



Correção da acidez do solo visando a implantação do sistema de semeadura direta

Prof Silvano Moreira e Doutorando Flávio Moraes

1

Porque começamos o projeto?

Distância entre as doses oficiais recomendadas e as doses
utilizadas pelos produtores!



2

Proposta do Projeto

Início do projeto: Safra de 2017x2018: 03 safras, renovado para cinco safras.

Fim do projeto: Safra de 2020x2021

Número de cultivos: 18 (Soja; Milho; Feijão; Trigo)

Áreas instaladas: 8 (01 Madre de Deus de Minas; 03 Nazareno; 01 Ingai; 02 Carrancas; 01 Lavras).

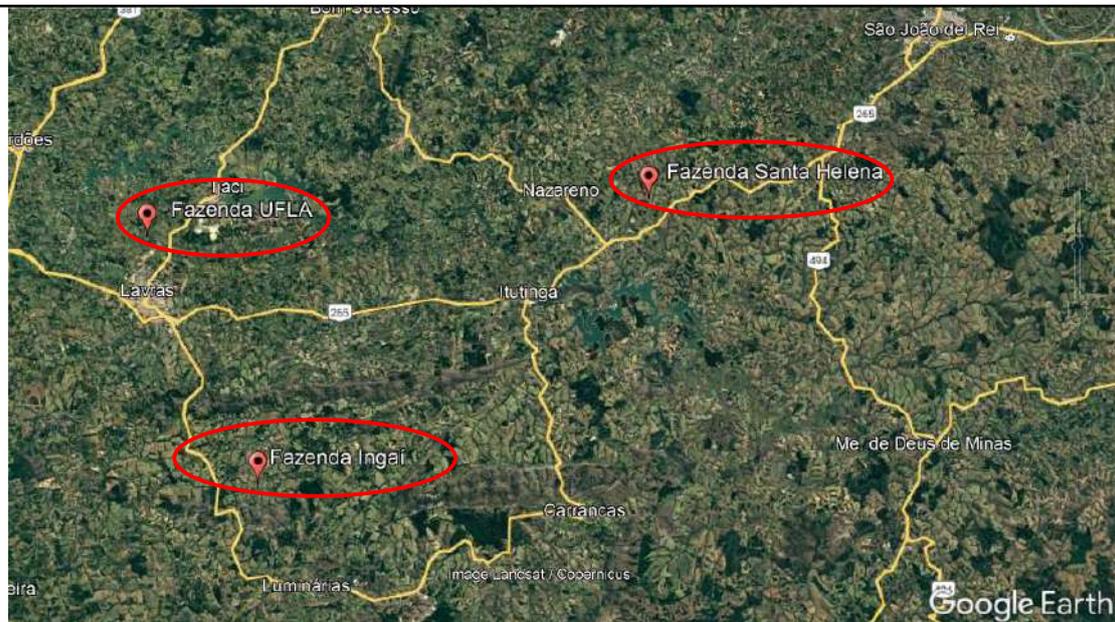
Áreas ao final do projeto: 2 (01 Nazareno; 01 Lavras): renovação

Da safra 2017x2018 a 2020x2021: Resultados de três áreas

Safra 2021x2022 : Resultado de duas áreas



3



4

Avaliações propostas inicialmente:

- Amostragem de solo após toda a safra nas camadas de 0-20 cm e 20 a 40 cm;
- Amostragem de tecido vegetal todas as safras;
- Determinação da mineralogia dos solos;

Avaliações Extras

- Resistência à penetração;
- Curva de incubação de todos os solos;
- Análises de argila dispersa em água e floculação;
- Análise de agregados;
- Abertura de trincheira para avaliação de raízes.



5

Algumas dificuldades iniciais



6



7

Análise inicial das áreas estudadas (2017)															Dose método da saturação (V=70%)
Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	T	V	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
cm	(CaCl ₂)	mg dm ⁻³						%	g kg ⁻¹						
Fazenda Santa Helena															
0-20	5,1	1,7	0,1	1,4	0,5	2,7	4,7	42	26	0,6	3,5	41	25	0,4	3 t/ha para 0-40 cm
20-40	5,1	0,8	0,1	1,1	0,7	2,4	4,3	44	-	-	-	-	-	-	
Fazenda Muquém															
0-20	5,1	3,4	0,3	3,7	0,9	4,2	9,1	54	33	0,1	1,1	56	56	1,3	2,8 t/ha para 0-40 cm
20-40	5,2	2,1	0,2	3,4	0,8	3,2	7,6	58	-	-	-	-	-	-	
Fazenda Ingáí															
0-20	4,6	2,8	0,1	1,4	0,8	7,2	9,5	24	33	0,2	1,0	25	6,3	0,8	8 t/ha para 0-40 cm
20-40	4,6	2,3	0,1	0,9	0,4	4,0	5,4	25	-	-	-	-	-	-	



8

Garantias dos calcários utilizados

Local	RE	PN	PRNT	CaO	MgO
Faz. Santa Helena	91,4%	91,2%	83,3%	35,3%	20,2%
Faz. Muquém	86,2%	96,5%	83,2%	44,3%	13,7%
Faz. Ingaí	86,0%	89,8%	77,2%	47,1%	14,0%
Incubação	82,8%	89,6%	74,2%	34,8%	18,8%



9

Como resolver a “distância” entre as doses recomendadas pelos métodos oficiais e as utilizadas na prática?



Foto: Flávio Moraes (2017).

- 1^{os} experimentos: 06 doses (0 a 40 cm): 0, 3, 6, 9, 12 e 15 t ha⁻¹.



10

Resultados de pesquisa: incorporação profunda versus teores no solo



Fotos: Flávio Moraes

Reabertura de área: V% = 42; Ca=1,4 e Mg =0,5 cmol_cdm⁻³!

Solo sob SPD em Nazareno, MG – Fazenda Santa Helena.

Experimento em DBC, com quatro blocos (parcelas 20 x 12 m).

