



## RELATÓRIO TÉCNICO

### USO DO REMINERALIZADOR DE SOLO REMAX (ROCHA MICAXISTO CARBONÁTICO) EM AMBIENTE DE SISTEMA PRODUTIVO IRRIGADO

#### Responsáveis técnicos:

**Dr. Neri Marcante**

Agrônomo, Diretor da Mineragro

**Dr. Vinicius Vasconcelos**

Geógrafo, Diretor da Mineragro

**Eng. Agron. Mathaus Mandro**

Agrônomo da Mineragro

**Brasília**

**Fevereiro de 2020**

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	3
2. Objetivo .....	5
3. Caracterização do material .....	5
4. Metodologia.....	8
4.1. Localização e caracterização do local .....	8
4.2. Delineamento estatístico e implantação experimental.....	10
4.3. Cultura e adubação.....	12
4.4. Avaliações.....	12
4.4.1. Análise de solo .....	12
4.4.2. Análise de susceptibilidade magnética.....	13
4.4.3. Determinação da produtividade.....	14
4.4.4. Análise de teores de nutrientes em grãos .....	14
4.4.5. Altura de plantas.....	14
4.4.6. População de plantas.....	15
5. Resultados e discussões .....	17
5.1. Produtividade .....	17
5.2. Análise de solo.....	20
5.1. Análise de susceptibilidade magnética .....	23
5.2. Análise de teores de nutrientes nos grãos.....	25
5.3. Altura e população de plantas.....	26
6. Conclusões .....	28
Bibliografia.....	29
Anexo 1 .....	32

## **1. Introdução**

A atividade da agricultura é extremamente dependente de insumos, tais como defensivos e fertilizantes. Os fertilizantes, juntamente com o próprio solo, são os responsáveis por nutrir as plantas, ou seja, fornecer os nutrientes necessários para seu pleno crescimento e conseqüentemente suportar uma produção de interesse agrícola. Dentre os nutrientes aplicados na fertilização dos solos agrícolas, os mais demandados são os macronutrientes Nitrogênio, Fósforo e Potássio, mas não menos importante, também se aplica os macronutrientes secundários, Cálcio, Magnésio e Enxofre e micronutrientes.

O Brasil, apesar de ser potência no agronegócio, é extremamente dependente da importação de fertilizantes. Nossa agricultura é quarta maior consumidora de fertilizantes, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos. A produção nacional de fertilizantes tem caído nos últimos anos, abrindo espaço para a entrada de mais produtos importados. Essa dependência de fertilizantes estrangeiros influencia diretamente no custo da lavoura e reduz a margem de lucro dos produtores.

Desta forma, torna-se de grande importância a busca por fontes alternativas de nutrientes nacionais a fim de reduzir a dependência dos fertilizantes importados. Nesta perspectiva, várias instituições têm desenvolvido diversas pesquisas com foco na Rochagem, técnica de remineralização dos solos utilizando-se agrominerais (MARTINS et al., 2010), que permite o rejuvenescimento e o equilíbrio da fertilidade dos solos (LEONARDOS, 1976).

A região do Cerrado tem a ocorrência de potenciais remineralizadores, oriundos de basaltos, serpentinitos, dunitos, kamafugitos, biotita xisto e micaxisto por exemplo. Grande maioria destes materiais são obtidos através de rejeitos de extração de rochas e minérios para utilização em construções civis. Estudos mostram que rochas silicáticas como o basalto, são fontes naturais de cálcio, magnésio e silício. Assim como a biotita pode ser uma fonte natural de potássio

para a agricultura, com efeito à curto prazo e residual para próximos anos (MARTINS, 2016).

A classe agrominerais engloba matérias oriundas de minerais, pó de rocha obtido através de mineração de rochas com elevados teores de nutrientes e resíduos de metalurgia que podem trazer consigo benefícios para o solo na agricultura e pecuária, como sua correção, condicionamento e adubação do solo (PÁDUA, 2012). É importante destacar que a Mineradora MISTEL produz o agromineral REMAX avaliado nesse relatório, procedente da moagem da rocha micaxisto, não se enquadrando como rejeito de mineração.

Os nutrientes fornecidos pelos agrominerais silicáticos, como os macros Ca, K e Mg, micronutrientes e elementos benéficos, dentre os principais estão o Si, Cu, Mn, Mo, Zn e Ni possuem baixa solubilidade em água. Entretanto estudos comprovam que a ação das raízes das plantas mais os microrganismos são os principais responsáveis pela mineralização das rochas e conseqüentemente disponibilização desses nutrientes para a absorção das plantas. Esse mecanismo é chamado de biointemperismo, que ocorre na rizosfera das raízes. Estima-se que este processo aumente de  $10^3$  a  $10^4$  vezes o intemperismo dos minerais comparado à água levemente acidificada. Estes agrominerais são potenciais fornecedores de cálcio, magnésio e potássio às plantas e sua eficiência de uso, dada sua maneira de absorção, depende diretamente da rizosfera da planta e microbiologia do solo (MARTINS, 2016).

O uso dos agrominerais de fontes de rochas silicáticas, tem outros aspectos relevantes para sua aplicação. Além da disponibilização de nutrientes, também pode disponibilizar o elemento benéfico como silício. A aplicação de silício tem mostrado aumento na produtividade e resistência contra pragas, doenças e estresses abióticos. Em plantas acumuladoras, ele se deposita na parede das células da epiderme, aumentando assim a resistência á pragas, acamamento e inclusive diminuindo a transpiração (RODRIGUES et al., 2011). Além desses nutrientes, as rochas possuem em sua composição uma gama

variada de outros micronutrientes como cobre, manganês e zinco, de maneira a remineralizar o solo. Nutrientes quais, foram se esgotando com o decorrer de vários anos de cultivo (THEODORO, 2000).

Em suma, a utilização de técnicas como a rochagem, vem se intensificando no Brasil. E uma das principais dúvidas que surgem quanto ao uso dos agrominerais no sistema produtivo é a quantidade a ser aplicada ao solo. Avaliar o uso de remineralizadores de solo na produção de plantas cultivadas, em solos de cerrado e definir recomendação de uso é primordial para a sustentabilidade da agricultura.

## **2. Objetivo**

O presente trabalho avalia os efeitos potenciais da aplicação de um remineralizador de solos (REMAX), obtido através da moagem de uma rocha micaxisto carbonática, em complementação aos fertilizantes convencionais, visando incremento na produtividade da cultura do milho doce em sistema irrigado em virtude das potenciais melhoras de atributos químicos e composição mineralógica do solo.

## **3. Caracterização do material**

A mineradora MISTEL, com Registro de Estabelecimento Produtor N° GO-09345-9 propõe a utilização de sua fonte de remineralizador de solos REMAX, micaxisto carbonático extraído em Luziânia no estado de Goiás, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuário e Abastecimento (MAPA) com N° 09345 10001-1. A Figura 1 mostra a localização da Mineradora MISTEL, situada no limite entre os municípios de Luziânia e Cristalina. As coordenadas da cava da mina são 16°31'18.45"S e 47°48'1.77"O, com altitude de 789 m. O material é proveniente de rocha do Grupo Canastra (Figura 1). No mapa geológico escala 1:250.000 (Brasil, 2002), a MISTEL está na Formação Serra do Landim, mas a

composição da rocha é mais condizente com a Formação Chapada dos Pilões, onde ocorrem calcixistos (micaxistos carbonáticos).

Apesar da maioria das rochas do Grupo Canastra não apresentarem biotita em sua composição, já foram encontrados xistos com biotita (Silva et al., 2012).

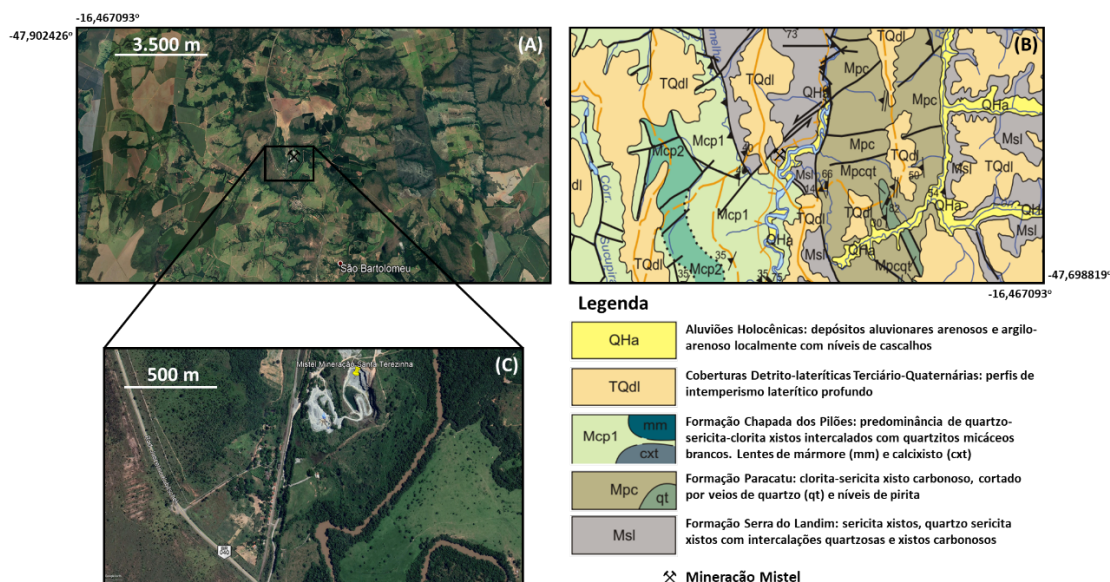


Figura 1. (A e C) Localização da Mineração MISTEL. (B) Mapa geológico da área apresentada em A (Brasil, 2002).

