57,0	96	60
Com Vinhaça							
0-30	6,4	74,0	4,6	15,4	94,0	140	67
30-72	5,9	56,0	8,4	9,6	74,0	121	61
72-112	5,7	39,0	7,2	3,8	50,0	88	57

Fonte: Dematte et al. (1990).

1 mmol_c de K/dm³ = 96 kg K₂O/ha

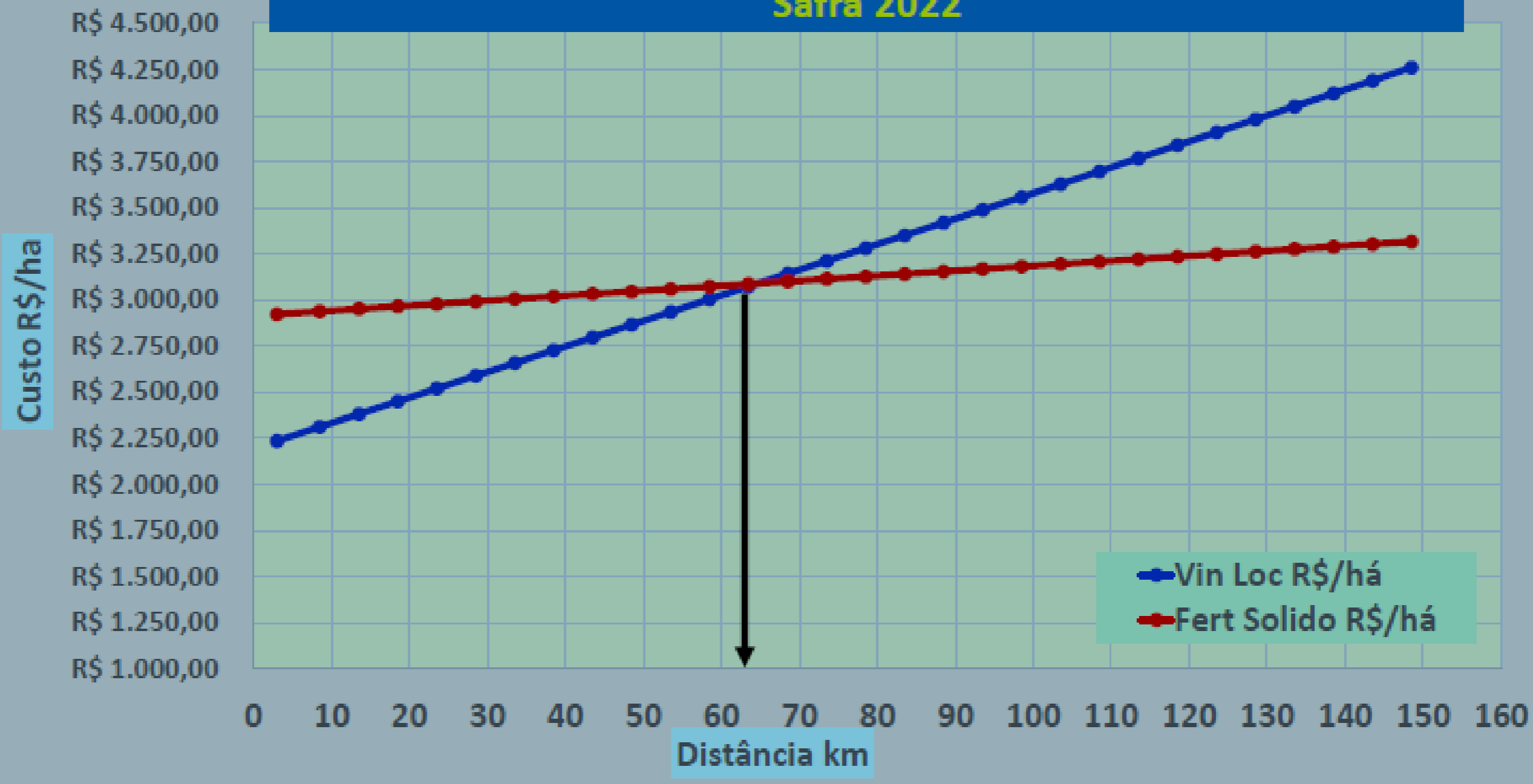
Distância viável para aplicar vinhaça



Distância viável para aplicar vinhaça



Custo dos manejos vinhaça localizada x adubo sólido - Us Mococa Safra 2022



63,5 Km

Fontes de potássio

Torta de filtro e fuligem

Torta de filtro e fuligem



Torta de filtro e fuligem

Cana planta – dentro do sulco



Torta de filtro e fuligem



Aplicação nas linhas das soqueiras



Fuligem nas linhas de soqueiras

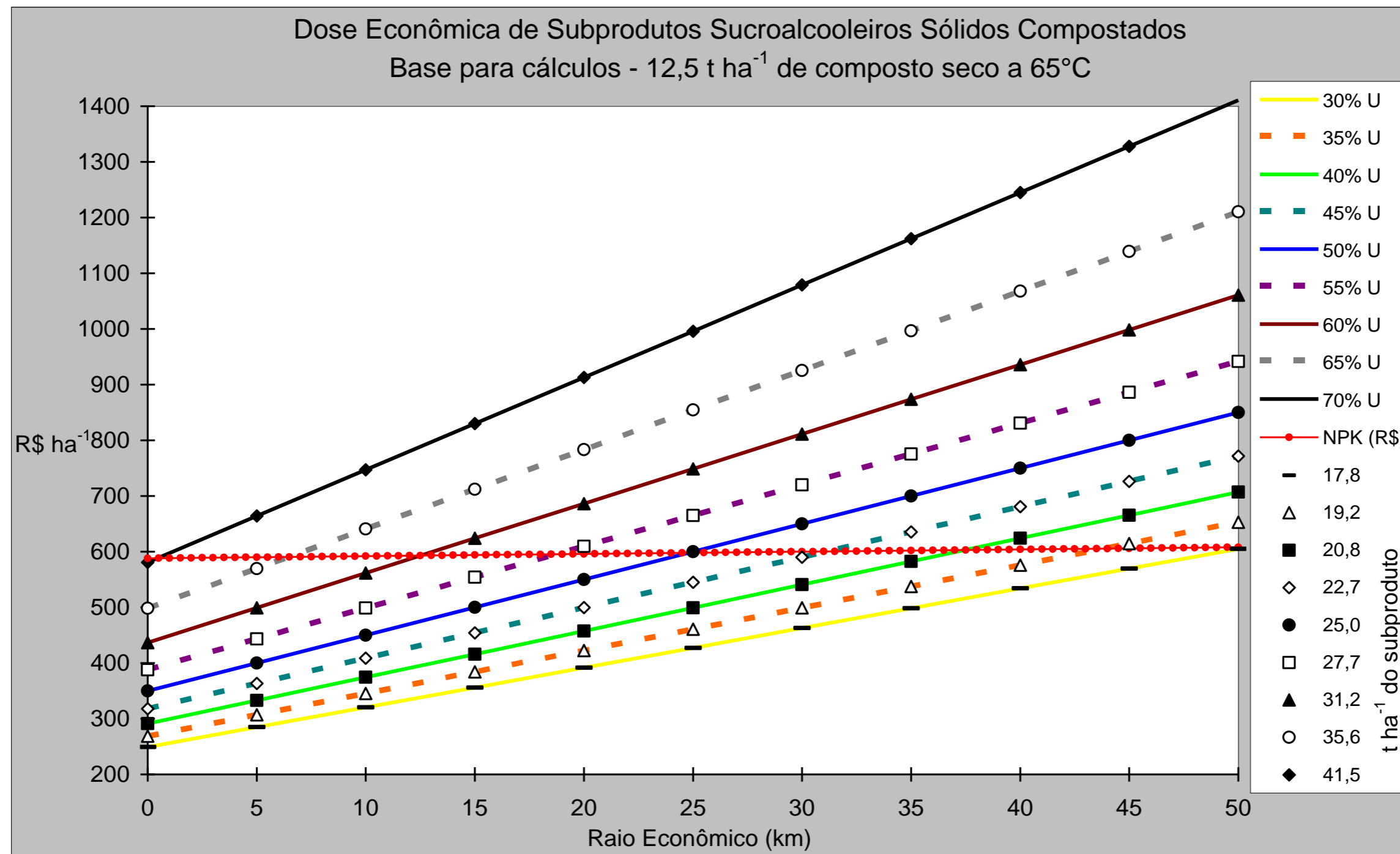


Fonte: Penatti, 2016

Características químicas da torta e fuligem (safra 18/19), exemplo

Elementos	Torta	Cinza	Mistura
	Média (%)	Média (%)	Torta + Cinza
	2 amostras	2 amostras	3/1 (%)
N	1,6	0,16	1,65
P ₂ O ₅	3	0,82	3,27
K ₂ O	0,4	2,63	1,27
CaO	3,7	0,21	3,77
MgO	0,7	1,86	1,32
S	0,15	0,14	0,2
MO	80	27	85
Umidade	67	60	50

Distância viável de distribuição da torta enriquecida



Fonte: Faroni e Penatti, 2010

Uso racional do potássio da torta de filtro e fuligem



Exemplo de uma usina A:

- Área colhida: 52.000 ha
- Cana planta: 7.800 há
- Cana soca: 44.200 ha
- Açúcar: 4.900.000 sc 50 kg
- Torta de filtro úmida: 120.000 toneladas ($K_2O = 0,5\%$)