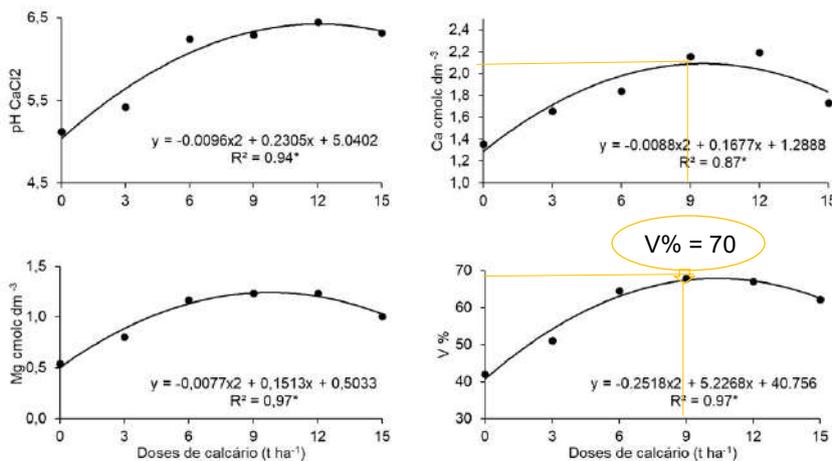
Foco na fertilidade do perfil do solo!

Dose de calcário calculada (V% = 70), para camada de 0 a 20 cm = 1,5 t ha⁻¹!!!

Fonte: Dissertação/tese Flávio Moraes.

11

Valores de pH e V% e teores de Ca e Mg, após 300 dias da incorporação do calcário (±1200 mm de chuva), em Nazareno, MG (prof. 0-20 cm).



Calcário usado (PRNT=83%; PN=91; RE=91; CaO= 35%; MgO=20%).

Resumo:

- V% inicial (0 a 20 cm) = 42;
- Dose de calcário calculada (V% = 70), para 0 a 20 cm = 1,6 t ha⁻¹;
- Dose no estudo para elevar o V% a 70 = 9 t ha⁻¹ (curvas de incubação e experimento de campo).

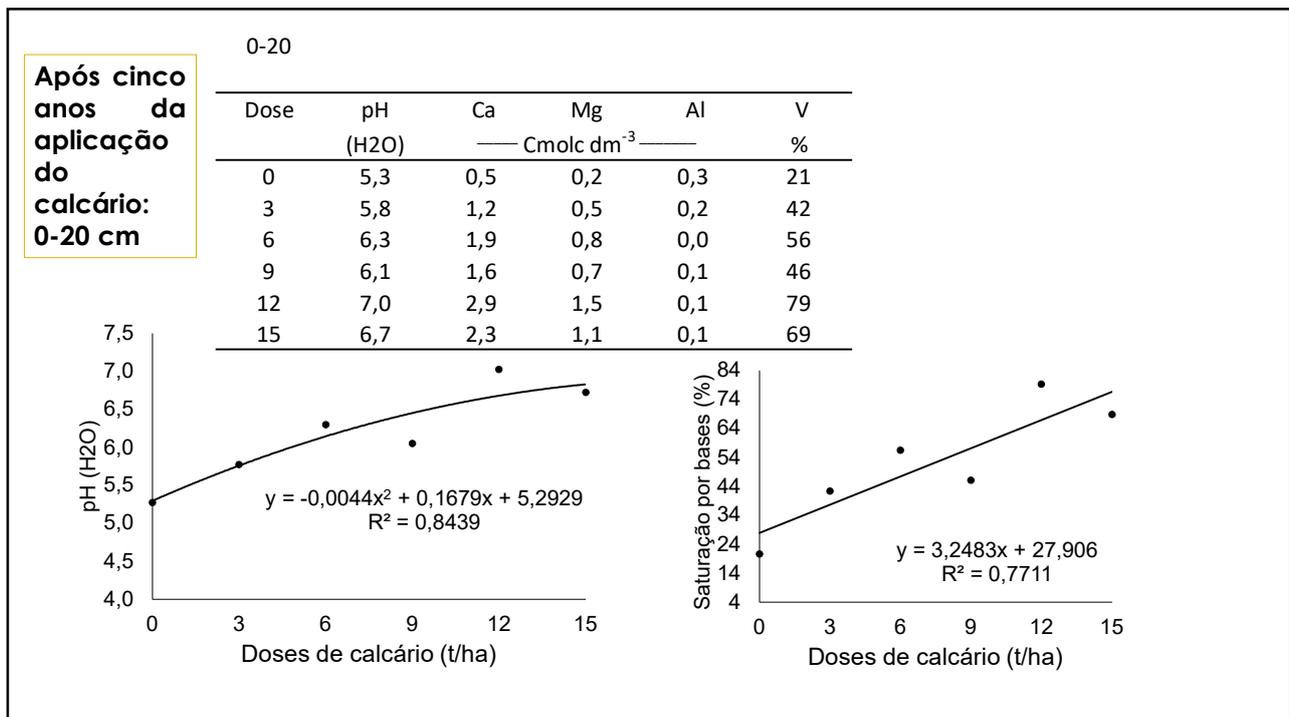
Fonte: Dissertação Flávio Moraes (2019).