A produção do remineralizador se dá através de britagem, moagem e peneiramento da rocha, que contém 2,68% de  $K_2O$ , 13,1% de  $CaO$  e 7,25% de  $MgO$  como descrito na Tabela 1. A composição mineralógica é apresentada na Tabela 2.

Tabela 1. Composição geoquímica do remineralizador de solos REMAX (fonte: <https://www.remax-agricola.com/>)

Óxidos(%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
REMAX	42,8	9,32	4,84	13,1	7,25	2,68
	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	PF*	Total
	0,81	0,1	0,12	0,52	17,73	<b>99,27</b>

\* Perda ao fogo

Tabela 2. Composição mineralógica do remineralizador REMAX.

Minerais (%)	Dolomita	Calcita	Biotita	Muscovita	Albita	Ilmenita	Quartzo	Total
REMAX	35,4	7,4	15,6	14,6	7,1	0,5	19,8	<b>~100</b>

\*Mineralogia calculada com programa Modan (Paktunc, 2001)

A composição mineralógica do remineralizador de solo REMAX mostra que os minerais reativos perfazem 80,1%, sendo: 42,8% de carbonatos (dolomita e calcita), 30,2% de micas (biotita e muscovita), 7,1% de plagioclásio (albita). Os carbonatos são reconhecidamente reativos, promovem correção de acidez e fornecem cálcio e magnésio. As micas são fontes de potássio, mas a biotita apresenta maior potencial para liberar esse nutriente no curto e no médio prazo, enquanto a muscovita tende a fornecer potássio no médio e no longo prazo. A albita é uma fonte de silício e de sódio no longo prazo. Os minerais considerados inertes na escala de tempo agrônômica são o quartzo e a ilmenita, perfazendo em torno de 20% do material.

A granulometria do material é descrita como pó, assim como rege a obrigatoriedade da Instrução Normativa Nº 5/2016 do MAPA para a classe de remineralizador de solo. Sendo 99,8%, 95,4% e 78,80 passantes respectivamente as peneiras 10, 20 e 50 da norma ABNT.

## **4. Metodologia**

### **4.1. Localização e caracterização do local**

O experimento foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2019, em área da Fazenda Riacho Frio, na região do PAD-DF, Brasília, Distrito Federal. A parte central do pivô tem por suas coordenadas: 16° 2'43.06"S e 47°36'9.43"O, assim como mostra a Figura 2.

O clima da região é classificado como Aw segundo Köppen, ou tropical de savana com estações bem definidas, sendo invernos secos e verões chuvosos. Temperaturas médias mensais sempre superiores a 18 °C e precipitação média de 1.540 milímetros anuais, concentrados entre os meses de outubro e abril. Durante a estação da seca (maio a setembro), os níveis de umidade relativa do ar caem bastante, ficando muitas vezes abaixo de 30%.





Figura 2. Marcador apontando o centro do pivô que compõe o experimento na fazenda Riacho Frio.

A litologia é formada por rochas metassedimentares pertencente ao Grupo Bambuí inserida dentro do contexto da Faixa Brasília de Dobramentos caracterizada pelo conjunto de terrenos e escamas de empurrão de escala crustal com direção para leste contra o Craton do São Francisco (MARINI et al., 1981; FUCK, 1994; DARDENNE, 2000).

A geomorfologia da região se caracteriza por planaltos parcialmente dissecados com vertentes assimétricas. Esses planaltos se caracterizam por apresentarem continuidade no terreno com superfícies tabulares e baixa densidade de drenagem com padrão dentrítico e subdentríticos, vales muito amplos e gradiente variando entre 3° e 5° (DANTAS, 2002). Dentro desse

contexto, o perfil de intemperismo é profundo caracterizado pela presença de Latossolos. Entretanto, a diversidade pedológica é variada decorrente do controle estrutural marcados pela presença de veios de quartzo e couraça laterítica nos perfis de intemperismos. Estudos na região caracterizam topossequência que variam de Latossolos Vermelhos, Vermelho-Amarelo, Amarelo, Cambissolos Hábricos e Gleissolos (MACEDO & BRYANT, 1987; REATTO et al., 2000; REATTO et al., 2008)

#### **4.2 Delineamento Estatístico e Implantação Experimental**

Realizou-se o trabalho com doses do remineralizador de solo REMAX comparado à testemunha (sem remineralizador). Foram utilizadas 4 doses do REMAX (0; 2,5; 5,0 e 7,5 toneladas por ha), sendo cada uma disposta em um quadrante do pivô como demonstra a Figura 2, com três repetições. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. A área total do experimento foi de aproximadamente 50 ha e possui altitude média de 995 metros com declividade de 4,25%.

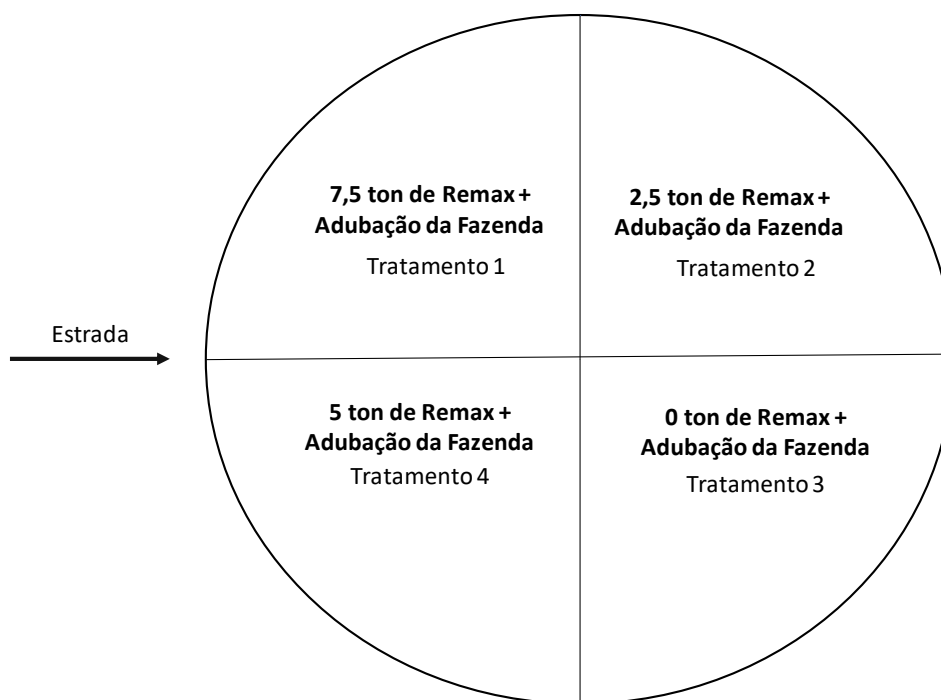


Figura 2: Croqui do experimento com as respectivas doses.

As doses do REMAX foram aplicadas em área total com o auxílio do implemento Hércules 10.000, em uma única aplicação antes da semeadura do milho doce, para as próximas culturas será avaliado o efeito residual das doses.

A área do pivô central é cultivada há mais de vinte anos e contém no geral uma fertilidade de solo construída como indica a análise de solo de caracterização inicial apresentada na Tabela 3, os teores de N P K estão adequados para a cultura do milho destinado a grãos considerando Alvarez, et al, 1999. É importante destacar que o pivô está em uma rampa suave com variação de solos típica de hidrossequência (MACEDO & BRYANT, 1987) com Latossolos Vermelhos no topo e Plintossolos Háplicos e/ou Gleissolos na base, próximos ao rio Samambaia. Destaca-se a superfície com cascalho laterítico do terreno principalmente no tratamento com dosagem 7,5 ton/ha de REMAX. Esse cascalho pode estar associado a Cambissolo Háplicos e Plintossolos Pétricos. Também foram observados pequenos bolsões de áreas brejosas no tratamento

com 2,5 ton/ha de REMAX, favorecendo a redução do ferro e formação de Plintossolos Háplicos.

#### **4.2. Cultura e adubação**

A cultura utilizada para pesquisa foi o milho doce, *Zea mays* L grupo saccharata. Este milho tem como principal característica conter maiores teores de açúcares do que o milho normal. Na fase de grãos leitosos, a qual é colhido, os grãos são tenros e tem maior teor de sacarose, dextrinas e vitaminas em relação ao milho verde.

O milho doce provém de uma mutação do milho normal, no qual vários genes mutantes resultaram na alteração da quantidade de carboidratos no endosperma dos grãos, conseqüentemente mais doces.

O manejo é equivalente ao do milho normal, e neste trabalho a cultivar utilizada foi a GSS 41490, que foi semeada entre os dias 14 e 17/08/2019, com espaçamento de 0,7 cm entre linhas e ciclo de 100 dias. O manejo de correção e adubação de solo foi o mesmo para os quatro quadrantes e padrão da fazenda, foram aplicados 420 kg do formulado 08-28-16. O manejo de pragas e daninhas foi do padrão da fazenda, de modo equivalente para todos os quadrantes e intervendo quando necessário.