- Fuligem úmida: 174.000 toneladas ($K_2O = 1,6\%$)
- Lodo (sedimento) úmido = 5.000 toneladas ($K_2O = 0,6\%$)

Custo do KCl: R\$17.000.000,00

Torta de filtro: 5 kg K_2O /tms x 7,7 t/ha = 38,5 kg K_2O

Fuligem: 16 kg K_2O /tms x 11,2 t/ha = 179 kg K_2O

Potássio no sulco de plantio:dose média = 217,5 kg K_2O /ha

Fontes de potássio

Nutrientes NPK gerados pelos resíduos da agroindústria sucroenergética

ciclo	hectares	N	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O	N	P ₂ O ₅ t	K ₂ O
cana-planta	1200000	60	150	120	72000	180000	144000
cana-soca	5800000	100	30	120	580000	174000	696000
total	7000000	-----	-----	-----	652000	354000	840000

Subproduto	produção total (m ³ * ou t ^{**})	% da matéria seca			46% N	83% P ₂ O ₅	95% K ₂ O
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
vinhaça	332500000*	0,037	0,006	0,204	124688	19950	676638
torta de filtro	17100000**	1,000	1,500	0,500	171000	256500	85500
cinzas	377100**	0,100	0,900	1,700	377	3394	6411
fuligem	1800000**	0,100	0,800	1,800	1800	14400	32400
total	-----	-----	-----	-----	297865	294244	800948

Fonte de potássio

Palha da cana-de-açúcar

Raízes sob a palha



PALHA DE CANA
CRUA
3 CORTES

Fonte: Penatti (1997)

RAÍZES DA NOVA
SOQUEIRA



Fonte: Manechini (1991)

Raízes sob a palha



A palha absorve 3 vezes o seu peso em água, exemplo: 20 tms absorve 60 m³ de vinhaça