12

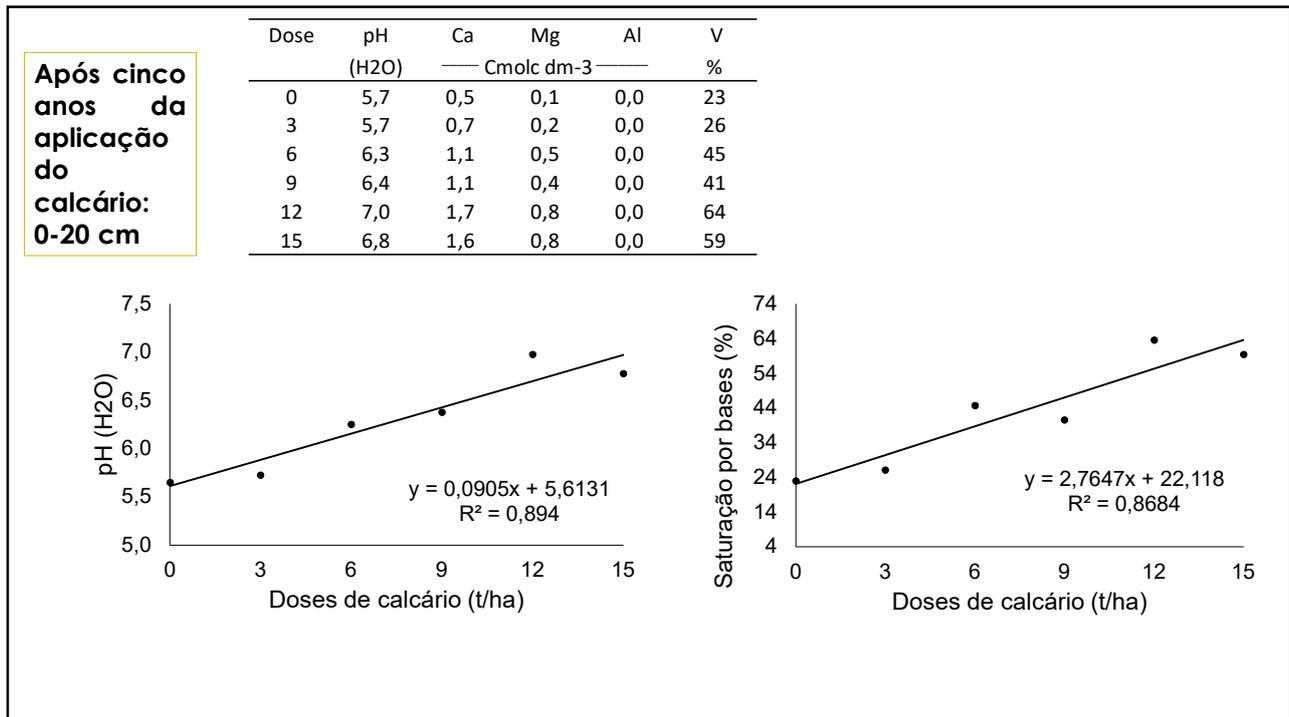
Dose t/ha	pH CaCl ₂	Ca	Mg	Al	H+Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	T
		cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³							
0	4,7	1,1	0,4	0,0	5,0	0,25	6,1	42,0	36,3	0,4	25,8	6,8
3	5,9	2,1	1,0	0,0	2,9	0,25	4,6	39,0	34,2	0,6	53,7	6,3
6	6,3	2,2	1,2	0,0	1,5	0,32	6,1	36,9	35,2	0,5	70,7	5,0
9	6,8	2,3	1,2	0,0	1,4	0,30	5,7	39,8	42,9	0,5	73,0	5,1
12	6,7	3,1	1,5	0,0	1,1	0,34	5,8	37,3	46,1	0,4	81,6	5,9
15	7,0	3,1	1,6	0,0	1,0	0,31	5,5	37,7	32,5	0,5	82,9	5,9
R ²	96,4	87,6	94,9	-	97,2	-	-	-	-	-	97,4	78,4
Efeito	**	L**	Q**	NS	Q**	NS	NS	NS	NS	NS	Q**	Q**
C.V	2,59	11,9	10,36	-	11,5	35,4	21,2	10,8	50,2	43,7	4,4	7,03

Dose t/ha	pH CaCl ₂	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V
		cmol _c dm ⁻³			%		
0	5,1	1,0	0,4	0,0	3,2	4,6	32
3	5,2	1,2	0,5	0,0	4,2	6,0	30
6	5,2	1,1	0,5	0,0	2,0	3,7	46
9	5,6	1,2	0,5	0,0	2,0	3,8	47
12	5,3	1,3	0,6	0,0	2,0	4,0	50
15	5,6	1,5	0,8	0,0	2,5	4,8	49
R ²	-	88,9	82,8	-	45,8	-	75,4
Efeito	NS	L*	L**	-	Q**	NS	L**
C.V	5,4	15,7	19,9	-	18,9	13,3	12,6

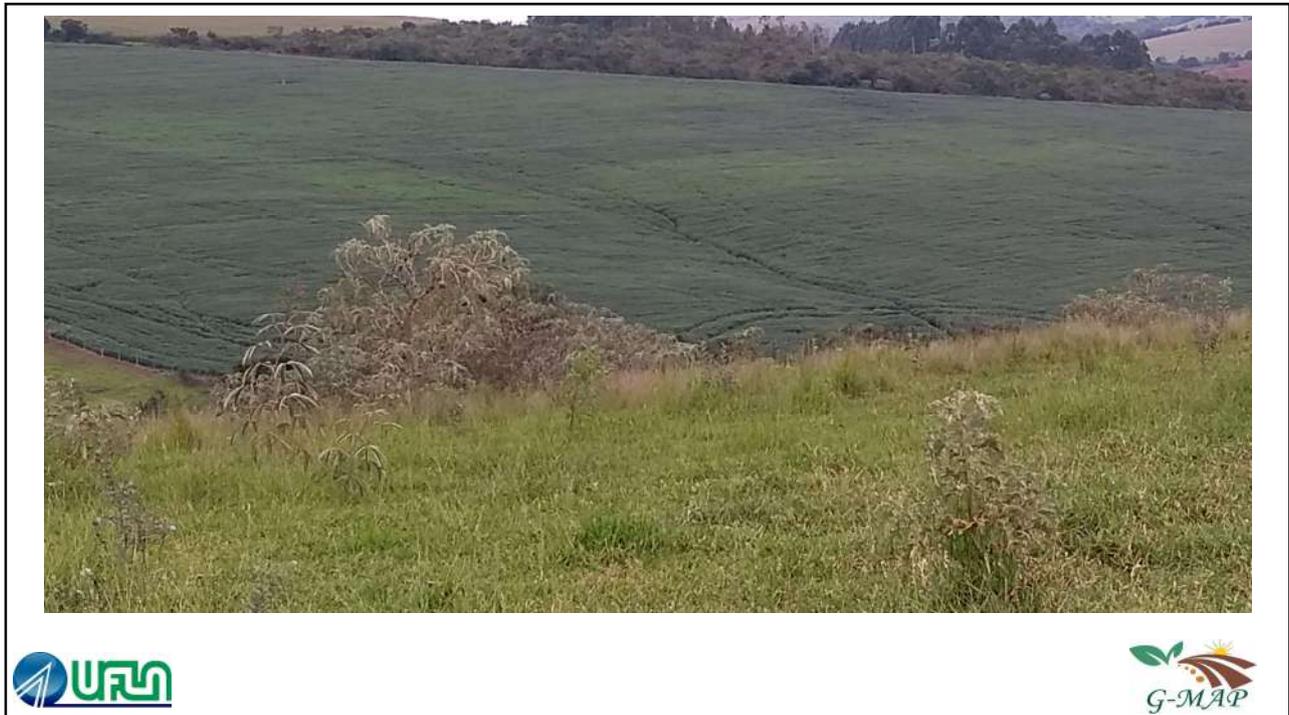
13



14



15



16

Aspecto visual das plantas de soja versus doses de calcário – Faz. Santa Helena



Primeira safra

Fotos: Flávio Moraes (2016)



17

Aspecto visual: plantas de feijão, após dessecação para coheita, no 3º ano de cultivo (safra 2019/20). Faz. Santa Helena



