

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE LINGUAGEM, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E SOCIAIS APLICADAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

ALDO DA SILVA MOREIRA

**DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO E CALCÁRIO DE CONCHAS MARINHAS  
NA ACIDEZ E TEORES DE  $\text{Ca}^{2+}$  E  $\text{Mg}^{2+}$  EM TRÊS SOLOS TÍPICOS DE MATO  
GROSSO**

PONTES E LACERDA – MT  
DEZEMBRO/2022

ALDO DA SILVA MOREIRA

**DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO E CALCÁRIO DE CONCHAS MARINHAS  
NA ACIDEZ E TEORES DE  $\text{Ca}^{2+}$  E  $\text{Mg}^{2+}$  EM TRÊS SOLOS TÍPICOS DE MATO  
GROSSO**

“Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). MARIA APARECIDA PEREIRA PIERANGELI

PONTES E LACERDA – MT  
DEZEMBRO/2022

ALDO DA SILVA MOREIRA

**DOSES DE CALCÁRIO DOLOMÍTICO E CALCÁRIO DE CONCHAS MARINHAS  
NA ACIDEZ E TEORES DE  $\text{Ca}^{2+}$  E  $\text{Mg}^{2+}$  EM TRÊS SOLOS TÍPICOS DE MATO  
GROSSO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a  
Coordenação do Curso de Graduação em  
Zootecnia da Universidade do Estado de Mato  
Grosso, como parte das exigências para obtenção  
do título de Bacharel em Zootecnia.

**APROVADO EM:**

Documento assinado digitalmente  
 MARIA APARECIDA PEREIRA PIERANGELI  
Data: 14/12/2022 13:35:22-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof(a) Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli  
Orientadora/UNEMAT-Pontes e Lacerda

Documento assinado digitalmente  
 EURICO LUCAS DE SOUSA NETO  
Data: 14/12/2022 15:36:13-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof Dr. Eurico Lucas Sousa Neto  
Membro/QUALIFICAÇÃO

Documento assinado digitalmente  
 OSVALDO MARTINS DE SOUZA  
Data: 14/12/2022 17:03:56-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof Dr. Osvaldo Martins de Souza  
Membro/QUALIFICAÇÃO

#### DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de curso primeiramente a Deus, segundo a minha dedicação e meu empenho e pôr fim a minha amiga Carislaine das Virgens Marcelino que tanto esteve comigo, mesmo após sua partida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a Bezerra de Menezes, pela força espiritual e a Universidade do Estado de Mato Grosso por me proporcionar esse título. Agradeço a meu Pia, Jeferson Murja Procópio Moreira, a minha Mãe, Liliane da Silva Aguiar e a meus Avós, Gerson Procópio Moreira e Iraci Aparecida Murja Moreira, por nesses longos cinco anos não deixaram a me faltar nada “amor, carinho, atenção e recursos financeiros”, agradeço também a minhas irmãs Talita Moreira e Tallya Moreira, por ser pessoas incríveis em minha vida. Agradeço em especial minha amiga Magaly Marques e sua família, pôr em todos os momentos difíceis esteve comigo, chamado minha atenção e me aconselhando, agradeço também a Angelica Vieira uma amiga que levarei em meu coração para todo o sempre. Agradeço a Thalita Gomes, Rafael Alexandre e Maisa Natalia, pela grande amizade que construímos durante essa jornada. Agradeço a Adriano Zenaro, que nesses últimos longos meses, foi meu companheiro, amigo e cúmplice, me dando motivos e forças para continuar e não desistir. Em especial agradeço Carislaine Marcelino, que mesmo após sua partida, foi motivos de forças, agradeço nossa linda amizade e seus ensinamentos, mesmo tão jovem possuía um coração de milhões. Agradeço também a Jalyson Nogueira e Edson Ferraz, por nossa amizade.

Em especial e de coração agradeço a Maria Aparecida Pereira Pierangeli (Dedé) e a Adriana Barros que foram duas mulheres incríveis que tanto me ensinou quanto acadêmico e pessoa.

## EPÍGRAFE

Sofrer a dor que te intimida  
Largando o temor de lado;  
As vezes, o mal na vida  
É o bem mal interpretado.

Meimei.

## RESUMO

**Resumo:** A calagem é uma técnica utilizada para correção da acidez do solo e adição de cálcio e magnésio ao solo, promovendo um ambiente mais adequado para o desenvolvimento das plantas. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de doses de calcários em três solos típicos do Estado de Mato Grosso. Dois tipos de calcário, dolomítico (CD) e de conchas (CC), nas doses de 0, 0,5, 1,0, 3,0 e 6,0 t ha<sup>-1</sup>, foram incubadas, durante 90 dias, em amostras de Plintossolo (F) e dois Latossolos Vermelho Amarelo (LVA1 e LVA2). O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 1.000 g de solo, com 3 repetições. Ao final do período de incubação foram avaliados nas amostras de solo as variáveis: pH<sub>H2O</sub>; acidez trocável e os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, e demais atributos da fertilidade do solo. Para atingir o pH 6 foram necessárias 2,51 e 2,87 t ha<sup>-1</sup> do CD e 1,67 e 2,48 t ha<sup>-1</sup> do CC. Saturação de cálcio na CTC de 65% só seriam atingidas com as doses de 8,23, 9,44 e 13,94 t ha<sup>-1</sup> de CD e 3,51, 4,03 e 5,71 t ha<sup>-1</sup> de CC. As doses calculadas pelos métodos corriqueiros de determinação da necessidade de calcário no Mato Grosso diferem das doses necessárias para se atingir a saturação por bases de 60%.