#### **4.3. Avaliações**

##### **4.3.1. Análise de solo**

Antes da aplicação dos tratamentos, adubação e correção do solo, foram feitas amostragens para análise da fertilidade de solo de caracterização inicial. O protocolo adotado foi de 3 amostras compostas para cada tratamento nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Para tal, foram coletadas 5 sub amostras por repetição dentro de cada tratamento. Foi analisado M.O, pH em água, Ca, Mg, K, P, Cu, Fe, Zn, Mn e B.

Após a colheita do milho doce, foi realizada uma nova amostragem de solo para determinação da fertilidade de solo. As coletas foram realizadas conforme o protocolo da coleta de caracterização inicial, 3 amostras compostas por tratamento nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, totalizando 6 amostras por tratamento. Para tal, foram coletadas 5 sub amostra por repetição dentro de cada tratamento.

#### **4.3.2. Análise de susceptibilidade magnética**

Os valores de suscetibilidade magnética (SM) estão relacionados à expressão magnética de minerais presentes no solo de acordo com o processo de formação (TORRENT et al. 2010; CAMARGO et al. 2014; SIQUEIRA et al. 2015). É uma medida indireta da mineralogia do solo, pois indica a presença de minerais ferromagnéticos no solo (DEARING et al. 1996). Foi utilizado como preditor de solos hidromórficos (Grimley et al. 2004), estabilidade de agregados (ALEKSEEV et al. 2009), teor de matéria orgânica (WANG et al. 2013), unidades de mapeamento de solos (TEIXEIRA et al. 2018) e erodibilidade (Barbosa et al. 2019).

Além disso, mais recentemente os avanços nas pesquisas apontam que as propriedades magnéticas do solo também podem estar relacionadas à grupos de bactérias magnetotáticas e bactérias produtoras de sideróforos (CHIELLENI et al. 2019) e induzidas por mineralização biológica (LOWENSTAM, 1981) nos horizontes mais superficiais do solo. Basicamente, a susceptibilidade magnética tem o potencial para a determinação indireta dos atributos do solo (SIQUEIRA et al., 2010) e pode, assim, ser útil na compreensão da aplicação de agrominerais silicáticos no solo.

Para a realização da análise foram utilizadas as mesmas amostras da análise de fertilidade de solo, na caracterização inicial e após a colheita de cada cultura. O protocolo adotado será o mesmo de 3 amostras compostas para o pivô, essa coleta será realizada antes de aplicar os tratamentos e servirá para

caracterização inicial do solo (tempo zero). Dessa forma serão analisadas 3 amostras nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, totalizando 24 amostras na área total.

#### **4.3.3. Determinação da produtividade**

A colheita do milho doce foi realizada manualmente devido as características da própria colheita da cultura. Foram utilizadas como unidades amostrais, 2 linhas paralelas com 10 metros de comprimento, totalizando uma área de 14 m<sup>2</sup>. Foram colhidas todas as espigas formadas da unidade experimental, sem despalha, conforme a indústria colhe e avalia o milho doce. As espigas colhidas de cada linha foram colocadas em saco de rafia e cada linha foi pesada separadamente, para realizar a média entre elas e corrigida a produtividade para toneladas de espiga por hectare.

#### **4.3.4. Análise de teores de nutrientes em grãos**

Foram realizadas coletas de grãos para análise química e determinação da exportação de nutrientes. Após a pesagem de espigas do milho doce para determinação da produtividade, foram selecionadas duas espigas, uma espiga por linha, por unidade amostral escolhendo-se as espigas que melhor representavam as características de tamanho e sanidade de cada linha. Das duas espigas, os grãos foram coletados, armazenados em sacos de papel e secos até peso constante para posterior envio para o laboratório para análise química.

#### **4.3.5. Altura de plantas**

A avaliação de altura de plantas de milho doce foi realizada com o auxílio de uma fita métrica. Em cada linha de cada unidade amostral foram mensuradas três plantas, da base até a última folha, desconsiderando o pendão.

#### **4.3.6. População de plantas**

Nas mesmas linhas que foram utilizadas para determinação da produtividade, as plantas foram contadas para determinação da população de plantas de cada tratamento.



Tabela 3: Análise de Solo para a caracterização inicial de cada tratamento nas profundidades 0-20 e 20-40 centímetros.

<b>Trat.</b>	<b>Prof.</b>	<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>
	cm	CaCl <sub>2</sub>	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>
T0	0-20	6,13	5,41	25,49	0,44	5,16	1,38	<0,1	2,45
	20-40	5,93	5,08	7,46	0,35	2,97	0,91	<0,1	2,48
T2,5	0-20	6,23	5,29	47,35	0,53	5,4	1,49	<0,1	2,89
	20-40	6,13	4,83	13,33	0,35	3,22	1	<0,1	2,81
T5	0-20	6,13	4,78	60,74	0,61	5,11	1,39	<0,1	3,22
	20-40	5,97	4,36	19,16	0,41	2,69	0,77	<0,1	3,08
T7,5	0-20	6	4,65	61,97	0,66	4,8	1,16	<0,1	2,5
	20-40	5,83	4,4	19,59	0,49	2,82	0,73	<0,1	3
<b>Trat.</b>	<b>Prof.</b>	<b>CTC</b>	<b>%V</b>	<b>%m</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
	cm	cmolc/dm <sup>3</sup>	%	%	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>
T0	0-20	9,47	74	0	0,82	7,26	37,24	27,11	1,79
	20-40	6,70	62	0	0,83	2,76	47,86	13,81	1,57
T2,5	0-20	10,30	72	0	0,82	12,39	33,2	32,51	3,57
	20-40	7,37	62	0	0,7	3,57	44,64	14,89	2,29
T5	0-20	10,33	68	0	0,86	13,95	32,64	32,8	4,69
	20-40	6,97	55	0	0,81	4,78	44,55	14,51	2,92
T7,5	0-20	9,10	74	0	0,93	13,22	29,32	31,03	4,37
	20-40	7,07	57	0	0,77	5,34	40,63	13,37	2,62



## 5. Resultados e discussões

### 5.1. Produtividade

Os dados de produtividade de milho doce foram submetidos a análise estatística com o sistema do Agroestat. A Tabela 5 traz as informações gerais da estatística do experimento. A média de produtividade de todos os tratamentos deu 20,6 toneladas por hectare, o desvio padrão foi de 0,0021, o erro padrão da média 0,0006 e o coeficiente de variação (CV) de 25,50%. O coeficiente de variação é a variabilidade dos dados em relação a média, quanto menor a porcentagem, mais homogêneo é o conjunto de dados. Para experimentos de campo o ideal é que o CV seja próximo ou menor que 25%.

Tabela 5. Informações estatísticas gerais da variável produtividade

Média	20,6
Desvio Padrão Residual	0,0021
Erro padrão da média	0,0006
Coeficiente de variação (%)	25,50

Os dados de produtividade foram submetidos a análise de variância (Tabela 6). O valor P, quando menor que 0,05, demonstra que houve diferença entre os tratamentos, com probabilidade de acerto de 95%. No caso da variável produtividade o valor P foi de 0,0134. Verifica-se que houve diferenças significativas quanto a doses do remineralizador de solo para a produtividade do milho doce.

Tabela 6. Análise de variância para efeitos principais e interações

Causas de variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento	3	0,0001	0,0000	6,8423	0,0134*
Resíduo	8	0,0000	0,0000		
Total	11	0,0001	0,0000		

\* significativo a 5% de probabilidade

Os resultados estatísticos de comparação das médias de cada tratamento (Tukey a 5% de probabilidade), estão apresentados na Tabela 7. Os tratamentos 7,5 e 5 toneladas por hectare foram significativamente maiores do que o tratamento 0 tonelada (adubação convencional). Houve um aumento linear da produtividade do milho doce em função das doses do REMAX, demonstrando claramente que a adição complementar do remineralizador de solo de micaxisto contribui para uma melhor produção das plantas.

Tabela 7. Médias obtidas em toneladas por hectare em função dos tratamentos de REMAX submetidos ao teste de Tukey.

Tratamento (t ha <sup>-1</sup> )	Média (t ha <sup>-1</sup> )
7,5	22,773 a
5	21,573 a
2,5	20,440 ab
0	17,610 b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade no teste de Tukey.

A Figura 4 abaixo demonstra no eixo vertical, as produtividades obtidas em toneladas por hectare, em função do eixo horizontal das doses de REMAX utilizadas em toneladas por hectare no experimento. A análise de regressão mostrou que os resultados de produção em função das doses do REMAX aplicadas (0, 2,5, 5,0 e 7,5 ton ha<sup>-1</sup>), ajustaram melhor de forma linear, com elevada correlação (R<sup>2</sup>). A equação de regressão linear  $y = 0,6647x + 18,106$ , com R<sup>2</sup> = 0,9438. A linha de regressão indica elevação da produtividade em função do aumento das doses de REMAX.