Dose = 15 ton ha⁻¹ de calcário



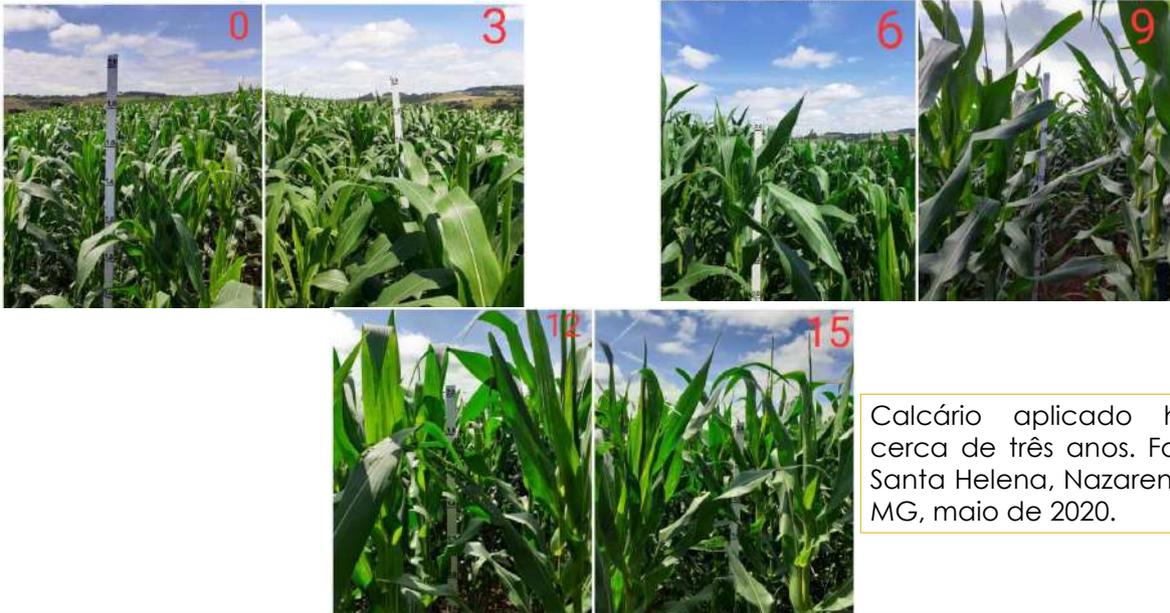
Controle (sem calcário)

Fotos: Flávio Moraes

18

Aspecto visual: altura das plantas do milho de 2ª safra, no 3º ano de cultivo (safra 2019/20): Faz. Santa Helena

Fotos: Flávio Moraes



Calcário aplicado há cerca de três anos. Faz. Santa Helena, Nazareno, MG, maio de 2020.