**Palavras-chave:** Fertilidade do solo, acidez ativa, CTC, necessidade de calagem

## ABSTRACT

**Abstract:** The limeing is a technique used to correct soil acidity and add calcium and magnesium to the soil, promoting a more suitable environment for plant development. The aim of this study was to evaluate the effect of limestone doses in three typical soils of the State of Mato Grosso. Two types of limestone, dolomitic (CD) and shells (CC), at doses of 0, 0.5, 1.0, 3.0 and 6.0 t ha<sup>-1</sup>, were incubated for 90 days in samples of Plinthsoil (F) and two Yellow Red Latosols (LVA1 and LVA2). The experiment was conducted in pots with a capacity of 1,000 g of soil, with 3 replications. At the end of the incubation period, the following variables were evaluated in the soil samples: pH<sub>H2O</sub>; exchangeable acidity and Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> contents, and other attributes of soil fertility. To reach pH 6, 2.51 and 2.87 t ha<sup>-1</sup> of CD and 1.67 and 2.48 t ha<sup>-1</sup> of WC were required. Calcium saturation in CTC of 65% would only be achieved with doses of 8.23, 9.44 and 13.94 t ha<sup>-1</sup> of CD and 3.51, 4.03 and 5.71 t ha<sup>-1</sup> of WC. The doses calculated by the common methods of determining the need for limestone in Mato Grosso differ from the doses necessary to achieve base saturation of 60%.

**Keywords:** Soil fertility, active acidity, CTC, need for cathe.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                       | <b>5</b>  |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                                                            | <b>6</b>  |
| 2.1 FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTA .....                                                       | 6         |
| 2.2 ACIDEZ DO SOLO .....                                                                                        | 7         |
| 2.2.1 Acidez ativa .....                                                                                        | 8         |
| 2.2.2 Acidez trocável .....                                                                                     | 8         |
| 2.2.3 Acidez não trocável.....                                                                                  | 9         |
| 2.2.4 Acidez potencial .....                                                                                    | 9         |
| 2.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO .....                                                                            | 10        |
| 2.3.1 Corretivos e Características .....                                                                        | 11        |
| 2.3.2 Métodos de Cálculo de NC.....                                                                             | 12        |
| 2.2.2.1 Método da Neutralização Dos Teores De $Al^{3+}$ e Elevação dos Teores de $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$<br>..... | 12        |
| 2.2.2.2 Método da Saturação por Bases .....                                                                     | 13        |
| 2.2.3.3 Método da Curva de Incubação .....                                                                      | 13        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                                               | <b>15</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                                           | <b>17</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                                                                                         | <b>29</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                        | <b>30</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Grande parte dos solos brasileiros, devido ao clima e processos pedogenéticos atuantes, são pobres quimicamente e naturalmente ácidos, com baixo pH e elevados teores de  $\text{Al}^{3+}$  (SOUZA e LOBATO, 2004). Esse elemento apresenta reação ácida no solo e é altamente tóxico para as plantas cultivadas, afetando o desenvolvimento e a produção das culturas. Além disso, em decorrência da intensa lixiviação de bases,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , grande parte dos solos do Brasil são caracterizados como de baixa fertilidade Malavolta (1926).

Para poder reverter esses fatores de baixa fertilidade causada principalmente por acidez e pobreza em cátions básicos, usa-se corretivos da acidez do solo, preferencialmente ricos em compostos de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , que reagem no solo, elevando o pH, neutralizando os cátions ácidos e elevando os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  (CARVALHO e NASCENTE, 2018) e aumentando as cargas negativas para retenção de outros elementos essenciais para o desenvolvimento da planta, Alleoni, Cambri e Caires (2005).

A tecnologia recomendada para a correção da acidez do solo é a calagem, a qual é largamente utilizada no Brasil, usando-se calcários de diversas origens (EMBRAPA, 2000). Nesse sentido, vários métodos foram desenvolvidos para se determinar a necessidade de calagem (NC) e a partir daí recomendar as doses necessárias de calcário. Evidentemente que cada solo corresponde de maneira diversa às doses de calcário, sendo o método da incubação considerado padrão ou referência para o desenvolvimento e calibração de outros métodos.

Este trabalho avaliou-se dois tipos de calcários, calcário dolomítico e calcário de conchas marinhas, em três solos típicos da região sudoeste do Estado de Mato Grosso, objetivando-se comparar seu desempenho em termos de elevação de pH, saturação por bases e a porcentagem de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na CTC no solo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTA

Vários fatores afetam o crescimento das plantas (MEURER, 2007), e a ausência ou limitação deles limitam a produção vegetal, reduzindo a produtividade ou encarecendo os custos de produção agrícola. Entre os principais fatores podem ser citados: luz, água, pragas e doenças, plantas invasoras e condições edáficas, tais como teor de nutrientes e acidez do solo.

Existem dezessete nutrientes considerados essenciais para o crescimento das plantas, os quais são classificados em macro e micronutrientes, sendo eles: C, H, N, O, S, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Cl, B e MO (DECHEN e NACHTGALL, 2007). Onde eles devem estar em proporções correspondes as necessidades das plantas, que quando em excesso podem causar fitotoxicidade (HEIFFIG-DEL AGUILA et al., 2011), limitando seu desenvolvimento ou até levando a morte da planta (MANEGATTI et al., 2017).