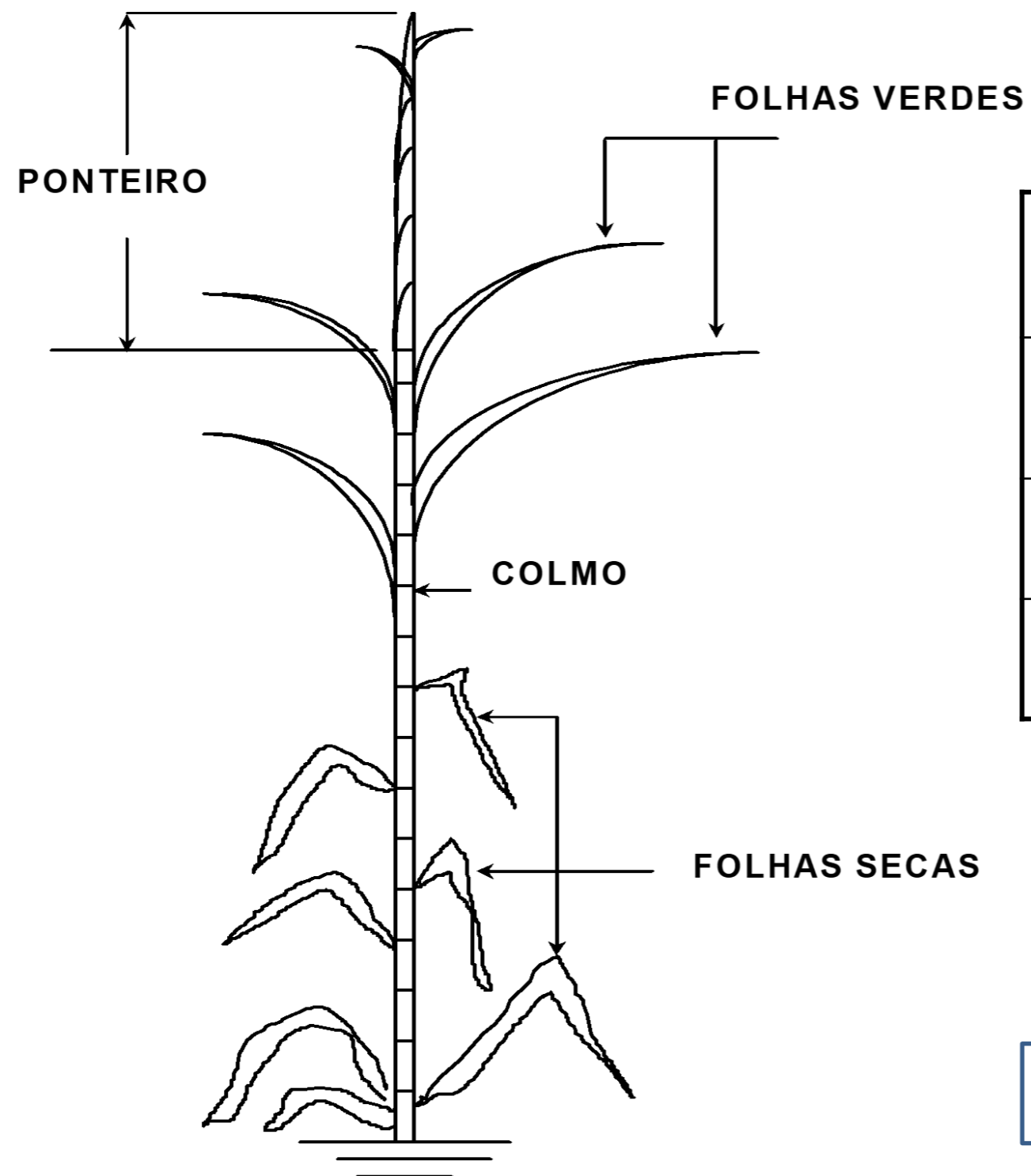


Temperatura do solo com e sem palha



Sob a palha

Quantidade de palha na cana



Colmo	% (bu)	% (bs)
F. seca	71	81
F. verde	24	17
Ponteiro	5	2

~ 140 kg palha (bs) / t colmo

100 TCH = 14 tms de palha/ha

Teores de nutrientes na palha da cana