19



20

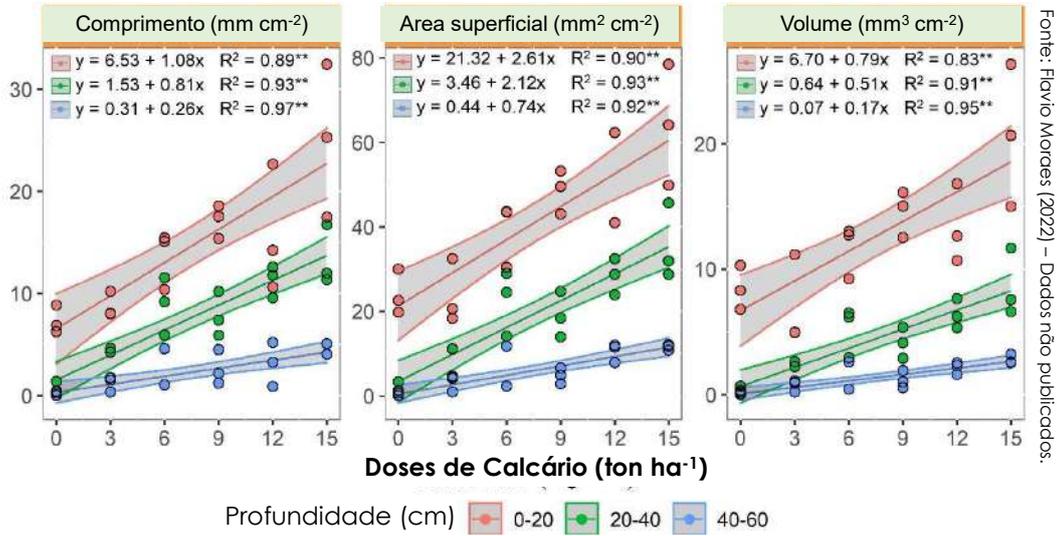


21



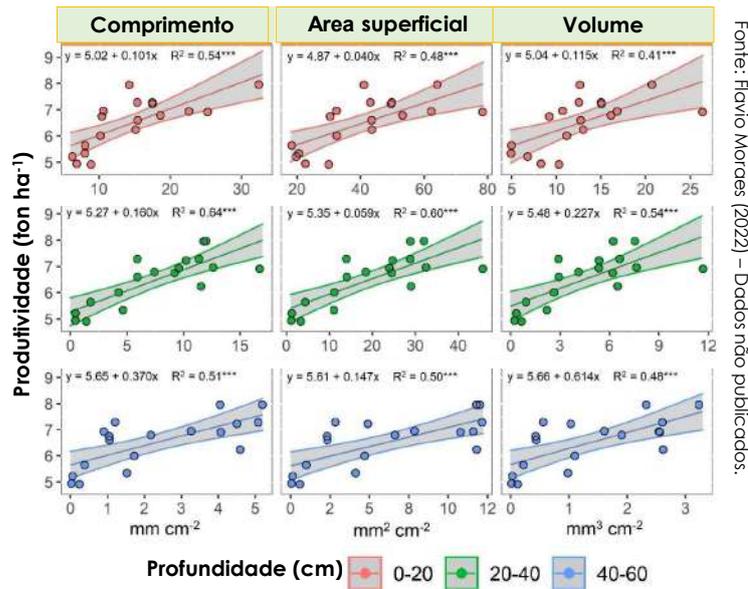
22

Doses de calcário e crescimento de raízes de milho de 2ª safra



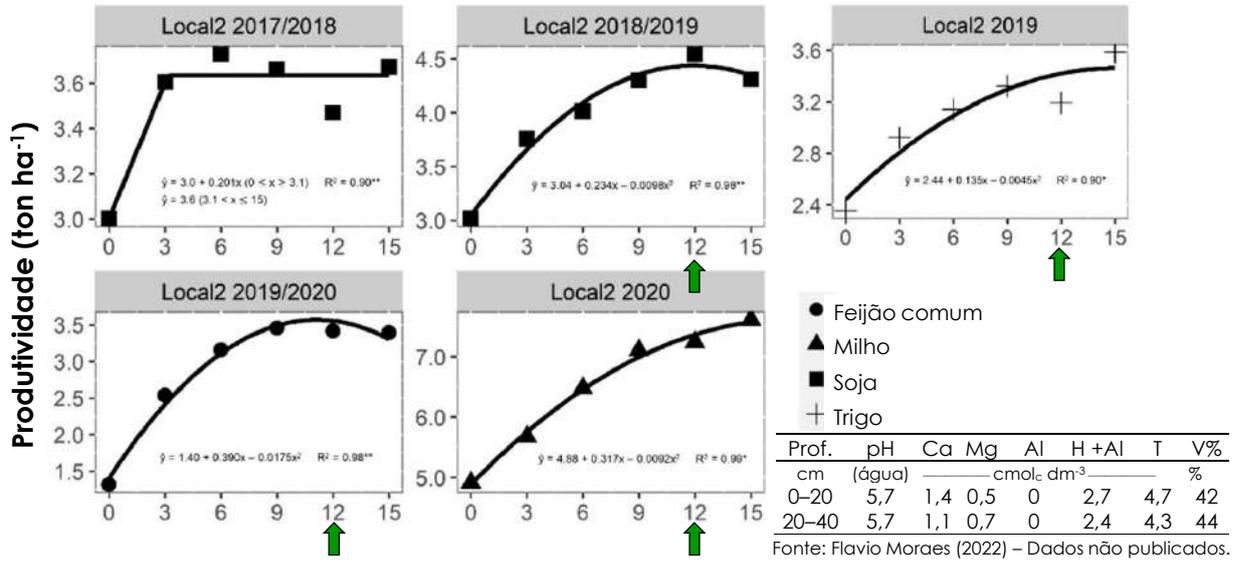
23

Prod. de milho 2ª Safra (ano 2020) versus crescimento de raízes



24

Prod. das culturas versus doses de calcário (Local 2: Faz. Santa Helena)



25

Área de abertura (pastagem degradada), em Ingaí, MG



26

Valores de pH e V%, teores de Ca e Mg nas camadas de 0-20 e 20-40 cm (1º ano), após incorporação do calcário (900 mm de chuva), em Ingaí, MG.

Camada de 0 a 20 cm					Camada de 20 a 40 cm				
Dose	pH	Ca	Mg	V	Dose	pH	Ca	Mg	V
t/ha	CaCl ₂	cmolc dm ⁻³		%	t/ha	CaCl ₂	cmolc dm ⁻³		%
0	4,4	0,9	0,4	28	0	4,6	0,6	0,2	25
3	4,7	1,3	0,6	42	3	4,7	0,7	0,3	26
6	5,5	2,5	1,1	63	6	4,8	1,2	0,4	37
9	5,5	2,6	1,2	64	9	4,9	1,1	0,5	37
12	6,1	3,1	1,2	73	12	4,9	1,2	0,5	43
15	6	3,4	1,2	74	15	4,9	1,1	0,5	40
R²	94,5	96,1	96,1	97,9	R²	94,0	86,5	94,9	89,5
Efeito	Q **	Q **	Q **	Q **	Efeito	Ns	Q **	Q **	Q **

▪ Calcário (PRNT=86%; PN=90; RE=86; CaO= 47,1%; MgO=14%).



Fonte: Dissertação Flávio Moraes (2019).



27

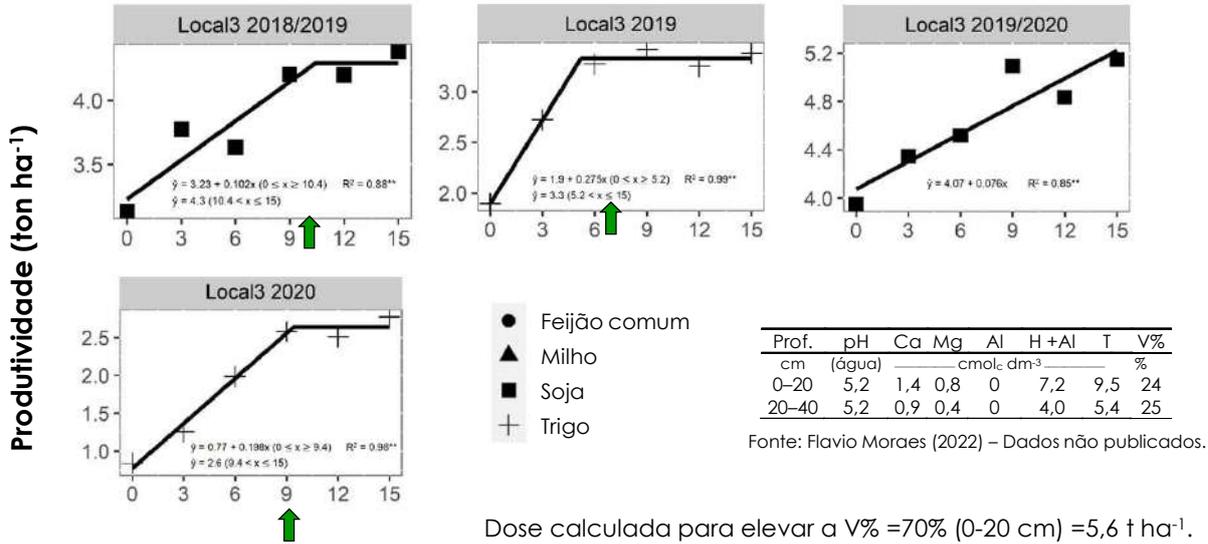
Após três anos da aplicação do calcário: 0-20 cm	Dose	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	T
	t/ha	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³				%	cmol _c dm ⁻³	
	0	4,1	1,2	0,5	0,5	4,6	0,26	1,5	31,0	9,7	0,9	31,6	6,8
	3	4,7	2,0	0,9	0,2	3,7	0,21	1,3	30,9	8,4	0,7	46,3	6,9
	6	5,4	3,0	1,2	0,1	3,2	0,16	1,3	30,5	13,9	1,0	58,7	7,7
	9	5,5	4,3	1,8	0,1	2,2	0,21	1,1	25,3	14,4	0,8	74,4	8,6
	12	6,5	5,6	1,9	0,1	1,4	0,18	1,0	23,8	13,6	0,8	84,3	9,1
	15	6,0	5,5	1,9	0,1	1,6	0,15	1,1	24,1	13,7	0,8	82,2	9,2
	R²	90,9	97	96,4	88,4	97,1	57,7	-	84,5	69,1	-	98,2	95,1
	Efeito	Q **	Q **	Q **	Q **	Q **	L*	NS	L**	L**	NS	Q **	L**
	C.V	3,66	10,7	10,6	30,2	7,05	22,8	20,2	10,46	16,4	23,5	3,65	5,8