No Brasil os solos são naturalmente pobres em alguns minerais, ou muitas das vezes se encontram prontamente indisponíveis para as plantas (SILVA, 1969), em decorrência das exigências das plantas em determinados nutrientes se há a necessidade de intervenção humana para corrigir os níveis destes nutrientes (LOBATO e SOUSA, 2004), sendo por via de adubação orgânica ou química (SAMAPIO LEAO et al., 2008), através das recomendações técnicas, embasados no boletim técnico de análise química e física do solo (EMBRAPA, 2017).

Os nutrientes devem estar dissolvidos na solução do solo para que haja absorção pelas plantas através de suas raízes ou também podem ser fornecidos via adubação foliar onde a absorção destes nutrientes é dado pela folha (REIS et al., 2012). Os nutrientes devem estar em proporções corretas para que atenda as exigências das plantas, pois quando fornecido em doses inferiores ou superiores que o recomendado acarretara limitações no crescimento ou até morte das plantas, (DECHEN E NACHTGALL ,2007).

A recomendação dos nutrientes varia diretamente com o potencial de produção, as culturas de maior rendimento, possuem exigência nutricional maior em comparação com culturas de baixo potencial de produção, EMBRAPA (2007). Na literatura alguns autores retratam as culturas com extração e exportação linear dos minerais N, P, K, Ca e Mg conforme a produtividade aumenta (COELHO e FRANÇA, 1995; ROSALEM e MARUBAYASHL, 1994).

Assim como os nutrientes N, P, K, Ca e Mg são essenciais para determinação da produtividade de certas culturas, Moreira et al. (2013), destaca o uso do  $Mg^{2+}$  na cultura do arroz “[...] demonstram que a alta concentração foliar de  $Mg^{2+}$  aumentou a resistência do arroz à infecção por *B. oryzae* principalmente por meio do aumento das atividades das enzimas de defesa”.

Segundo Aluar e Natale (2013) o uso de calcário elevando o Ca no solo, em frutíferas de goiabeira, havendo exportação do mineral para o fruto, aumentando a matéria fresca assim como a resistência da fruta pós-colheita, mesmo se nota com o uso de B (boro) nas culturas de bananeira e mamoeiro, onde houve melhoras significativas na qualidade das frutas.

Contudo Sousa e Lobato (2004), enfatizam que a manutenção dos cátions de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , na camada arável do solo depende diretamente da capacidade de retenção destes cátions em sua estrutura, através da geração de cargas negativas na superfície de minerais e constituintes orgânicos do solo.

## 2.2 ACIDEZ DO SOLO

A acidez do solo é o fator mais limitante para o desenvolvimento das plantas de modo geral, Guimarães Junior et al. (2013), interferindo na fixação dos nutrientes no solo, além causar danos no sistema radicular das plantas, estrutura qual é responsável por dar fixação no solo, absorção de nutrientes e água, Prado e Natale (2004).

Segundo, Sousa, Miranda e Oliveira (2007), os solos em condições naturais podem apresentar características ácidas, em decorrência do material de origem e da intensidade de agentes de intemperismo, assim como clima e organismos, ainda destaca que regiões com alta precipitação pode ocasionar a lixiviação de cátions de caráter básico e o acúmulo de compostos ácidos no solo.

No solo há diferentes formas de acidez e todas se relacionam entre si, porém as que se destacam são: Acidez Ativa, Acidez Trocável e Acidez Potencial (LOPES, SILVA e GUILHERME, 1991).

### 2.2.1 Acidez ativa

A acidez ativa se refere a atividade dos íons de  $H^+$  presentes na solução do solo (EMBRAPA, 2017). Este íon se encontra em quantidades quase insignificantes na solução do solo, porém exercem grande influência na disponibilidade de nutrientes e de outros íons que pode ser tóxico às plantas. Esta forma de acidez é variável sofrendo alterações por fatores, como precipitação, manejo e mecanização do solo e encontra-se em níveis diferentes em determinadas estações do ano (VELOSO et al., 2007).

A acidez ativa ou pH do solo é mensurado na solução de  $H_2O$ ,  $KCl$   $1\text{ mol L}^{-1}$  ou  $CaCl_2$   $1\text{ mol L}^{-1}$  com o uso do potenciômetro com eletrodo combinado, conhecidos como pHmetro (EMBRAPA, 2017). Para os solos brasileiros recomenda-se o pH entre 5,7 e 6,0 (PIERANGELI et al., 2005), níveis acima ou abaixo desta recomendação terá influência negativa na disponibilidade de alguns nutrientes, os quais podem ficar indisponíveis para as plantas (WEIRICH NETO et al., 2000).

A acidez do solo ocorre de forma natural assim como por interferência do homem, através da remoção de compostos de caráter básicos, exemplo:  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , através dos processos de lixiviação, erosão e extração pelas culturas, como pode ocorrer pela composição argilominerais e o uso de fertilizantes minerais (SOUSA, MIRANDA e OLIVEIRA, 2007).

A acidez ativa pode ser neutralizada com compostos básicos que liberam hidroxilas ( $OH^-$ ) capazes de neutralizar os prótons de  $H^+$ , presentes na solução do solo, como acontece com a adição de calcário no solo (NOLLA e ANGHINONI, 2004).

### 2.2.2 Acidez trocável

A acidez trocável é representada pelos teores de  $Al^{3+}$  trocável, o qual ocupa cargas negativas no solo (EMBRAPA, 2017). O alumínio trivalente ( $Al^{3+}$ ) é a forma mais tóxica para as plantas, afetando o crescimento radicular e reduz a capacidade de outros nutrientes a se fixarem nas cargas iônicas do solo, devido estar no grupo dos cátions trocáveis (VELOSO et al., 1995).