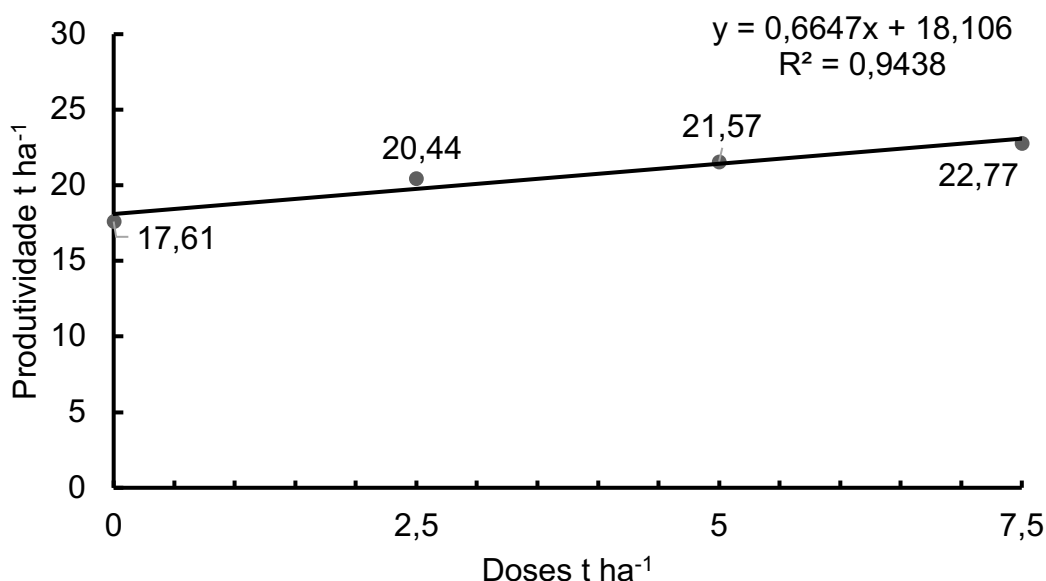


Figura 4. Gráfico de produtividade expressa em toneladas por hectare em função das doses aplicadas de remineralizador expressa em toneladas por hectare.

Os dados de produtividade do milho doce (Tabela 7 e Fig. 4) demonstram que houve um acréscimo de 22,5 e 30% na produtividade em função da aplicação da dose de 5 e 7,5 toneladas, respectivamente. Estes resultados mostram um comportamento diferente quando comparados aos resultados de Silva et al (2012) com diferentes dosagens de pó de basalto em dois anos sucessivos de feijão e Gotz et al. (2016), que usando remineralizadores de basalto não observou diferença entre os tratamentos com rochas e a adubação convencional, o que pode ser explicado pelo fato das rochas basálticas serem fontes em Si, Ca e Mg, enquanto que o REMAX apresenta também outros nutrientes, como potássio, sendo este nutriente de grande importância na fertilização e remineralização do solo (LEONARDOS et al., 1987).

O aumento da produtividade das culturas em função da adição de rochas silicáticas pode ser através da melhoria dos atributos químicos do solo e das

plantas, além da melhoria nos índices microbianos de qualidade do solo através do intemperismo das rochas que pode alterar positivamente a mineralogia do solo. Taramuto (2019), observou aumento no rendimento da cultura da cana-de-açúcar em função da aplicação de um remineralizador de rocha basáltica. Além da produtividade, também houve melhorias nos atributos químicos do solo e índice microbiano de qualidade do solo.

## **5.2. Análise de solo**

Após a colheita do milho doce foi realizada uma coleta de solo com o objetivo de avaliar as alterações nos atributos químicos do solo após aplicação do REMAX e cultivo do milho doce. Os resultados da análise de solo estão apresentados na Tabela 4.

Apesar da aplicação de fertilizantes NPK e remineralizador REMAX, houve uma diminuição geral nos teores dos nutrientes no solo comparando com a análise de solo de caracterização inicial (Tabela 3 e 4, e no Anexo 1). A liberação gradual de nutrientes dos remineralizadores é conhecida e notada anteriormente por Melamed et al (2007), o que corrobora com os dados obtidos para os teores de potássio, uma vez que a aplicação do remineralizador aumentou o teor de potássio no solo após o ciclo da cultura em comparação com o tratamento 0 ton (Tabela 4 e Anexo 1). Para a profundidade 0-20 cm, o tratamento sem aplicação de REMAX, apresentou um teor de K ( $0,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) inferior aos tratamentos sob aplicação do remineralizador (Tabela 4 e Anexo 1). Para a profundidade 20-40 cm, o tratamento controle ( $0,09 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) apresentou valor inferior aos tratamentos T2,5 ( $0,22 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) e T7,5 ( $0,16 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), já o tratamento T5 ( $0,13 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) não se diferenciou de nenhum tratamento (Tabela 4 e Anexo 1).

Observa-se que os maiores valores de matéria orgânica (MO), Ca, Mg, B, Zn, Fe, Mn e Cu ocorreram nos tratamentos que receberam doses do REMAX (Tabela 4), o que indica o início do processo intemperismo da rocha micaxisto e

liberação de macro e micronutrientes para o solo após o período de cultivo do milho doce. Possivelmente, pela hidrólise das bases presentes na rocha a partir dos minerais silicáticos e ação dos microrganismos presentes no solo.

Os teores de Ca e Mg no solo aumentaram linearmente com as doses aplicadas de REMAX (Tabela 4). O tratamento de 7,5 toneladas de REMAX, proporcionou incremento de 4,57 e 0,97 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> nos teores de Ca e Mg, respectivamente na profundidade 0-20 cm.

Os aumentos nos teores de K, Ca e Mg apesar de serem relativamente baixos (Tabela 4 e Anexo 1), indicam que esses nutrientes devem estar presentes em minerais de baixa solubilidade e de lenta alteração da rocha micaxisto. Entretanto, esses incrementos são de grande importância para solos que apresentam baixos teores desses nutrientes. A lenta liberação desses nutrientes também foi observada por Alovisei et al. (2017). Espera-se que ocorra um efeito residual prolongado da adição do REMAX possibilitando um efeito benéfico na produtividade das culturas subsequentes. De acordo com Von Wilbert & Lukes (2003) essa lenta liberação de nutrientes não impede um impacto significativo sobre a nutrição das culturas em longo prazo.

Os valores de CTC aumentaram de forma linear com o acréscimo das doses REMAX em ambas as profundidades (Tabela 4 e Anexo 1). Esse efeito está de acordo com os aumentos observados para os teores de Ca, Mg e K.

Tabela 4. Análise de solo foi feita a partir de coleta de solo realizada após a colheita do milho doce.

<b>Trat.</b>	<b>Prof.</b>	<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>
	cm	CaCl <sub>2</sub>	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>
T0	0-20	5,33	3,97	109,03	0,14 b	3,94	0,92	<0,1	3,36
	20-40	5,43	2,99	10,02	0,09 b	2,45	0,76	<0,1	2,34
T2,5	0-20	5,47	4,38	62,84	0,26 a	4,39	0,94	<0,1	3,44
	20-40	5,43	3,33	8,23	0,22 a	2,81	0,76	<0,1	2,47
T5	0-20	5,36	4,63	49,19	0,21 a	4,64	0,96	<0,1	3,60
	20-40	5,26	3,23	8,68	0,13 ab	2,88	0,78	<0,1	2,69
T7,5	0-20	5,21	4,77	51,61	0,24 a	4,57	0,97	<0,1	3,96
	20-40	5,17	3,46	8,17	0,16 a	2,70	0,76	<0,1	2,67
<b>Trat.</b>	<b>Prof.</b>	<b>CTC</b>	<b>%V</b>	<b>%m</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
	cm	cmolc/dm <sup>3</sup>	%	%	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>
T0	0-20	8,37	59,67	0,0	0,42	9,99	17,66	19,42	3,07
	20-40	5,67	58,67	0,0	0,37	3,30	27,87	8,65	1,21
T2,5	0-20	8,97	61,00	0,0	0,42	10,79	20,49	21,81	3,13
	20-40	6,20	60,00	0,0	0,38	4,55	38,86	9,89	1,51
T5	0-20	9,37	61,33	0,0	0,52	10,05	24,82	22,85	3,14
	20-40	6,53	59,00	0,0	0,41	4,46	37,22	9,94	1,40
T7,5	0-20	9,73	59,00	0,0	0,55	9,74	31,05	22,34	3,19
	20-40	6,33	58,00	0,0	0,47	3,64	39,05	7,94	1,48

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade no teste de Tukey.

### **5.3. Análise de susceptibilidade magnética**

A susceptibilidade magnética (SM) é um atributo de fácil medição e que pode ser utilizado para caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo (Siqueira et al., 2010). A SM pode auxiliar tanto no planejamento agrícola como no manejo nutricional a partir da identificação de áreas com diferentes potenciais produtivos (CORTEZ et al., 2011). A SM foi quantificada nas mesmas amostras de solo coletadas para a análise química no tempo zero e após a colheita do milho doce, nas mesmas profundidades.

Os resultados de SM estão apresentados na Figura 3. Observa-se que a análise de caracterização inicial apresenta variabilidade antes da aplicação das doses de REMAX e com valores maiores do que os observados na análise após a colheita do milho doce independente da profundidade (Figura 3). Entretanto, a SM do tratamento zero tonelada se manteve igual a análise inicial, isso sugere a que houve efeito significativo das doses de REMAX na diminuição da SM do solo.