Após três anos da aplicação do calcário: Camada de 20-40 cm.	Dose	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V
	t/ha	CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³				%	
	0	4,3	0,7	0,3	0,3	4,3	5,5	22
	3	4,4	1,0	0,5	0,2	3,7	5,2	30
	6	4,5	1,0	0,5	0,2	3,5	5,1	31
	9	5,1	1,9	0,9	0,1	3,4	6,2	46
	12	5,1	2,1	0,9	0,1	2,8	5,9	53
	15	5,0	2,0	0,8	0,1	2,9	5,8	51
	R²	84,7	87,05	84,1	96,3	91,8	-	90,8
	Efeito	Q **	L**	Q **	Q **	L**	NS	L**
	C.V	3,16	17,05	17,8	28,1	11,8	8,8	11,5

Solo com V% inicial (0-20 cm) = 24. Dose calculada para elevar a V% =70% (0-20 cm) =5,6 t ha⁻¹.

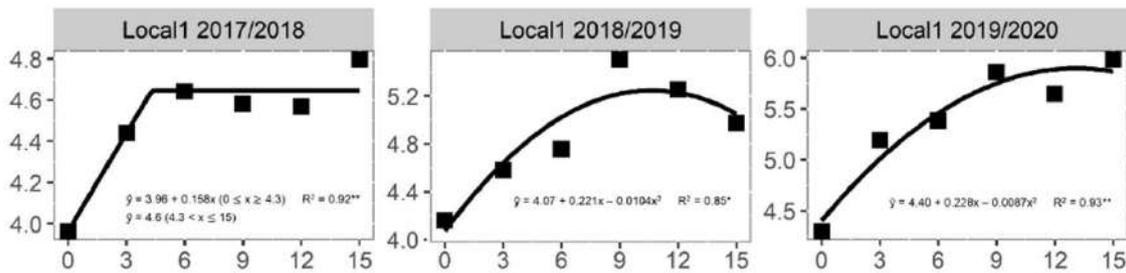
28

Prod. das culturas versus doses de calcário (Local 3: Faz. Ingaí)



29

Produtividade de soja durante três anos na Faz. Muquém - UFLA



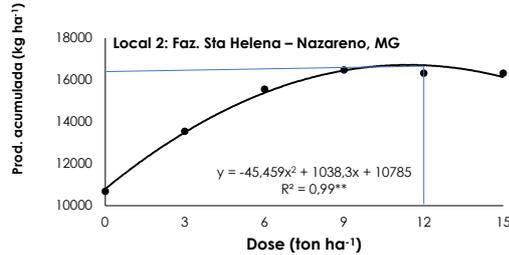
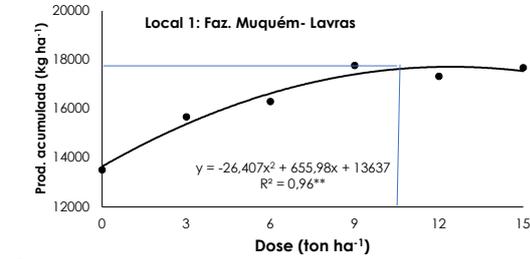
Prof. cm	pH (água)	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V%	%Ca	%Mg
0-20	5.7	3.7	0.9	0	4.2	9.1	54	41	9.8
20-40	5.9	3.4	0.8	0	3.2	7.6	58	45	10.5

■ Calcário (PRNT=83%; PN=96,5; RE=86; CaO= 44,3%; MgO=13,7%).

Fonte: Flavio Moraes (2022) – Dados não publicados.

30

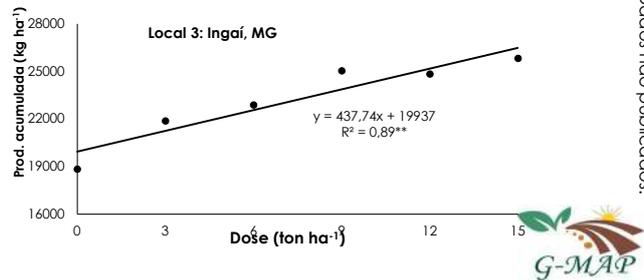
Prod. acumulada das culturas em quatro safras de verão – três fazendas



1º safra: somatório de prod. de quatro cultivos de verão!

Local 1: 3x Soja, 1x Feijão
Local 2: 3x Soja, 1x Feijão
Local 3: 2x Soja, 1x Feijão, 1x Milho

Dose (t/ha)	Local 1	Local 2	Local 3
0	13515	10691	18844
3	15670	13554	21884
6	16298	15559	22881
9	17776	16474	25040
12	17328	16326	24841
15	17682	16329	25831

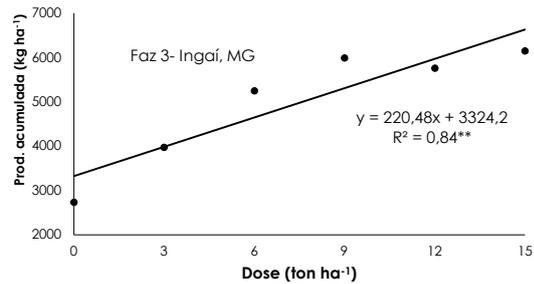
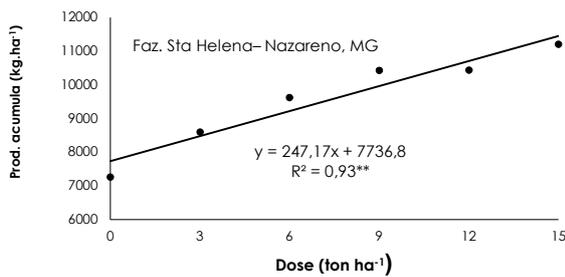


Fonte: Flavio Moraes (2022) – Dados não publicados.



31

Prod. acumulada das culturas em duas safras (outono/inverno)



Prod. acumulada (médias: kg ha⁻¹)

Dose	Local 2	Local 3
0	7267	2737
3	8600	3976
6	9621	5253
9	10424	5992
12	10435	5760
15	11197	6149

2º safra: somatório de produção de dois cultivos!