O  $Al^{3+}$  mesmo em quantidades pequenas,  $0,50\text{ mg}/100\text{g}$  de  $(0,5\text{ cmolc dm}^{-3})$  solo, afetará o desenvolvimento da planta (COLELHO e VERLENGIA, 1973). Com o não desenvolvimento

e o engrossamento das raízes as plantas terá menor eficiência na absorção de água, posteriormente devido o  $\text{Al}^{3+}$  estar ligado aos sítios negativos da parede celular das raízes ele inibira a capacidade de troca iônica na relação solo planta (MEURER, 2007).

### **2.2.3 Acidez não trocável**

A acidez não trocável é representada pelo hidrogênio (H) retido por ligações covalentes nas cargas negativas do solo. Embora diretamente isso não prejudique o desenvolvimento das plantas, esse tipo de acidez prejudica a retenção dos nutrientes catiônicos, diminuindo a biodisponibilidade deles. Uma forma de neutralizar essa acidez é diminuindo a acidez do solo, pois isso neutraliza o H retido nos colóides, disponibilizando as cargas negativas (SOUZA e LOBATO, 2004), para retenção de cátions básicos e nutrientes das plantas.

### **2.2.4 Acidez potencial**

A acidez potencial é composta pela acidez trocável e acidez e não-trocável, esta acidez pode ser mensurada em laboratório através de uma solução extratora de acetato de cálcio a  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ .

Segundo Embrapa (2017), A acidez potencial é caracterizada pela soma da acidez trocável refere-se aos íons  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  que estão retidos na superfície dos colóides por forças eletrostáticas) com a acidez não trocável, que corresponde àquela acidez neutralizada até um determinado valor de pH. A acidez não trocável é representada pelo hidrogênio de ligação covalente, associado aos colóides com carga negativa variável e aos compostos de alumínio. A acidez potencial caracteriza o poder tampão de acidez do solo e sua estimativa acurada é fundamental para se estimar a capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (CTC).

## 2.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

A correção da acidez do solo é obtida com a adição de bases para a neutralização de compostos ácidos. Carbonato de cálcio (CaO), por exemplo, formam ânions  $\text{OH}^-$  que neutraliza  $\text{H}^+$  através de uma ligação covalente formando uma molécula de água  $\text{H}_2\text{O}$ , deixando as cargas do solo livres (ALCARDE, 1992). Essas bases de neutralização comumente são provenientes de rochas calcárias, variando em sua forma carbonato de cálcio  $\text{CaCO}_3$  e ou carbonato de magnésio  $\text{MgCO}_3$ , que, após sua solubilização disponibiliza no solo  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (SAMPAIO e ALMEIDA, 2005).

A calagem é uma técnica indicada para a correção da acidez superficial do solo, assim como para elevar os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  do meio, sendo essencial para se cultivar em solos ácidos, tais como os solos do cerrado (FAGERIA, 2000).

Segundo WIETHÖLTER (2000) acredita-se que as primeiras calagens no Brasil tenham sido feitas por volta de 1925, utilizando-se das análises químicas do solo o Al trocável como parâmetro para cálculo de necessidade de calagem (NC), e que apenas então na década de 60 que novos métodos foram desenvolvidos para os solos brasileiros.

São inúmeras as vantagens da calagem, sendo uma tecnologia fácil, correta e de baixos custos, ela ainda contribui na adição de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ao solo, elevando a SB e CTC, diminuindo os compostos tóxicos  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ , além de reduzir os custos com fertilizantes (CAIRES, BANZATTO e FONSECA, 2000). O pH do solo mostra se importante para a disponibilidade de alguns elementos essenciais para as plantas. Segundo Rosa, Caponi e Luiz Junior (2016), a elevação do pH contribuiu para maior a disponibilidade de fósforo e micronutrientes do solo, o mesmo efeito é identificado por Fageria (2000), onde ao elevar o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  acima de 5,5, aumentou os níveis de K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, aumentando a produtividade na cultura do arroz.

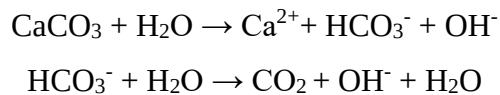
Na literatura é preconizado que solos de boa fertilidade devem apresentar a CTC ocupada em sua maior parte pelos cátions básicos, sendo ideal uma saturação média de 60; 10-20 e 3-5% da CTC com  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , respectivamente (ABREU JUNIOR, MURAOKA e OLIVEIRA, 2011). Especula-se, no entanto, se para elevar a saturação de  $\text{Ca}^{2+}$  para 60% a dose de calcário necessária não elevaria por demais o pH do solo. Nesse sentido, Caires & Guimarães (2018) propõem atingir esse valor com a aplicação de gesso agrícola.

Em condições de acidez, a calagem promove a neutralização do  $\text{Al}^{3+}$ , a elevação do pH e o fornecimento de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , possibilitando a proliferação das raízes, com reflexos positivos no crescimento da parte aérea das plantas (NATALE et al., 2012). Por outro lado, a calagem

pode favorecer a compactação do solo uma vez que em quantidades elevadas o calcário contribui para a dispersão de argilas no solo (SPERA et al., 2008).