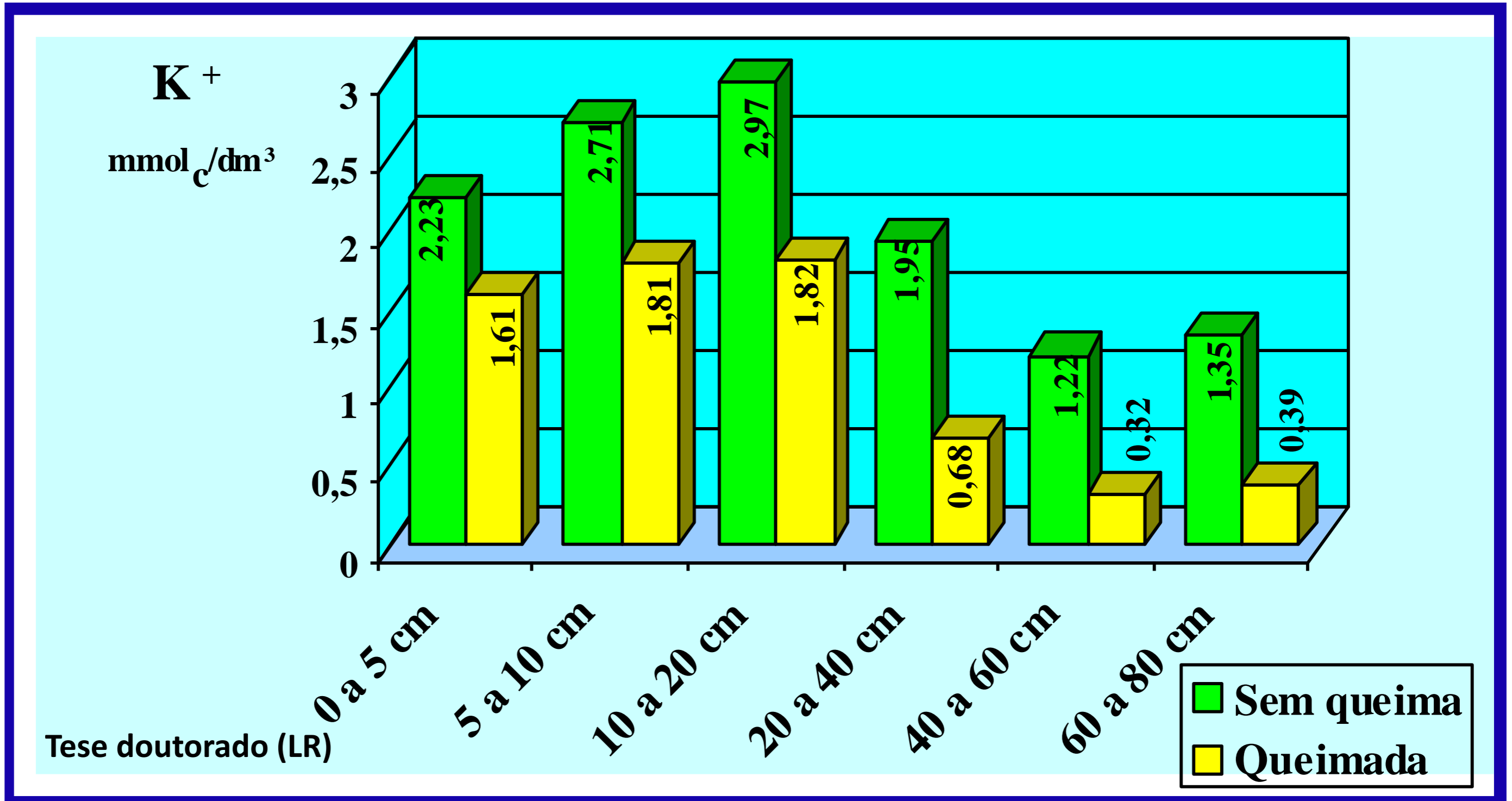


Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
kg/ha ano	55	4,4	76	55	26	15
Mineralização (% / ano)	20	60	85	50	50	60
Total / ano	11	2,6	65	28	13	9

NUTRIENTES	TEORES MÉDIOS (% na matéria seca)		
	FOLHAS SECAS	FOLHAS VERDES	PALMITO
Nitrogênio	0,32	0,99	0,49