Valores acima de  $14 \cdot 10^{-6} \cdot m^3 \cdot kg^{-1}$  podem indicar a presença de magnetita e valores entre 10 e  $12 \cdot 10^{-6} \cdot m^3 \cdot kg^{-1}$  são indicativos de formação da maghemtita. A presença do REMAX pode ter auxiliado no intemperismo desses minerais, formando novas fases minerais e organominerais. Tanto a maghemtita quanto a magnetita são compostos de ferros e podem interagir com outros minerais decorrente da elevada área superficial específica, trazendo benefícios, principalmente na estabilização da matéria orgânica (Singh et al 2017). Nesse sentido, caracterização inicial verificou uma correlação negativa entre os valores médios de MO e SM em função dos diferentes tratamentos com  $R^2$  de aproximadamente 30%. A diminuição do SM nesses tratamentos pode indicar uma maior resiliência da matéria orgânica no solo. No entanto, é ainda necessário observar as próximas avaliações para entender o comportamento mineralógico do solo, em relação a presença de diferentes aplicações de REMAX e se a matéria orgânica irá aumentar com a diminuição da SM.

É importante destacar que os solos da área estudada são bastante heterogêneos como descrito anteriormente. É possível identificar Latossolos, Cambissolos, Plintossolos Háplicos e possivelmente Plintossolos Pétricos decorrente da quantidade de cascalho laterítico encontrado na superfície. Nesse sentido, os valores mais elevados de SM podem ser decorrentes dessa heterogeneidade onde os minerais ferrimagnéticos podem estar associados pontualmente.

Não houve uma correlação entre a produtividade do milho com os dados de SM nos tratamentos do REMAX, possivelmente pela análise de SM ser recente, porém pode-se notar que a aplicação do REMAX homogeneizou os quadrantes do pivô onde está sendo desenvolvido o experimento de campo. Esse resultado é mais um indicativo que o REMAX foi capaz de promover uma dinâmica mineralógica onde o desempenho do produto não é limitado pelo por diferentes solos.

Entretanto, essa correlação ainda pode ser verificada nas próximas culturas já que a literatura sobre tema tem relacionado SM com ciclo do carbono no solo e potencial de produtividade de outras culturas agrícolas como cana-de-açúcar (MARQUES et al., 2014; SANCHEZ NETO, 2015), citros (SIQUEIRA et al., 2010; CORTEZ et al., 2011) e café (SANCHEZ et al., 2012; POLLO, 2013).



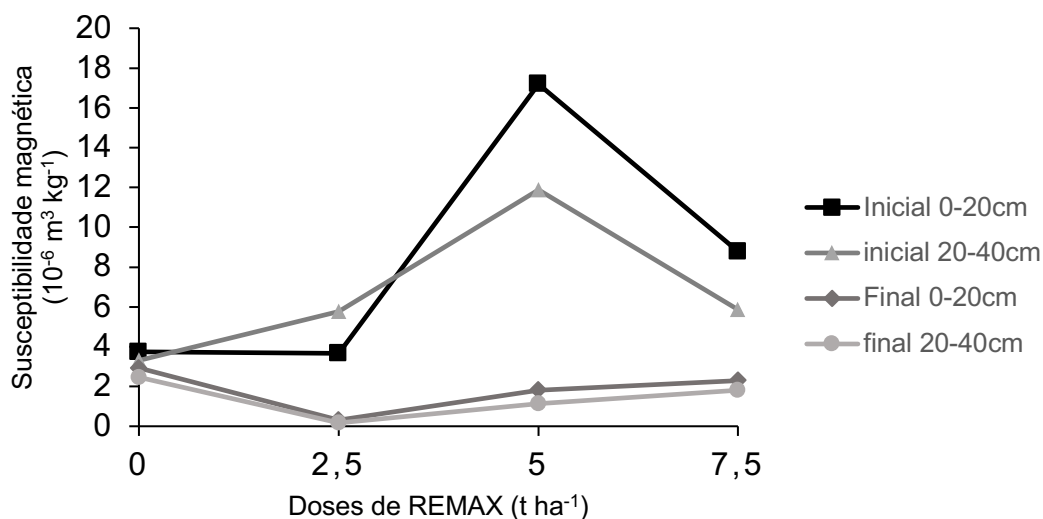


Figura 3: Valores de susceptibilidade magnética em dois momentos, inicial, antes da aplicação dos tratamentos e final, após a colheita da cultura do milho de acordo com as dosagens do remineralizador REMAX.

#### 5.4. Análise de teores de nutrientes nos grãos

Os teores dos nutrientes foram obtidos a partir da análise química de grãos do milho doce, apresentadas na Tabela 8. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as doses do REMAX para os teores de nutrientes analisados. Entretanto houve um pequeno aumento nos teores de Nitrogênio e Potássio de acordo com o aumento de dose do REMAX.

Tabela 8. Análise química de nutrientes dos grãos de milho doce.

Trat. (t ha <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	S (mg kg <sup>-1</sup> )
0	23,12	3,84	11,75	<0,2	1,30	2,13
2,5	24,44	3,62	12,83	<0,2	1,19	2,00
5,0	26,71	3,79	12,31	<0,2	1,22	2,04
7,5	26,52	3,79	13,15	<0,2	1,21	2,13
	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	
0	7,14	26,60	39,47	<1	<1	
2,5	5,50	21,57	27,53	<1	<1	
5,0	7,21	18,10	20,77	<1	<1	
7,5	8,60	19,60	14,17	<1	<1	

### 5.5. Altura e População de Plantas

O tratamento testemunha (T0) apresentou a menor média de altura de plantas, porém não diferindo estatisticamente dos tratamentos que receberam o REMAX (Figura 5). O tratamento de 5 toneladas foi o que apresentou maior média, 2,55 metros. O aumento da dosagem do REMAX influenciou positivamente na altura de planta do milho doce.

A população de plantas da cultura do milho doce não sofreu influência significativa com as doses aplicadas do remineralizador REMAX. Observa-se na Figura 6 que as doses 2,5 e 5,0 toneladas foram as que apresentaram os maiores valores médios de população, 18.571 e 18.095 respectivamente.

Segundo Resende et al. (2012), existe uma dificuldade de isolar os efeitos de fontes complexas como os remineralizadores obtidos a partir de rochas silicáticas, pois acabam sendo multinutrientes e nem sempre é possível observar diferenças entre os tratamentos para as características biométricas das plantas como altura e população. Desta forma, o desenvolvimento das plantas não pode ser atribuído somente ao efeito decorrente do fornecimento de um nutriente específico, mas também de outros nutrientes presentes no remineralizador.

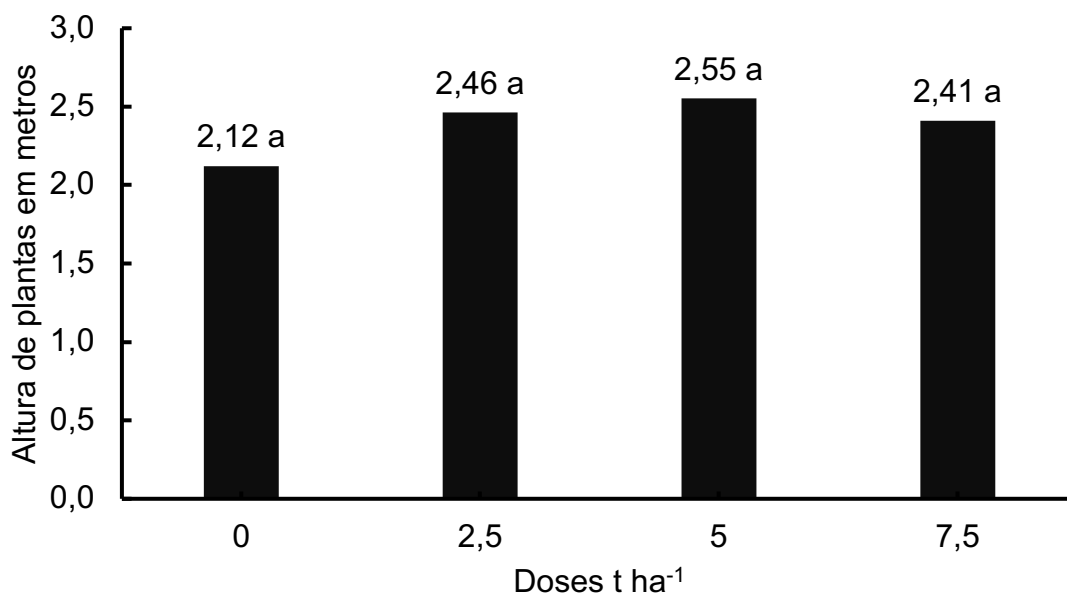


Figura 5. Altura de plantas expressa em metros dadas as respectivas doses de REMAX aplicadas em pré-semeadura. Valores seguidos de letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey a 5% de confiabilidade.