### 2.3.1 Corretivos e Características

Os corretivos da acidez do solo comumente são provenientes de rochas calcárias, variando na composição em termos de carbonato de cálcio  $\text{CaCO}_3$  e ou carbonato de magnésio  $\text{MgCO}_3$ , os quais reagem no solo disponibilizando cálcio  $\text{Ca}^{+2}$  e magnésio  $\text{Mg}^{2+}$ , além de gerar  $\text{OH}^-$ , que atuam neutralizando o  $\text{H}^+$  do solo, de acordo com as equações:



A normativa nº 35 de 4 de julho de 2006, imposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os calcários comercializados no Brasil devem seguir exigências de qualidade mínima, sendo; o mínimo aceitado para o poder de neutralização (PN) 67%, soma da %CaO e % MgO de 38% e poder relativo de neutralização total (PRNT) mínimo de 45% (BRASIL, 2006).

Segundo Brasil (2013) o PRNT que calcula a eficiência de calcários corretivos agrícolas e é estabelecido em relação ao PN e à Reatividade das partículas (RE). Essa é calculada a partir da granulometria do corretivo. Reatividade zero para a fração retida na peneira ABNT n.º 10; reatividade 20% para a fração que passa na peneira ABNT n.º 10 e fica retida na peneira ABNT n.º 20; reatividade 60% para a fração que passa na peneira ABNT n.º 20 e fica retida na peneira ABNT n.º 50; e reatividade 100% para a fração que passa na peneira ABNT n.º 50.

Os calcários disponíveis no mercado, temos; calcário sedimentar (CS) calcário biogênico Cazatti, Costa e Cecon (2019), (CB) calcário comercial (CC) e o calcário mármore (CM), suas capacidades de neutralização, podem ser variadas pelo processo de formação, porém os calcários CS e CM apresentam maiores teores de CaO e MgO (CAZATTI, COSTA e CECOM, 2019).

Dentre os calcários mais usados estão os dolomíticos e os magnesianos que apresentam, maior PN, PRNT e ação de neutralização mais rápida com a formação de  $\text{OH}^-$ , além de serem mais fácil de encontrar no mercado (EMBRAPA, 2004).

### 2.3.2 Métodos de Cálculo de NC

Os métodos para se calcular a necessidade de calagem (NC), são diversos, alguns são mais eficientes que outros em determinados solos brasileiros, porém dentre eles na literatura são e citados como mais eficientes e utilizados os métodos de “neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ” e o “método de saturação por bases” (VASCONCELLOS, 1994).

No entanto o método oficial, usado para calibração dos demais métodos é o método da curva de incubação (SOUZA e LOBATO, 2004).

#### 2.2.2.1 Método da Neutralização Dos Teores De $\text{Al}^{3+}$ e Elevação dos Teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$

O método de neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , utiliza duas pequenas equações (TEIXEIRA et al, 2014), que se somam para determinar a NC, para um determinado solo. Na primeira parte da equação considera a acidez proveniente da presença de  $\text{Al}^{3+}$  na solução do solo, assim como a textura do solo e a tolerância da cultura ao  $\text{Al}^{3+}$ . A segunda parte da equação tenta atender as necessidades de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  da cultura. Os cálculos de NC seguem as seguintes equações:

$$\text{NC} = \text{Y} \times [\text{Al}^{3+} - (\text{mt} \times \text{t}/100)] + [\text{X} - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})], \text{ onde:}$$

NC = Necessidade de calcário, em  $\text{t ha}^{-1}$ ;

Y = variável relacionada à capacidade tampão do solo e que pode ser definida de acordo com a textura do solo (**Tabela1**);

$\text{Al}^{3+}$  = acidez trocável, em  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ;

mt = saturação máxima por Al tolerada, m = 5%;

t = capacidade de troca catiônica efetiva (CTC efetiva), em  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ;

X = Exigência de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  pela cultura;

**Tabela 1** - Valores de Y em função da textura e porcentagem de argila do solo.

| Textura do Solo                                                             | Teor de Argila % | Y         |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------|
| Arenosa                                                                     | 0-15             | 0,0 – 1,0 |
| Média                                                                       | 15-35            | 1,0 – 2,0 |
| Argilosa                                                                    | 35-60            | 2,0 – 3,0 |
| Muito Argilosa                                                              | >60              | 3,0 – 4,0 |
| $Y = 0,0302 + 0,06532 * \% \text{ argila} - 0,000257 * \% \text{ argila}^2$ |                  |           |

#### 2.2.2.2 Método da Saturação por Bases

Método da saturação por bases, fundamenta-se na relação existente entre pH e a porcentagem de saturação por bases (V) do solo. Neste método objetiva-se elevar o valor de V do solo, ocupando os colóides do solo com cátions de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . A NC, para esse método é calculado pela seguinte equação:

$$\text{NC} = [\text{T} \times (\text{V}_e - \text{V}_a)] / 100, \text{ onde:}$$

NC = Necessidade de calcário, em  $\text{t ha}^{-1}$ .

T = capacidade de troca catiônica a  $\text{pH}_{7,0}$ , estimada pela soma de bases e acidez potencial  $[\text{SB} + (\text{H} + \text{Al})]$ , determinadas pela análise do solo, em  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ;

$\text{V}_e$  = porcentagem de saturação por bases recomendada, para a cultura;

$\text{V}_a$  = saturação por bases atual do solo, em %, estimado por:  $\text{V}_a = (100 \times \text{SB}/\text{T})$ ; sendo  $\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K} + \text{Na}$ , em  $\text{cmolc dm}^{-3}$ .

#### 2.2.3.3 Método da Curva de Incubação

O método de incubação é pouco utilizado, por demandar muito trabalho e de pouca eficiência no uso rotineiro sendo mais utilizado para calibração para outros métodos. Trata-se

de um método que utiliza doses crescentes de  $\text{CaCO}_3$ , incubando o solo por um prazo determinado onde se avalia o pH do solo e demais variáveis relacionadas.