Fósforo	0,02	0,11	0,09
Potássio	0,34	1,69	3
Cálcio	0,42	0,31	0,17
Magnésio	0,19	0,17	0,15
Enxofre	0,11	0,11	0,12

Fonte: Manechini; Penatti (1997)

Teores de potássio no solo com e sem a queima da palha

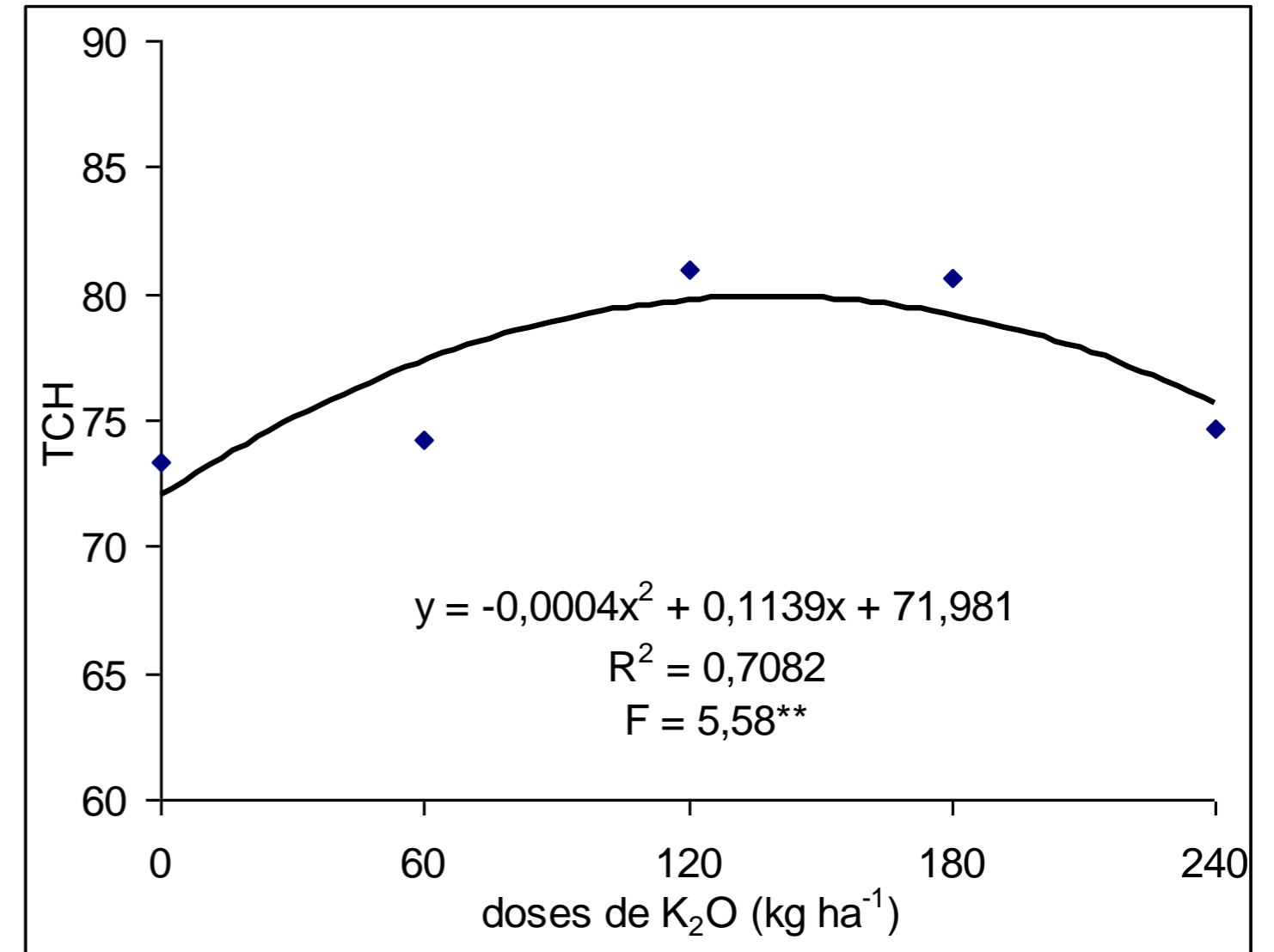
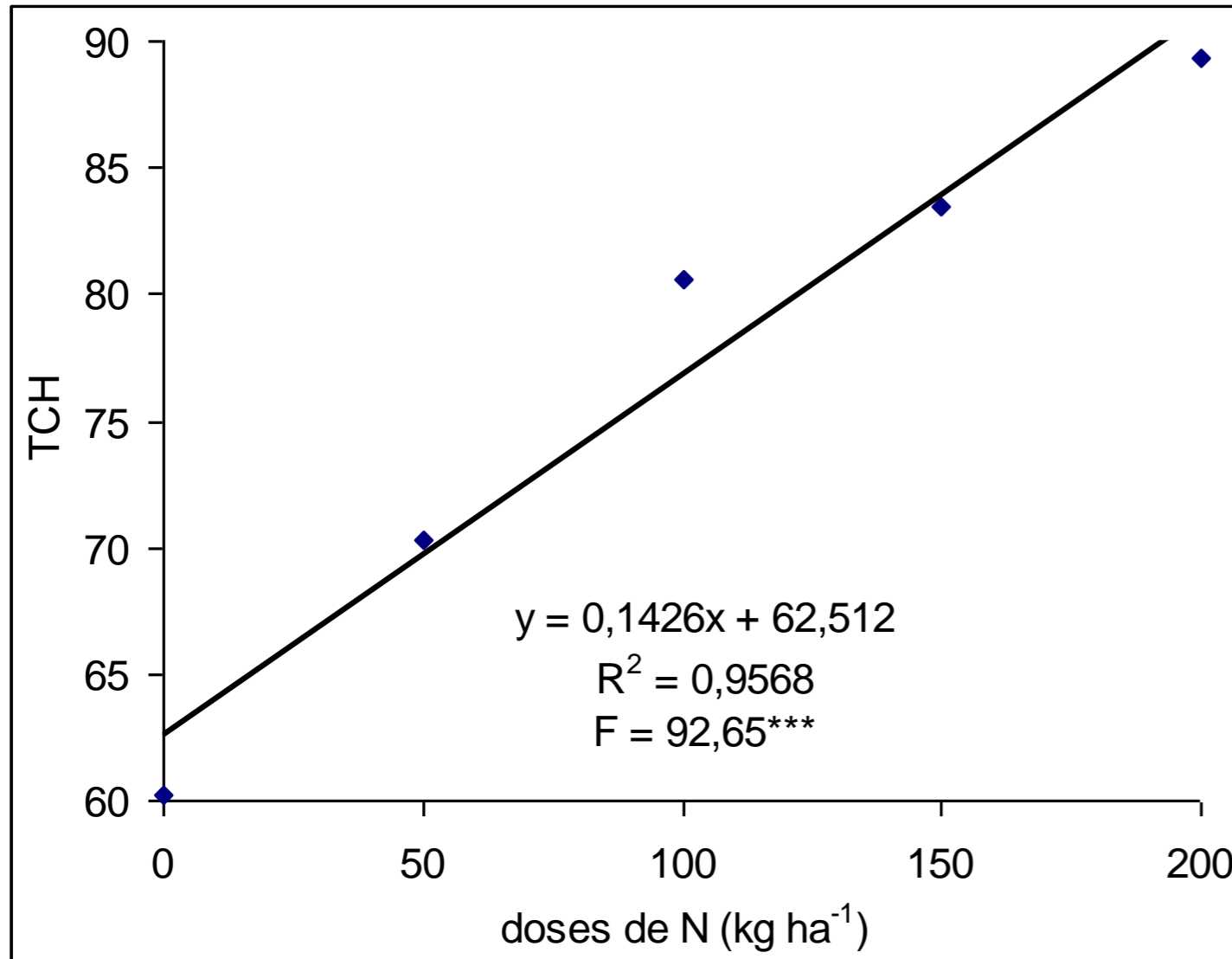