Faz. Sta Helena: Local 2: 1x Trigo, 1x Milho
Faz 3- Ingaí, MG: Local 3: 2x Trigo

Fonte: Flavio Moraes (2022) – Dados não publicados.



32

- Como recomendar doses de calcário nas áreas de abertura, diante de altas respostas à calagem, principalmente quando o corretivo é incorporado profundamente?

???

33

Resumo do estudo							
Local	Safra	Cultura	Cultivar	População	Plantio	Colheita	Ciclo
Faz. Ingaí	17x18	Feijão	BRS Perola	206000	28/01/2018	28/04/2018	90
Faz. Ingaí	18x19	Soja	SYN 13671 IPRO	280000	13/11/2018	31/03/2019	138
Faz. Ingaí	19x19	Trigo	BRS 264	400 m ²	15/04/2019	27/07/2019	103
Faz. Ingaí	19x20	Soja	Foco IPRO	290000	03/11/2019	18/03/2020	136
Faz. Ingaí	20x20	Trigo	BRS Sintonia	450 m ²	25/03/2020	03/07/2020	100
Faz. Ingaí	20x21	Milho	DBK 230	78000	10/10/2020	11/02/2021	124
Faz. Muquém	17x18	Soja	M 6410 IPRO	290000	25/11/2017	12/04/2018	138
Faz. Muquém	18x19	Soja	M 6410 IPRO	290000	30/10/2018	19/03/2019	140
Faz. Muquém	19x20	Soja	M59171PRO	300000	27/10/2019	19/02/2020	115
Faz. Muquém	20x21	Feijão	Anf 9	220000	14/01/2021	11/04/2021	87
Faz. Muquém	21x22	Soja	M 5917 IPRO	280000	22/10/2021	13/03/2022	142
Faz. Santa Helena	17x18	Soja	NS 7670 RR	280000	15/11/2017	17/04/2018	153
Faz. Santa Helena	18x19	Soja	NS 7670 RR	280000	10/11/2018	31/03/2019	141
Faz. Santa Helena	19x19	Trigo	BRS 264	400 m ²	18/04/2019	27/07/2019	100
Faz. Santa Helena	19x20	Feijão	IPR Tuiuiú	240000	05/11/2019	01/02/2020	88
Faz. Santa Helena	20x20	Milho	P3646	62000	18/02/2020	17/07/2020	150
Faz. Santa Helena	20x21	Soja	Desafio RR	240000	20/11/2020	12/04/2021	143
Faz. Santa Helena	21x22	Milho	AG 9025 PRO3	76000	18/10/2021	05/03/2022	138

Culturas	Nº de cultivos
Soja	9
Feijão	3
Milho	3
Trigo	3
Total	18

34

Comparativo com produtividade de soja

Safra	Média Brasil (sc/ha)	Média Experimento (sc/ha)	Incremento (%)	Aumento em sc/ha	Preço do saco (R\$)	Ganho por ha
17x18	56,0	68,7	22,6	12,6	R\$ 79,30	R\$ 1.002,95
18x19	56,1	77,8	38,8	21,7	R\$ 74,50	R\$ 1.619,58
19x20	54,5	91,3	67,6	36,8	R\$ 103,10	R\$ 3.796,54
20x21	58,8	84,3	43,3	25,5	R\$ 172,60	R\$ 4.393,09

R\$ 10.812,16

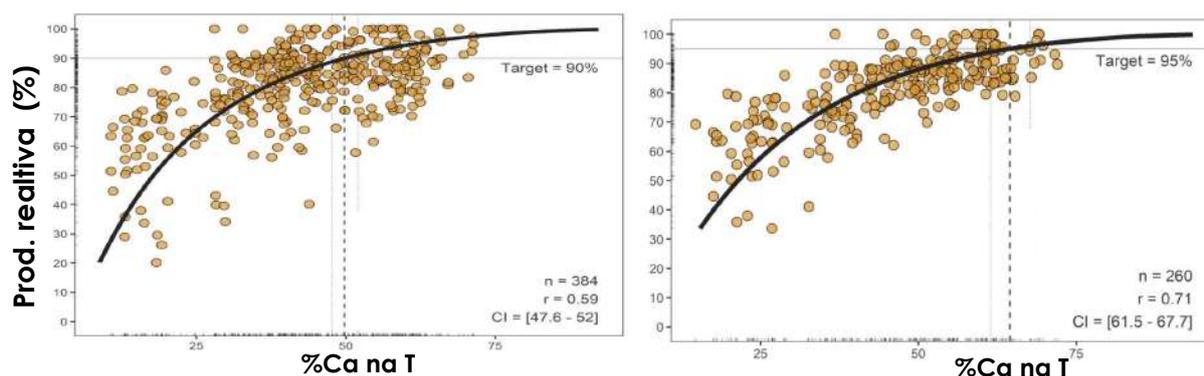
Custo da abertura: **R\$ 1.382,00**

- 9 t/ha de calcário (dose ótima encontrada no experimento);
- Aplicação + incorporação.



35

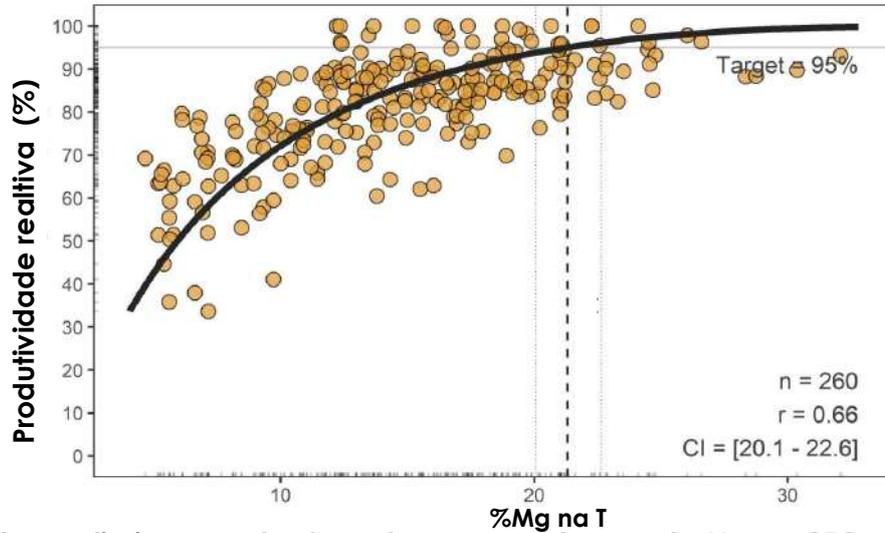
Produtividade relativa das culturas e participação do Ca na CTC



Dados preliminares: relação entre a percentagem de Ca na CTC potencial (0-40 cm) e produtividade relativa das culturas de milho, soja e feijão e trigo.