O método da curva de incubação também pode ser utilizado para se testar o efeito da aplicação de corretivos da acidez nos solos, se prestando para comparar se as doses indicadas pelos demais métodos são adequadas para a correção da acidez do solo e elevação dos teores de cálcio e magnésio.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) campus universitário Pontes e Lacerda, localizado nas coordenadas 15°19'29.2"S 59°13'58.9"W. Para a realização desse trabalho foram montados experimentos em vasos, em casa de vegetação, com três solos típicos da região sudoeste do estado de Mato Grosso: Plintossolo (F) e dois Latossolo Vermelho Amarelo (LVA1 e LVA2), para avaliar seus atributos de fertilidade em função de tratamentos com calcário. Para isso foram conduzidos, durante 90 dias experimentos com os seguintes tratamentos: três solos com características e texturas contrastantes; 5 doses de calcário (0, 0,5, 1,0, 3,0 e 6,0 t ha<sup>-1</sup>); 2 tipos de calcário (dolomítico - CD e de conchas - CC). O delineamento foi inteiramente casualizado, com 3 repetições, no esquema 3 × 5 × 2 × 3, totalizando 90 parcelas (vasos com capacidade de cerca de 1 kg de solo). Após a incubação as amostras de solo permaneceram incubadas por 90 dias, com umidade na capacidade de campo adicionando água potável sempre que necessário a mantendo friável. Depois desse período as amostras foram secas ao ar e submetidas a análise química para avaliação de rotina da fertilidade do solo, seguindo metodologias preconizadas em Embrapa (2017). A Tabela 2 apresenta as características dos calcários utilizados no experimento e a Tabela 3 mostra o resumo das análises químicas e granulométricas dos solos avaliados.

Os dados foram submetidos à ANOVA através do programa SISVAR e os resultados de pH, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em função das doses e tipos de calcário foram feitas análise de regressão, a fim de se determinar a dose a ser recomendada para se atingir os valores adequados para o manejo da fertilidade desses solos. Essas doses foram comparadas com as doses calculadas de acordo com os métodos de cálculo da NC: método da saturação por bases e método da neutralização dos teores de Al<sup>3+</sup> e elevação dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, tendo como referência o cultivo de milho.

**Tabela 2** Óxidos de cálcio (CaO) e de magnésio (MgO) em de Conchas Marinhas e Dolomítico.

| Calcário        | CaO <sup>1</sup> % | MgO <sup>2</sup> % | PRNT % |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------|
| Concha Marinhas | 49,00              | 0,05               | 71,44  |
| Dolomítico      | 29,00              | 19,00              | 87,00  |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

<sup>1</sup>Óxido de Cálcio, <sup>2</sup>Óxido de Magnésio.

**Tabela 3** Resumo da caracterização química e física dos solos usados no experimento.

| Amostra | pH <sub>H2O</sub> | CTC                                | CTC eff | V%    | P                  | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup>                   | Al <sup>3+</sup> | H+Al | MO    | Areia  | Silte  | Argila |
|---------|-------------------|------------------------------------|---------|-------|--------------------|----------------|------------------|------------------------------------|------------------|------|-------|--------|--------|--------|
|         |                   | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |         |       | mg/dm <sup>3</sup> |                |                  | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |                  |      |       | g/kg   |        |        |
| F       | 4,77              | 5,53                               | 2,19    | 31,53 | 7,96               | 0,02           | 0,78             | 0,93                               | 0,45             | 3,79 | 10,51 | 764,90 | 111,80 | 123,30 |
| LVA1    | 4,81              | 4,54                               | 2,76    | 50,97 | 5,07               | 0,01           | 1,13             | 1,11                               | 0,50             | 2,28 | 7,68  | 636,00 | 195,20 | 168,80 |
| LVA2    | 6,26              | 12,48                              | 9,37    | 75,13 | 45,49              | 0,12           | 5,05             | 4,20                               | 0,00             | 3,11 | 16,81 | 452,10 | 190,40 | 357,50 |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

Com base nas características dos calcários CD e CC pode-se estimar que a aplicação de 1 t ha<sup>-1</sup>, incorporados na profundidade de 0-0,2 m e considerando a densidade do solo igual a 1 mg m<sup>-3</sup> forneceria ao solo 0,52 e 0,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup> e 0,47 e 0,001 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>, respectivamente.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH em água variou em função das doses de calcário e do solo, porém não diferiram em relação ao tipo de calcário (Tabela 4). A resposta diferente dos solos às doses de calcário se deve às suas características distintas (Tabela 2) que lhes confere maior ou menor poder tampão (SOUZA e LOBATO, 2004).

**Tabela 4** Efeitos de doses de calcário no pH<sub>H2O</sub> de três solos típicos do sudoeste de Mato Grosso.

| Dose<br>Calcário<br>t ha <sup>-1</sup> | Solo F  |            | Solo LVA1 |            | Solo LVA2 |            |
|----------------------------------------|---------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|                                        | Conchas | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico |
| 0,0                                    | 4,92 a1 | 4,61 a1    | 4,80 a1   | 4,81 a1    | 6,27 a1   | 6,24 a1    |
| 0,5                                    | 5,42 a1 | 5,04 a2    | 5,15 a1   | 5,19 a1    | 6,53 a1   | 6,63 a1    |
| 1,0                                    | 5,96 a2 | 5,37 a2    | 5,56 a1   | 5,52 a1    | 6,72 a1   | 7,03 a2    |
| 3,0                                    | 7,07 a3 | 6,46 a3    | 6,54 a2   | 6,60 a1    | 6,90 a1   | 7,13 a2    |
| 6,0                                    | 7,54 a3 | 7,01 a3    | 7,20 a3   | 7,10 a1    | 7,18 a1   | 7,31 a2    |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

Letras iguais não se diferem na coluna entre mesmo solo. Teste Scott-Knott, com grau de significância de 5%.