Fonte: Luca et al. (1999)

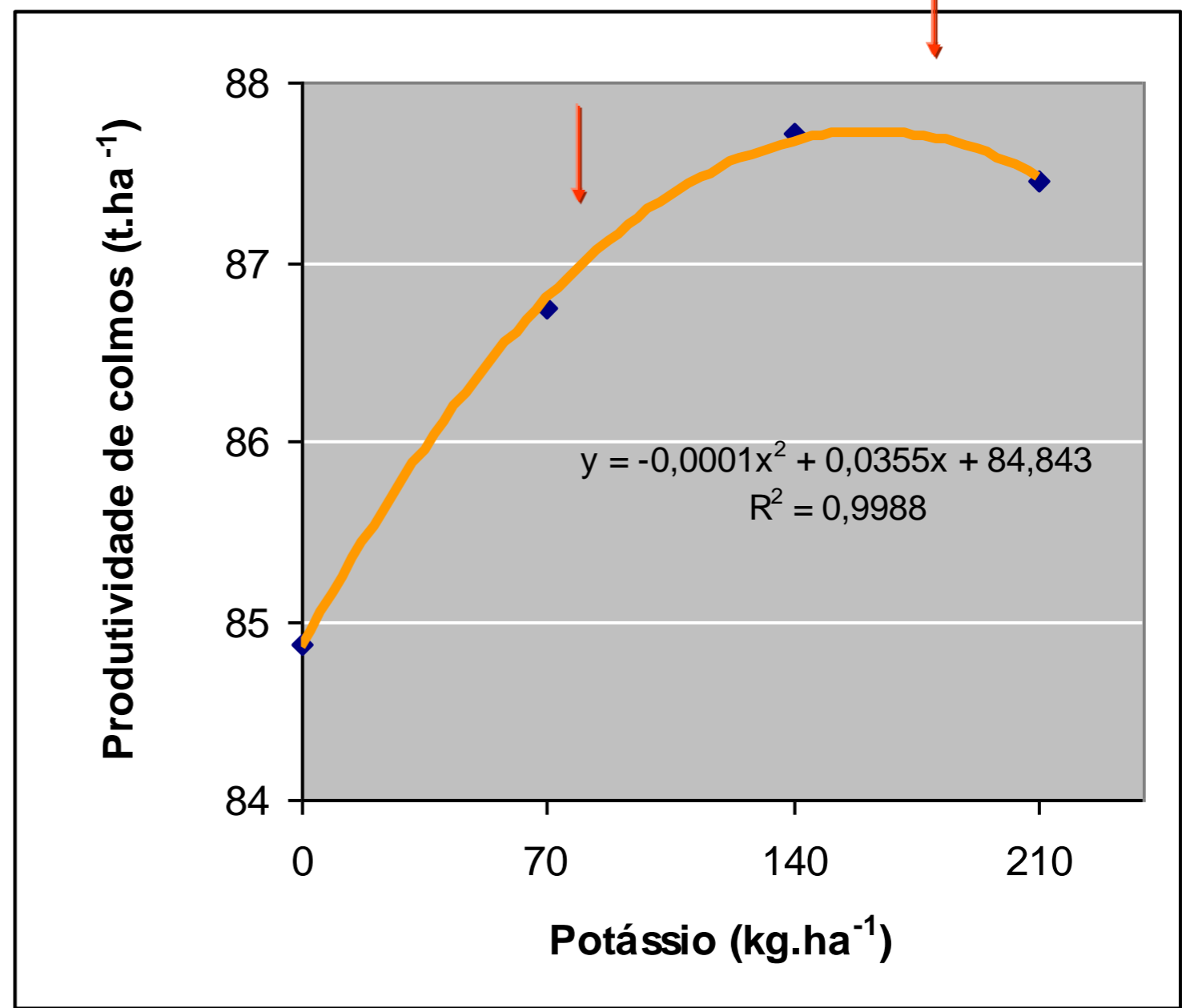
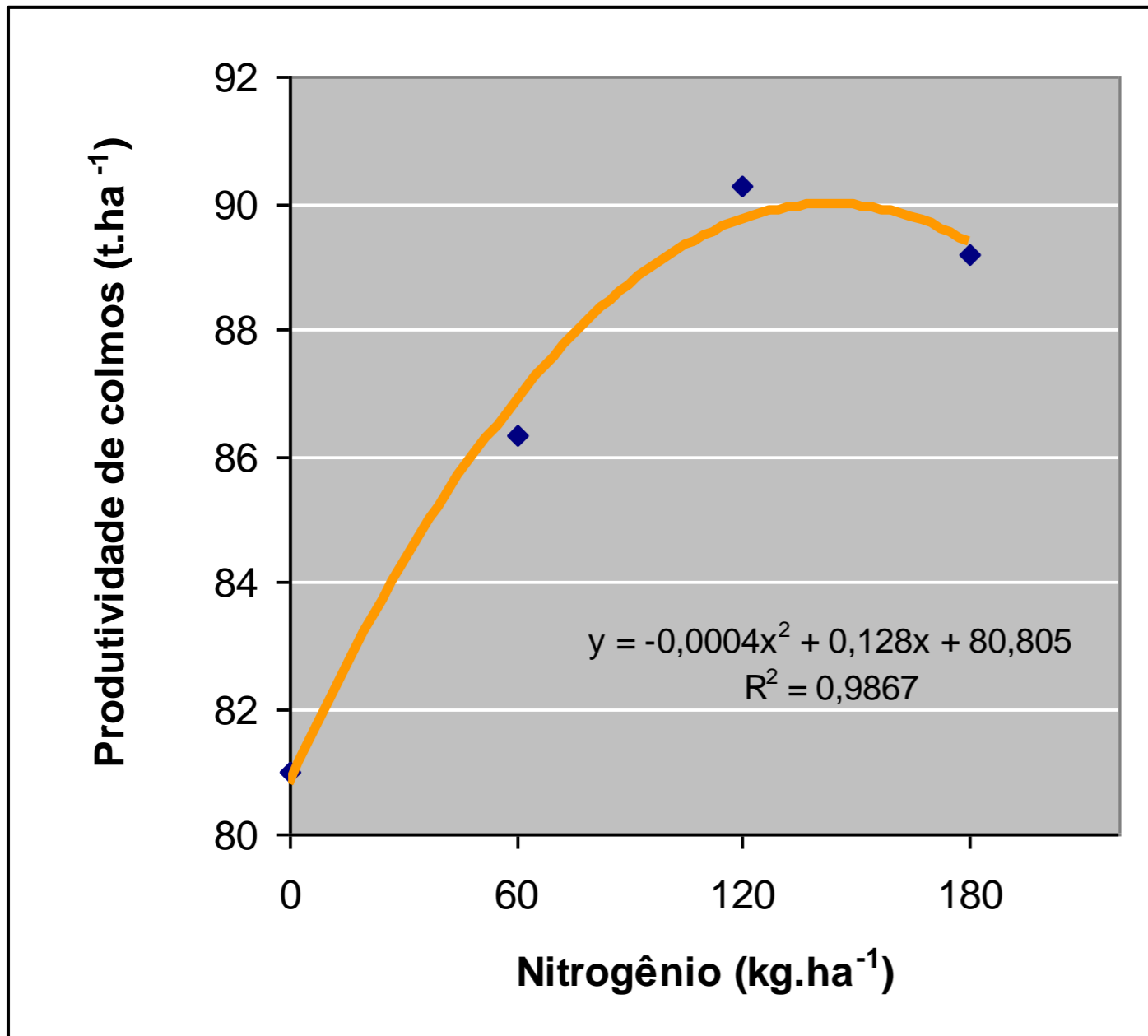
1 mmol_c de K/dm³ = 96 kg K₂O/ha



Cana soca – Safra 06/07



Calibração NK – média 15 experimentos (IAC)



Fonte: Rossetto et al. (2008)

Manejo da palhada



Fonte: Penatti, 2022

Perdas de adubo

Simulador de chuvas, com e sem palha



37% perda adubo



7% perda adubo

Fontes de potássio

Adubo organomineral e cama de frango

Adubo organomineral em cana soca

Cana soca

Adubo Organomineral x Mineral, Produção de Colmos e Teor Foliar da Cana Soca, 3º Corte (Faz.27, BI1, Var. IAC91-1099 – Us. Jalles Machado)