Fonte: Flavio Moraes (2022) – Dados não publicados.

36



Dados preliminares: relação entre a percentagem de Mg na CTC potencial (0-40 cm) e produtividade relativa das culturas de milho, soja e feijão e trigo.

37

Para se alcançar 95% da produtividade relativa:

Ca

0-20 cm: 54,7% da T

20-40 cm: 35,4% da T

Mg

0-20 cm: 25,9% da T

20-40 cm: 17,7% da T

Ca+Mg

0-20 cm: 80,6% da T

20-40 cm: 53,1% da T



38

Impactos do projeto

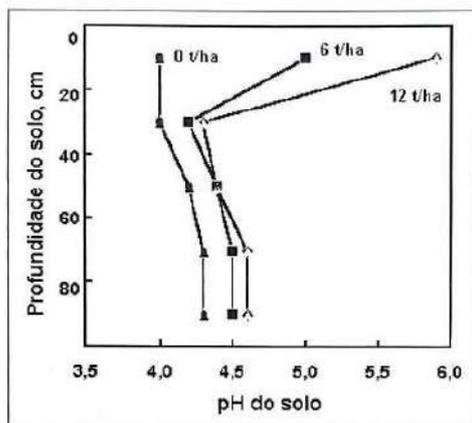
- ❑ Muitas palestras e cursos sobre calagem no Brasil (aumento em todas as regiões);
- ❑ Mudança na visão geral sobre a importância de calcário e "redução do MEDO" do calcário:

$$NC \text{ (t/ha)} = [(T * 0,6 - Ca) * 5600 / \%CaO] / (PRNT)$$

Onde: T = CTC a pH 7 e Ca = teor de Ca no solo em cmolc/dm³.

- ❑ Publicações científicas;
- ❑ Aumento na produtividade no campo.

39



O Efeito da calagem pode atingir com o tempo profundidades maiores:

- Os calcários reagem liberando a base forte (OH⁻) e base fraca (HCO₃⁻) que corrigem a acidez do solo ao redor das partículas. Por mecanismos de difusão e fluxo de massa, as bases liberadas espalham o efeito neutralizante para o restante da massa do solo.
- Outro mecanismo possível é o aumento da mineralização da MOS provocada pela correção da acidez, em que são produzidos ânions, como NO₃⁻ e SO₄²⁻.

"Quaggio et al. (1991) observaram que a dose de 12 t ha⁻¹ de calcário aumentou, em média, o pH do solo em quase uma unidade na profundidade de 80 a 100 cm um Cambissolo álico, após 24 meses da calagem." **Fonte: Quaggio & van Raij (2022) em Boletim 100!**

40

Doses de calcário calculadas e doses utilizadas na Fazenda 3W Agronegócio, Carrancas/Itutinga, MG – Safra 2018/19

Gleba	Área	pH	Ca	Mg	Al	T	V%	Dose	Calcário	Gesso	1ª Cultura	Prod.
	ha	H ₂ O	— cmol _c dm ⁻³ —					*	Dose (ton ha ⁻¹)**			sacas ha ⁻¹
Rincão	47	5,2	0,7	0,3	0,1	4,6	22	2,6	12	3	Feijão	52
Curral	70	4,7	0,7	0,2	0,5	6,8	17	4,2	15	0	Feijão	41
Picanha	40	4,8	0,1	0,0	0,9	7,4	3	5,8	18	3	Feijão	52
Favacho	102	5,0	0,5	0,2	0,3	4,8	17	3	13	3	Feijão	54
Pé de serra	48	5,0	1,1	0,4	0,3	5,1	33	2,2	9	3	Soja	81
Confinamento	110	5,5	1,6	0,7	0,1	5,7	44	1,7	9	3	Soja	83
Total	417											

*Dose de calcário calculada para a elevar V% a 70 na camada de 0 a 20 cm;

**Dose total de calcário calculada para a camada de 0 a 40 cm;

▪ Quantidade de calcário dividida em 2 a 3 vezes (acima de 10 t ha⁻¹);

▪ Resumo das operações: 2 a 3 incorporações com grade de 36 polegadas e subsolador em alguns casos e niveladora.

41

Detalhe– Gleba Favacho – Fazenda 3W Agronegócio

Perfil do solo: Abril de 2020, após 21 meses após a incorporação:

Prof. (cm)	%	pH	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³				%	mg dm ⁻³					
			MO	H(CaCl ₂)	P res	P meh	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	SB		CTC	V	B	Cu	Fe	Mn
0-10	4,0	6,4	5,8	31,7	3,6	0,3	3,7	1,7	0,0	2,0	11,4	5,7	5,7	74,1	0,2	1,1	29,4	6,5	0,9	
10-20	3,7	6,2	5,6	29,0	5,5	0,2	3,3	1,4	0,0	2,3	18,1	5,0	5,0	68,3	0,2	1,0	36,6	8,7	0,7	
20-40		6,2	5,6	14,7	0,3	0,2	1,9	0,9	0,1	2,6	55,4	3,0	4,4	52,8	0,2	1,2	32,1	5,8	0,7	
40-60		6,0	5,4	7,4	0,7	0,1	1,1	0,5	0,1	2,0	46,4	1,7	1,8	46,5						
60-80		6,3	5,7	8,1	1,0	0,1	0,8	0,3	0,1	1,7	7,8	1,2	1,3	41,4						
80-100		6,5	5,9	0,9	1,1	0,1	0,7	0,3	0,0	1,6	3,1	1,1	1,1	40,5						

	2018	Safra 2018/19		Safra 2019/20		Safra 2020/21	
	Set	Jan/19	Abr/19	Out/19	Abr/20	Out/20	Fev/21
Cultura	Milheto	Feijão	Trigo	Soja	Trigo	Milho	Feijão
Prod. (sacas/ha)	palha	54	45	78	75	193	36

Fonte: Faz 3W Agronegócios, dados organizados por Otávio Lopes Vieira Campos.

42

Considerações finais e agradecimentos:

Premissas para altas produtividades: Construção da Fertilidade, associada às práticas de sucessão e rotação de culturas.



Fotos: Arquivo pessoal



Fotos: Arquivo pessoal

43



44

Obrigado!

Silvino Moreira

**DADOS NÃO PODEM SER
REPRODUZIDOS SEM A PERMISSÃO
DOS AUTORES!**