Por outro lado, a resposta do solo se deve às suas características e uma delas os teores de matéria orgânica (MO) e a textura dos solos, que lhes confere poder tampão e maior capacidade de troca de cátions (CTC) Embrapa (2015).

Como se observa na Tabela 4, o solo LVA2 já estava com o pH adequado do ponto de vista agrônomo, portanto, não necessitaria de calcário: com a aplicação de 0,5 t ha<sup>-1</sup> o pH em água já entraria na faixa onde a probabilidade de indisponibilidade de micronutrientes seria elevada (CARNEIRO et al., 2018).

O comportamento de cada solo em função das doses de calcário pode ser visualizado na (Figura 1), na qual se verifica que a relação entre as doses e o pH em água em cada solo que obedece a um modelo quadrático. No entanto, se observa também que a curva é crescente dentro da faixa de pH em água considerado adequado para as plantas cultivadas, o qual é de 5,6 a 6,3, de acordo com Souza e Lobato (2004) para solos do Cerrado. Dessa forma, pode-se usar as equações de regressão linear obtidas para se estimar a dose necessária para se elevar o pH ao valor desejado. Para um valor de pH igual a 6,0 por exemplo seriam gastos 1,67; 2,85; 2,48; e 2,51 t ha<sup>-1</sup> para os solos F e LVA1, por exemplo, como pode ser visto na Tabela 5.

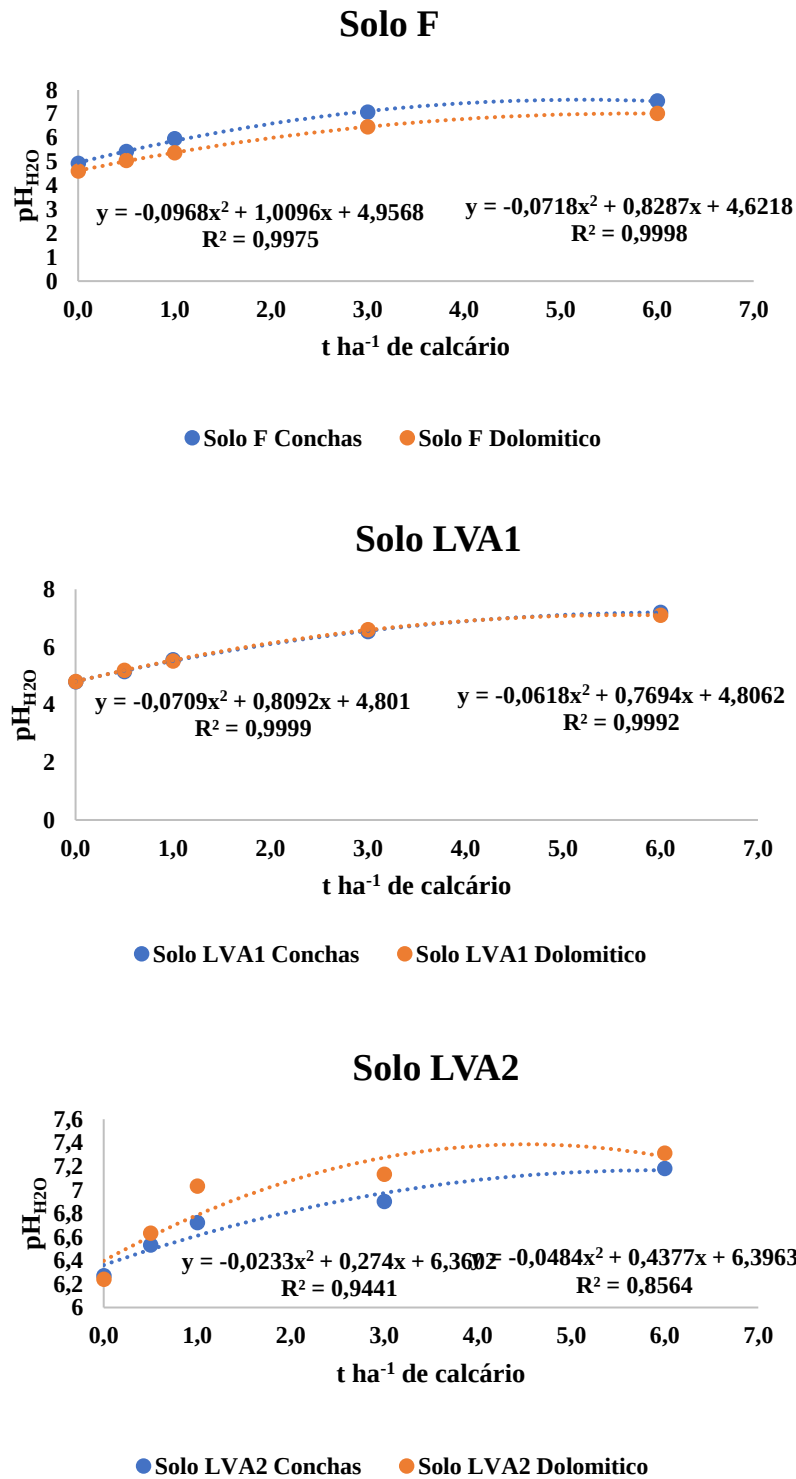


**Figura 1** Valores de pH em água dos solos tratados com calcário de conchas e dolomítico e equações de inclinação e interseção Y (polinomial).