Fertilizante/N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Dose Adubo	Produtividade	N*	P	K
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O - kg ha ⁻¹	-kg ha ⁻¹	---t ha ⁻¹ ---	-----g kg ⁻¹ -----		
Controle	0	96,0	21,7	2,7	12,0
Mineral, 20-05-20 (120-30-120)	600	109,4 b	21,4	2,2	12,2
OM, 14-04-14 (72-20-72)	514	123,9 a	20,9	2,2	11,7
OM, 14-04-14 (96-27-96)	686	124,9 a	21,5	2,5	12,9
OM, 14-04-14 (120-34-120)	857	121,6 ab	22,4	2,2	13,9
Malavolta et al (1989)			20-22	1,8-2,0	13-15
Raij & Cantarella, 1996			18-25	1,5-3,0	10-16

* Aplicação Tratamentos: 19/07/11, Colheita: 29/06/12;
C.V. = 6%; DMS = 13,1; Solo = ??
Solo = Latossolo álico, textura argilosa

+ 11%

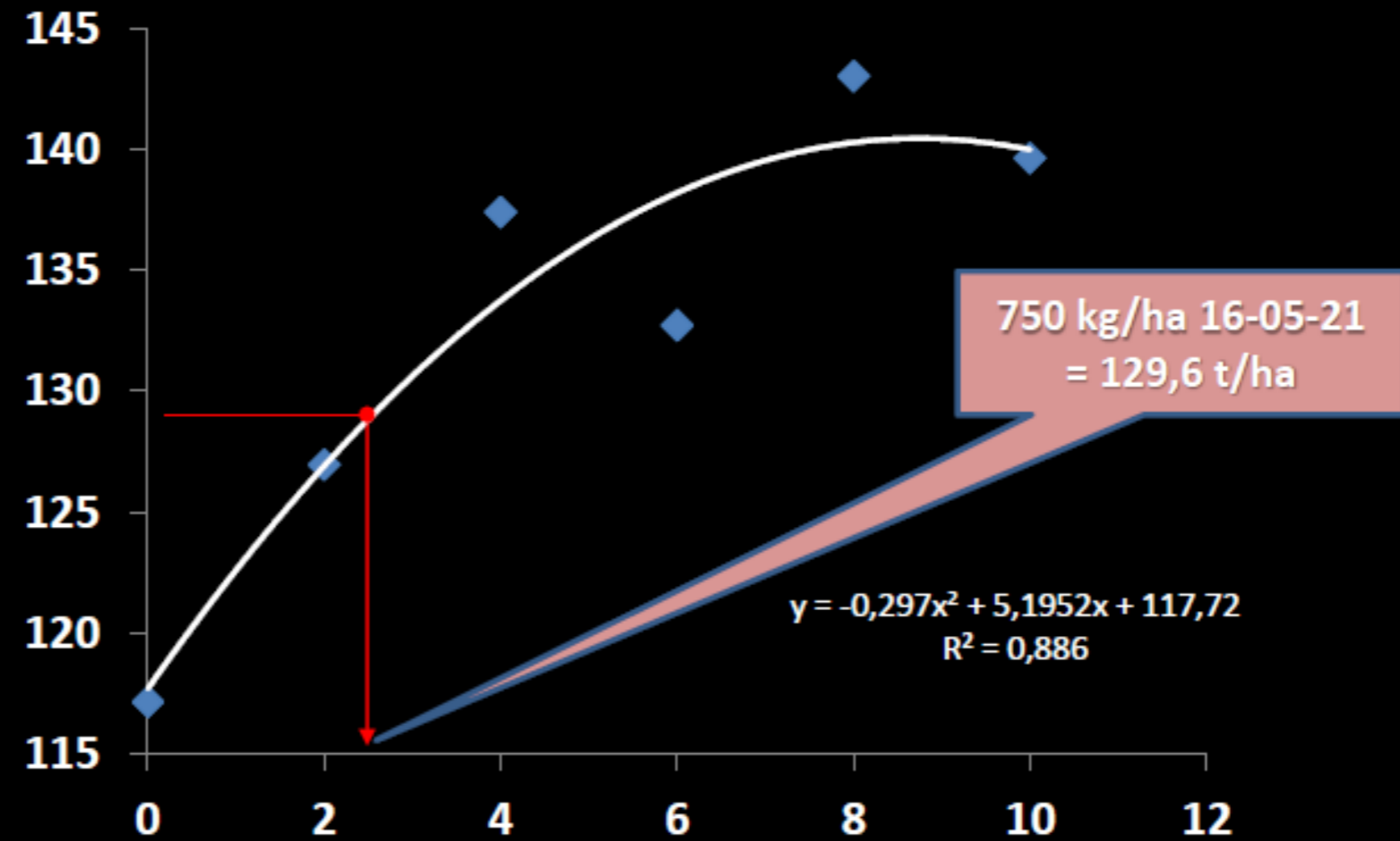
Fonte: SOUSA, R.T.X.S. 2014. Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar. 81f. Tese Doutorado – UFU,



CAMA DE FRANGO NA SOQUEIRA

2º Corte (Us. Alto Alegre) Var. RB867515

Esp. 1,50 x 0,90m - Colheita: 12/05/2017



Fonte: Korndorfer, et al. 2016 (Usina Alto Alegre)

Rotação de culturas e adubação verde

Rotação de cultura



Meiosi/soja



Amendoim



Adubação verde



Fonte: Conde (2005)

Spectabilis

juncea

Adubação verde em soqueiras



Fonte: Campanhão, 2018

Crotalária spectábilis

Extração nutrientes por leguminosas



Leguminosa	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg/ha -----					
<i>Crotalaria juncea</i>	235,0	18,5	101,5	53,3	29,1	16,3
<i>Crotalaria spectabilis</i>	113,4	8,8	94,5	63,0	15,5	7,6
Guandu	141,9	10,5	62,2	25,3	10,5	8,8
Mucuna anã	81,0	6,3	36,6	18,6	7,5	4,2
Mucuna preta	105,3	6,6	41,0	27,3	9,0	5,5
Lablabe	94,5	8,8	48,7	22,8	9,1	8,1
Feijão-de-porco	190,0	10,0	67,5	50,5	18,0	10,5