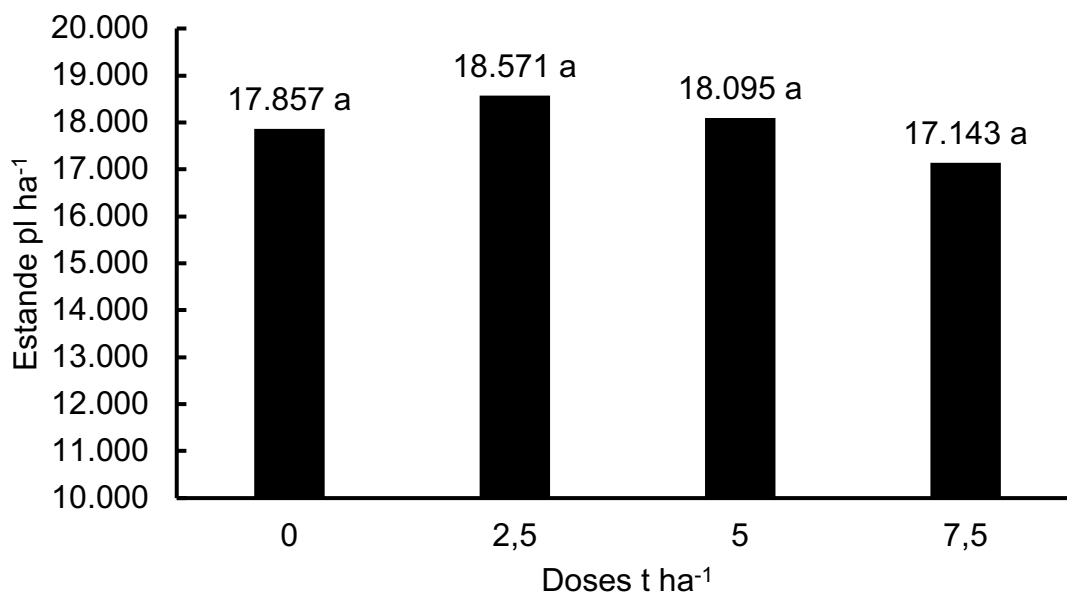
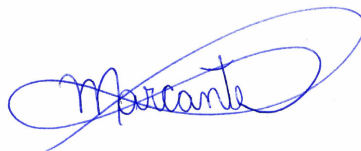


Figura 6. Estande de plantas expressa em plantas por hectare dadas as respectivas doses de REMAX aplicadas em pré-semeadura. Valores seguidos de letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey a 5% de confiabilidade.

## 6. Conclusões

- O remineralizador de solo REMAX pode ser considerado uma fonte alternativa no manejo da fertilização e correção de solo para o cultivo do milho doce;
- O remineralizador de solo REMAX pode ser considerado uma fonte alternativa de nutrientes para a cultura do milho doce, além de um condicionador de solos capaz de potencializar os efeitos das fontes convencionais de nutrientes;
- As doses do REMAX proporcionaram aumentos lineares na produtividade do milho. As doses 5,0 e 7,5 foram as que resultaram em maiores produtividades;
- A aplicação do remineralizador REMAX aumentou o teor de potássio no solo nas camadas 0-20 e 20-40 centímetros quando comparada a adubação convencional;
- As doses de REMAX aumentaram os teores disponíveis de Ca e Mg no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm;
- A aplicação do REMAX indica uma mudança na mineralogia com efeito na diminuição da susceptibilidade magnética;
- A diminuição da susceptibilidade magnética pode indicar um aumento da matéria orgânica decorrente da formação de novas fases minerais.



---

Neri Marcante

Diretor da Mineragro, CREA 25537/D-DF

## Bibliografia

ALEKSEEVA, T.V., SOKOLOWSKA, Z., HAJNOS, M., ALEKSEEV, A.O., KALININ, P.I., 2009. Water stability of aggregates in subtropical and tropical soils (Georgia and China) and its relationships with the mineralogy and chemical properties. **Eurasian Soil Science** 42:415–425.

BARBOSA, R.S., MARQUES JR, J., BARRÓN, V., MARTINS FILHO, M.V., SIQUEIRA, D.S., PELUCO, R.G., CAMARGO, L.A., SILVA, L.S., 2019. Prediction and mapping of erodibility factors (USLE and WEPP) by magnetic susceptibility in basalt-derived soils in northeastern São Paulo state, Brazil. **Environmental Earth Sciences** 78:12. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8015-0>.

BRASIL. Mapa geológico, escala 1:250.000 da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno. ZEE, Fase I, Consórcio ZEE RIDE, CPRM, 2002, Retrieved from: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/mapa-geologico-de-brasilia-e-entorno.pdf>.

CAMARGO, L.A., MARQUES JR., J., PEREIRA, G.T., BAHIA, A.S.R.S., 2014. Clay mineralogy and magnetic susceptibility of Oxisols in geomorphic surfaces. **Scientia Agricola** 71 (3), 244–256.

CHIELLINI, C., CARDELLI, V., FEUDIS, M., CORTI, G., COCCO, S., AGNELLI, A., MASSACCESI, L., ALESSI, G.D., MENGONI, A., MOCALI, S., 2019. Exploring the links between bacterial communities and magnetic susceptibility in bulk soil and rhizosphere of beech (*Fagus sylvatica* L.). **Applied Soil Ecology** 138, 69-79.

Cloreto de Potássio – Principais origens de importação no Brasil de 2018, **Global Fert**. Disponível em <<https://www.globalfert.com.br/boletins-de-inteligencia-mercado-de-fertilizantes/>>. Acessado em: 15/12/2019.

CORTEZ, L. A.; MARQUES JR., J.; PELUCO, R. G.; TEIXEIRA, D. B. T.; SIQUEIRA, D. S. Suscetibilidade magnética para identificação de áreas de manejo específico em citricultura. **Energia na Agricultura**, v. 26, p. 60-79, 2011.

DANTAS, M.E., 2002. Mapa Geomorfológico. In: **Zoneamento-Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno: Fase I**. Rio de Janeiro. CPRM. Serviço Geológico do Brasil; Embrapa; MI/SCO.

DARDENNE M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds). **Tectonic Evolution of South America**. 31st Int. Geol. Congr., Rio de Janeiro, 231-263.

DEARING, J.A., HAY, K.L., BABAN, S.M.J., HUDDLESTON, A.S., WELLINGTON, E.M.H., LOVELAND, P.J., 1996. Magnetic susceptibility of soil: an evaluation of conflicting theories using a national data set. **Geophysical Journal International** 127,728-734.

FUCK, R.A., 1994. **A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins**. In: SBG, Simp. Geol. Centro-Oeste, 4, Brasília, Anais, 184-187.

GOTZ, L. F., PIOVESAN, F., BASSO, F. J. M., FORTE, C. T., & CASTAMANN, A. **Pó de rocha como fonte alternativa para melhoria de atributos químicos do solo e do potencial produtivo da cultura do feijão em sistemas agroecológicos**. VI Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica. UFFS – Campus Chapecó. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/9d41/c04c2ecf5a4ae00dde87d62c64283f5709f0.pdf>>. Acessado dia 27, jan. 2020.

GRIMLEY, D.A., ARRUDA, N.K., BRAMSTEDT, M.W., 2004. Using magnetic susceptibility to facilitate more rapid, reproducible and precise delineation of hydric soils in the Midwestern, USA. **Catena** 58, 183–213.

HUMBERTO, C. H.; SIMÕES, L. S. A.; DAMÁZIO, W. L.; FERREIRA, S. N.; LUVIZOTTO, G. L. **O Grupo Canastra em sua área-tipo, região de Tapira, sudoeste do estado de Minas Gerais**. Geologia USP. Série Científica, 12(2).

LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KROMBERG, B. **Rochagem: método de aumento de fertilidades em solos lixiviados e arenosos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Belo Horizonte. Anais... SBG. p. 137-145.

LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. **The use of ground rocks in laterite systems – na improvement to the use of conventional soluble fertilizers**. Chemical Geology, v.60, p. 361-370, 1987.

LOWENSTAM, H.A., 1981. Minerals formed by organisms. **Science** 211, 1126.

MACEDO, J.; BRYANT, R.B., 1987. Morphology, mineralogy, and genesis of a hydrosequence of Oxisols in Brazil. **Soil Science Society of America Journal** 51 (3), 690-698.

MARINI, O.J., FUCK, R.A., DANNI, J.C., 1981. **A evolução geotectônica da Faixa Brasília e do seu embasamento**. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas faixas Marginais, Salvador. Anais... 100-113.

MARQUES JR., JOSÉ ; SIQUEIRA, D. S. ; CAMARGO, L. A. ; TEIXEIRA, D. B.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. . Magnetic susceptibility and diffuse reflectance spectroscopy to characterize the spatial variability of soil properties in a Brazilian Haplustalf. **Geoderma**, v. 219-220, p. 63-71, 2014.

MARTINS, E. S. **Remineralizadores como fontes de nutrientes**. FERTBIO 2016 “Rumo aos novos desafios”. Disponível em: <<https://sbcs.org.br/fertbio2016/anais/palestrante/Eder%20de%20Souza%20Martins.pdf>>. Acessado dia 28 de janeiro. 2020.

MARTINS, E. S.; RESENDE, A. V.; OLIVEIRA, C. G.; FURTINI NETO, A. E. (2010). **Materiais Silicáticos como Fontes Regionais de Nutrientes e Condicionadores de Solos**. In: F. R. C. Fernandes; A. B. da Luz; Z. C. Castilhos. (Org.). Agrominerais para o Brasil. 1ed. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, v. 1. p. 89-104.

MELAMED, R; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N. **Pó-de-Rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. Série Estudos e Documentos Sed – 72. 2007. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/series\\_sed/sed-72.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sed/sed-72.pdf)> Acesso em: 27 de jan 2020.

PÁDUA, J. de E. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas** / Eduane José de Pádua. – Lavras: UFLA, 2012. 91 p.: il.

PAKTUNC, D. 2001. MODAN - A computer program for estimating mineral quantities based on bulk composition: Windows version. **Computers & Geosciences** 27(7):883-886.