Adubação verde

Plantas de folhas largas exportam mais **potássio** que as de folhas estreitas

kg K₂O/t grãos

Soja: 24

Milho: 6

Reciclagem de nutrientes por *Brachiarias* com alta produção de matéria seca

		<i>B. brizanta</i>	<i>B. decumbens</i>	<i>B. ruziziensis</i>
Nutriente		17 t/ha/ano	10 t/ha/ano	9 t/ha/ano
		----- kg/ha/ano -----		
Nitrogênio	1.7	289	170	153
Fósforo	0.2	34	20	18
Potássio	2.0	340	200	180
Calcio	0.5	85	50	45
Magnésio	0.3	51	30	27
Enxofre	0.1	17	10	9

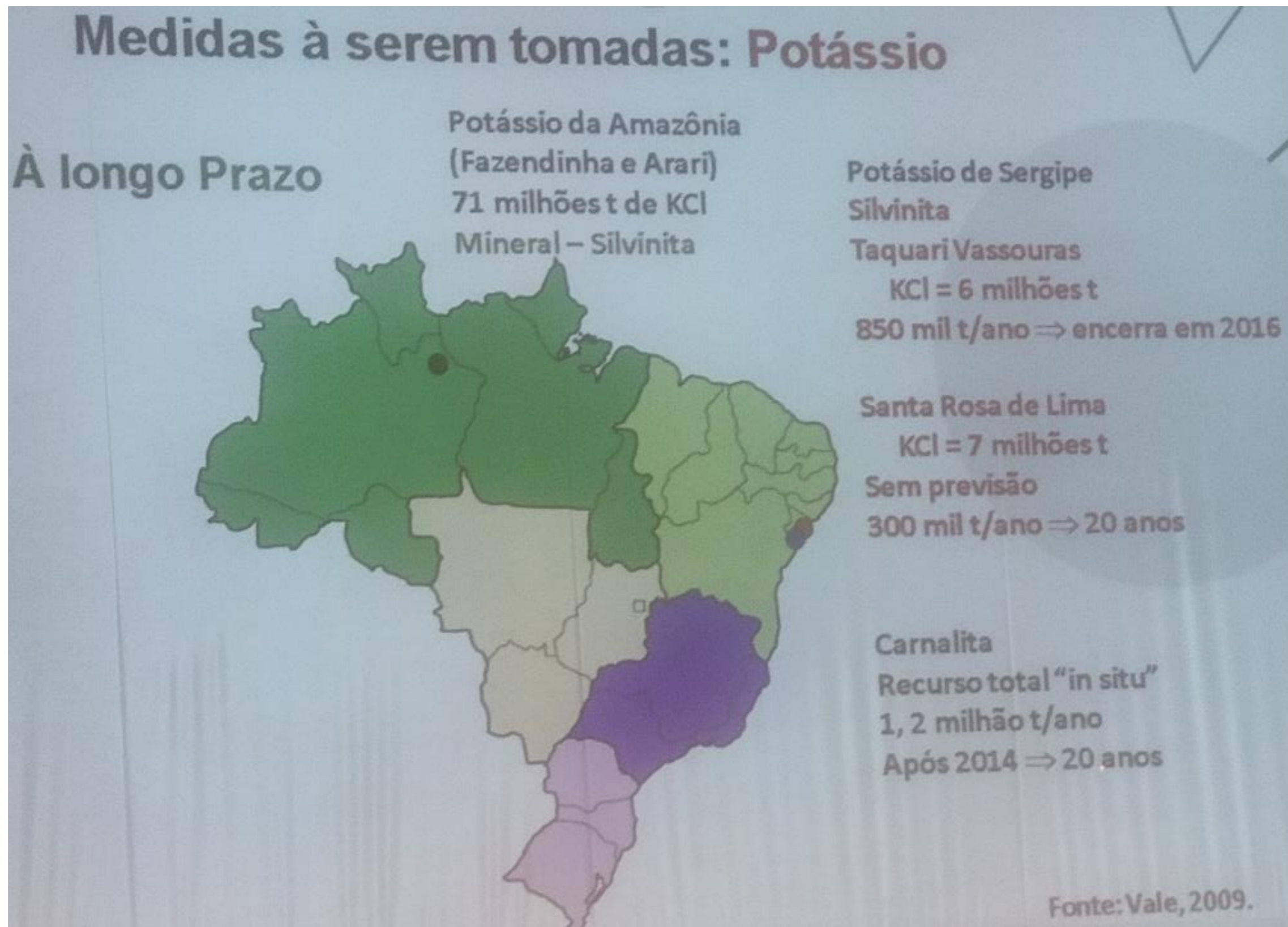
Características químicas de diferentes material orgânico

Nutrientes	kg/t.matéria seca			
	Torta Filtro	Estercos boi	Estercos frango	<i>C. spectabilis</i>
N	22	12	38	27
P ₂ O ₅	20	7	31	5
K ₂ O	4	8	37	27
CaO	21	13	39	21
MgO	6	3	7	6
S	2	1	4	2

Fontes de potássio

- Palha de café: 20% de K_2O
- Torta de algodão: 10-30% K_2O
- Madeira: 5-25% K_2O
- Fonolito de Poços de Caldas – feldspato K, possui cerca de 9% de K_2O , Mn, Ca e Fe. Pode ter Cr e Cd
- Yorin – Ekosil – 1% K_2O (sol ácido cítrico 2%), 8% total
- **Yooksil: Para aplicar 140 kg K_2O /ha (7% sol AC) = 2 t/ha**
- Filito – Araçoiaba Serra – Moscovita - 2 a 4% K_2O (sol ácido cítrico 2%), 8% total

Fontes de potássio



Fontes de potássio

Considerações finais:

- I. Usar racionalmente os subprodutos vinhaça, torta de filtro, fuligem e cinza;
- II. Fazer rotação de culturas e adubação verde;
- III. Usar esterco de maneira geral;
- IV. Usar o KCl, fonte mais rica de potássio (vai depender do preço);
- V. Se possível, usar adubo organomineral;
- VI. Outras fontes, vai depender da análise química do produto e de resultados gerados.

Adubação da cana-de-açúcar



Obrigado

claudimirpenatti@gmail.com

Fone: 19-98197-3446