POLLO, G. Z. **Suscetibilidade magnética, atributos do solo e da planta na discriminação de áreas de manejo específico na cultura do café**. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

REATTO, A., BRUAND, A., MARTINS, E.S., MULLER, F., SILVA, E.M., DE CARVALHO JÚNIOR, O.A., BROSSARD, M., 2008. Variation of the kaolinite and gibbsite content at regional and local scale in Latosols of the Brazilian Central Plateau. **Comptes Rendus Geoscience** 340 (11), 741-748.

REATTO, A., CORREIA, J.R., SPERA, S.T., CHAGAS, C.S, MARTINS, E.S., ANDAHUR, J.P., GODOY, M.J.S., ASSAD, M.L.L., 2000. **Levantamento Semidetalhado dos Solos da Bacia do Rio Jardim – DF, escala 1:50.000**. Boletim de Pesquisa – Embrapa Cerrados, Planaltina, 63pp.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; MARTINS, E.S.; HURTADO, S.M.C.; OLIVEIRA, C.G. & SENA, M.C. (2012). **Protocolo de avaliação agronômica de rochas e derivados como fontes de nutrientes às plantas ou condicionadores de solo**. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo. 30p. (Série Documentos, 143).

RODRIGUES, F. de A.; OLIVEIRA, L. A. de; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. **Silício: Benéfico e importante para as plantas**. Informações Agronômicas, n 134, junho 2011, p. 14-20. Disponível em: <[http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/66D3EE234A3DA5CD83257A8F005E858A/\\$FILE/Page14-20-134.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/66D3EE234A3DA5CD83257A8F005E858A/$FILE/Page14-20-134.pdf)>. Acessado dia 28, jan. 2020.

SANCHEZ NETO, V. **Produção e qualidade da cana-de-açúcar em diferentes formas da paisagem**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) -



Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

SANCHEZ, M. G. B. ; MARQUES JR., J.; SIQUEIRA, D. S.; CAMARGO, L. A. ; PEREIRA, G. T. Delineation of specific management areas for coffee cultivation based on the soil relief relationship and numerical classification. **Precision Agriculture**, v.14, p. 201-2141-14, 2012.

SILVA, A. de; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C. V. T. do. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 7, núm. 4, outubro-dezembro, 2012, pp 548-554. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.ia?id=119024993002>>. Acessado dia 28, jan. 2020.

SINGH, M.; SARKAR B.; SARKAR, S.; CHURCHMAN, J.; BOLANG, N.; MANDAL, S.; MENON, M.; PURAKAYASTHA, T.J.; BEERLING, D.J. Stabilization of Soil Organic Carbon as Influenced by Clay Mineralogy. **Advanced in Agronomy**, p. 1-40, 2017.

SIQUEIRA, D.S., MARQUES JR., J., PEREIRA, G.T., TEIXEIRA, D.D.B., VASCONCELLOS, V., CARVALHO JR, O., MARTINS, E., 2015. Detailed mapping unit design based on soil-landscape relation and spatial variability of magnetic susceptibility and soil color. **Catena** 135, 149-162.

SIQUEIRA, D. S., MARQUES JR., J., PEREIRA, G. T. The use of landforms to predict the variability of soil and orange attributes. **Geoderma**, v. 155,p.55-66, 2010.

TEIXEIRA, D.B., MARQUES JR, J., SIQUEIRA, D., VASCONCELOS, V., CARVALHO, O.A., MARTINS, E.S., PEREIRA, G.T., 2018. Mapping units based on spatial uncertainty of magnetic susceptibility and clay content. **Catena** 164, 79-87.

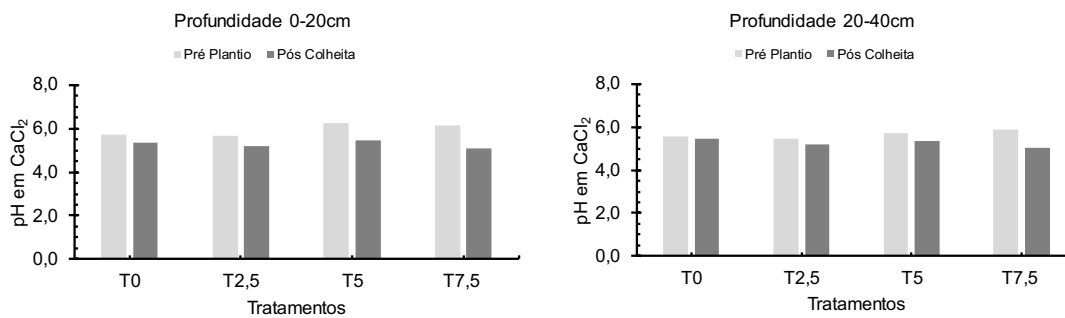
TORRENT, J., LIU, Q.S., BARRON, N.V., 2010. Magnetic minerals in Calcic Luvisols (Chromic) developed in a warm Mediterranean region of Spain: origin and paleoenvironmental significance. **Geoderma** 154, p. 465–472.

WANG, B., XIA, D.S., YU, Y., JIA, J., XU, S.J., 2013. Magnetic properties of river sediments and their relationship with heavy metals and organic matter in the urban area in lanzhou, china. **Environ earth sci** 70:605–614.

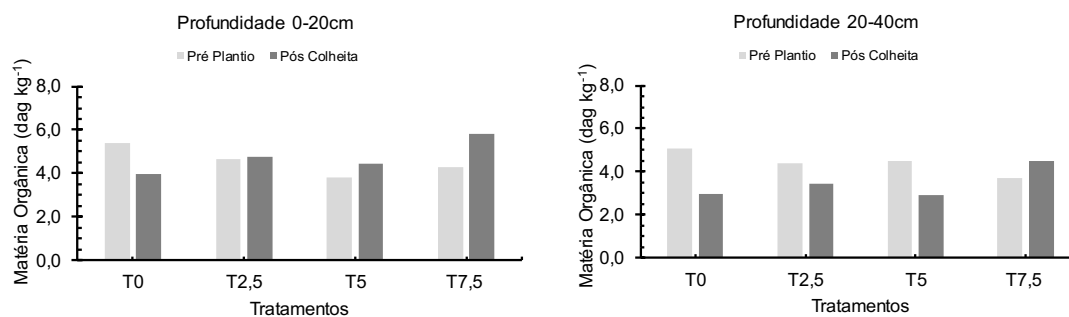
WILBERT, K; LUKES, M. **Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulphate in a spruce stand on an acidified glacial loam.** Nutrient Cycling Agroecosystems, v. 65, n. 2, p. 115–127. 2003.

## Anexo 1

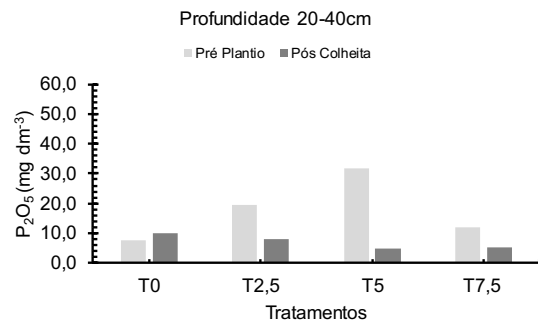
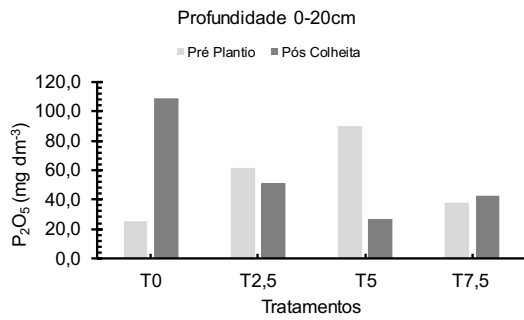
### pH em CaCl<sub>2</sub>



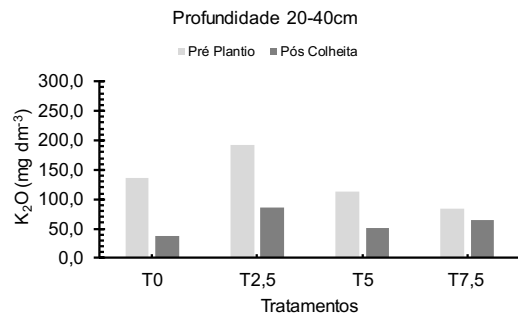
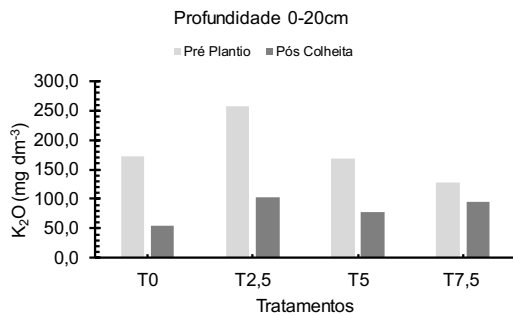
### Matéria Orgânica



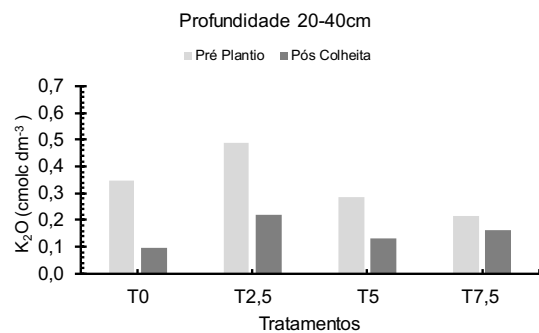
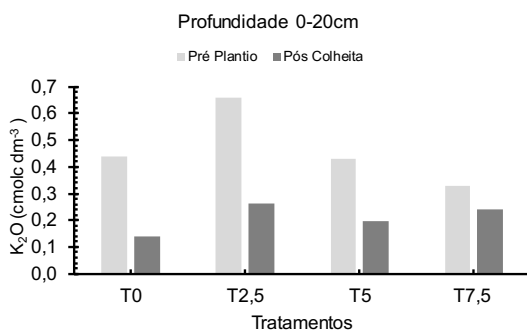
### P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



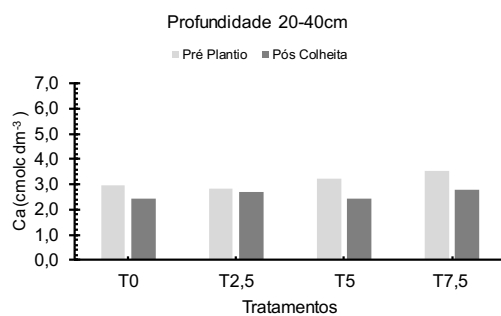
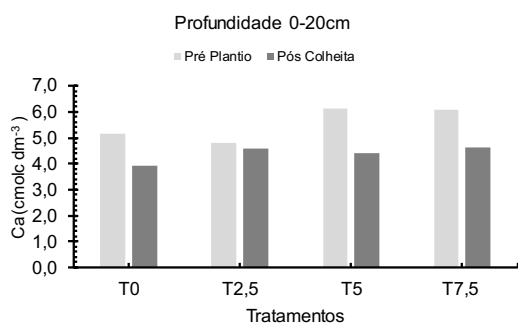
### K<sub>2</sub>O (mg dm<sup>-3</sup>)



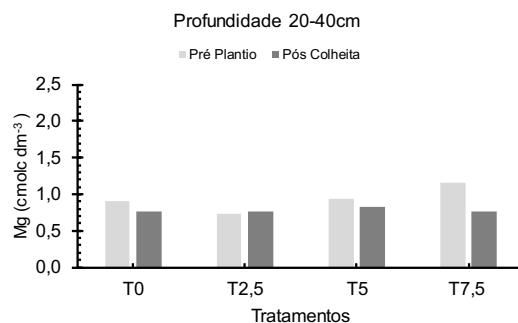
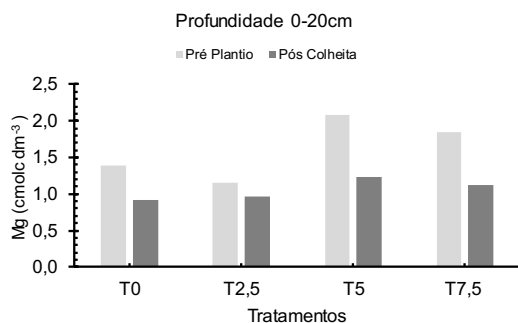
### K<sub>2</sub>O (cmolc dm<sup>-3</sup>)



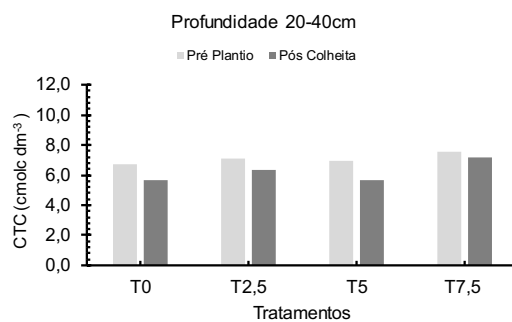
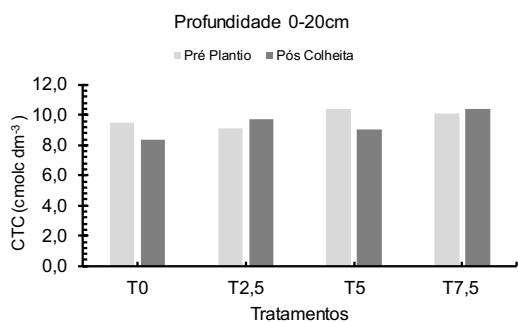
### Ca (cmolc dm<sup>-3</sup>)



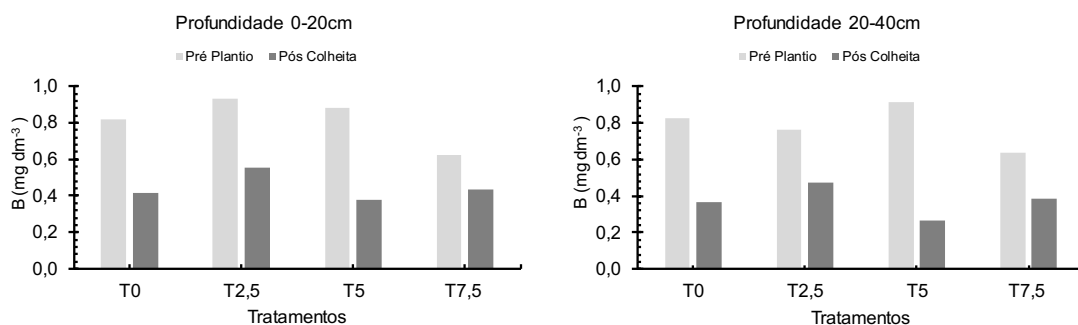
### Mg (cmolc dm<sup>-3</sup>)



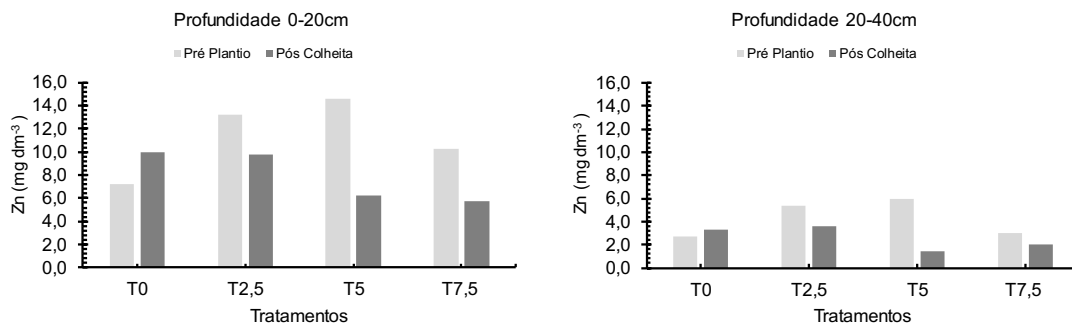
### CTC (cmolc dm<sup>-3</sup>)



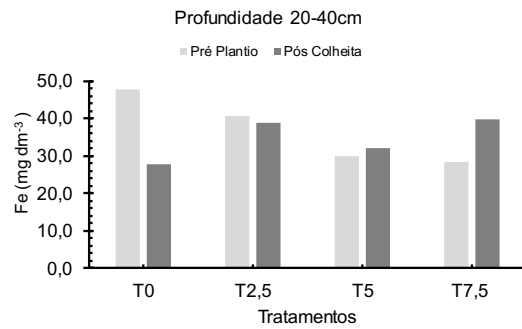
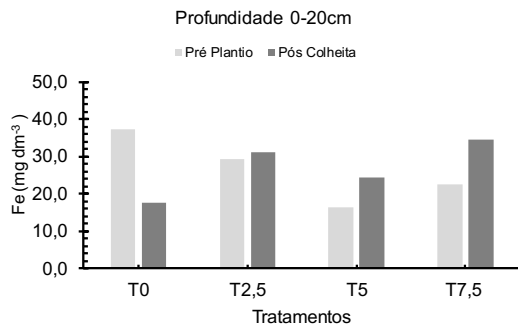
### B ( $\text{mg dm}^{-3}$ )



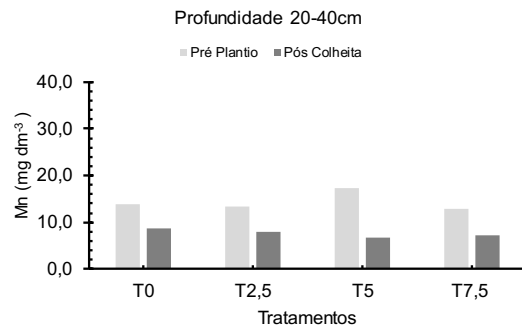
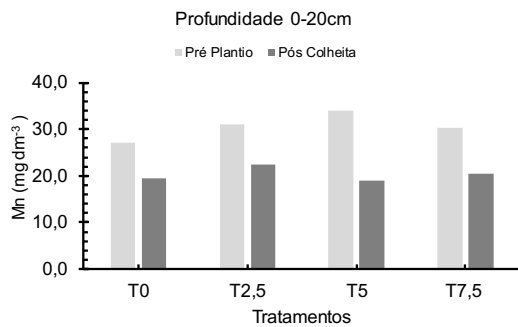
### Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )



### Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ )



### Mn (mg dm<sup>-3</sup>)



### Cu (mg dm<sup>-3</sup>)