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

**Tabela 5** Dose de Calcário ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de Conchas Marinhas e Dolomítico para atingir  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  6.0 de acordo com as equações de regressão ajustadas aos dados.

| Dose Calcário<br>$\text{t ha}^{-1}$ | Solo F  |            | Solo LVA1 |            | Solo LVA2 |            |
|-------------------------------------|---------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|                                     | Conchas | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico |
|                                     | 1,67    | 2,87       | 2,48      | 2,51       | 0,00      | 0,00       |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

Por outro lado, calculando-se a NC pelo método da saturação por bases obtém-se doses de 1,75; 1,41; 0,82; e 0,07  $\text{t ha}^{-1}$ , respectivamente para os solos F e LVA1, respectivamente. Logo, a recomendação da NC por esse método para o solo LVA1, resultaria em uma subdosagem insuficiente para se atingir o valor de pH pretendido.

Ao se adicionar o calcário em doses crescentes aos solos, sua reação com  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  forma reações que os neutralizam, reduzindo os teores de  $\text{Al}^{3+}$  (Tabela 8). Observa-se na Tabela 8, que doses de calcário de conchas marinhas ou dolomítico, menores que 01  $\text{t ha}^{-1}$  não são capazes de neutralizar o  $\text{Al}^{3+}$  como observasse no solo F e LVA1, exceto no solo LVA2 cujos valores são iguais a 0 nos teores de  $\text{Al}^{3+}$ , indiferentemente da dose aplicada os valores não se diferenciam do tratamento controle o qual a dose é de 0  $\text{t ha}^{-1}$ .

**Tabela 6** Efeitos de diferentes doses de calcário Dolomítico e conchas marinhas nos teores de  $\text{Al}^{3+}$  dos solos.

| Dose Calcário<br>$\text{t ha}^{-1}$ | Solo F  |            | Solo LVA1 |            | Solo LVA2 |            |
|-------------------------------------|---------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|                                     | Conchas | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico |
| 0,0                                 | 0,50 a2 | 0,40 a2    | 0,50 a3   | 0,50 a3    | 0,00 a1   | 0,00 a1    |
| 0,5                                 | 0,36 a2 | 0,43 a2    | 0,30 a2   | 0,30 a2    | 0,00 a1   | 0,00 a1    |
| 1,0                                 | 0,00 a1 | 0,23 b2    | 0,00 a1   | 0,13 a1    | 0,00 a1   | 0,00 a1    |
| 3,0                                 | 0,00 a1 | 0,00 a1    | 0,00 a1   | 0,00 a1    | 0,00 a1   | 0,00 a1    |
| 6,0                                 | 0,00 a1 | 0,00 a1    | 0,00 a1   | 0,00 a1    | 0,00 a1   | 0,00 a1    |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Letras iguais não se diferem na coluna entre mesmo solo. Teste Scott-Knott, com grau de significância de 5%.

Calculando-se as doses de calcário para a neutralização dos teores de alumínio dos solos obtém-se os dados mostrados na Tabela 7.

**Tabela 7** Necessidade de calagem ( $\text{t ha}^{-1}$ ) pelo e Método da Neutralização da Acidez Trocável ( $\text{NC} = 2 \times \text{Al}^{3+}$ ).

|                       | Solo F | Solo LVA1 | Solo LVA2 |
|-----------------------|--------|-----------|-----------|
| NC $\text{t ha}^{-1}$ | 0,9    | 1,0       | 0,0       |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Observa-se na Tabela 7 que o método de NC para neutralização da acidez trocável subestima a dose recomendada de calcário Dolomítico nos solos A e B, nota-se na Tabela 7 que a dose necessária para neutralizar os valores de  $\text{Al}^{3+}$  não se equipara as doses da tabela subsequente, ocasionando uma subdosagem, logo reforça Sousa, Miranda e Oliveira (2007), que este método não apresenta confiança na recomendação de NC, indicando o método da Neutralização da Acidez Trocável e Elevação dos Teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  para os solos de cerrado.

Por outro lado, utilizando-se o método da Neutralização da Acidez Trocável e Elevação dos Teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , para cultura do milho com elevação nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  a  $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , é possível observar que a dose indicada para o calcário de conchas marinhas ou Dolomítico nos respectivos solos oscila em  $0,00$  e  $2,07 \text{ t ha}^{-1}$ , doses ao quais foram inferiores ao necessário para neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  dos solos pelo método de incubação (Tabela 6).

A escolha do método de NC é fundamental para calcularmos a dose de calcário necessária para neutralizar os compostos ácidos dos solos, nota-se que nos solos F e LVA1 (Tabela 8 e 9) os cálculos subestimam a dose a ser recomendada comparado a dose necessária para neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  do solo (Tabela 7).

Ao adicionar os calcários de Conchas marinhas e Dolomítico em doses crescentes nos solos, a % de  $\text{Ca}^{2+}$  na CTC aumentam (Tabela 8). O aumento dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ , de acordo com as doses de calcário se ajustam a um modelo quadrático, embora o modelo linear também tenha proporcionado um bom ajuste aos dados, como pode ser observado na Figura 2.

**Tabela 8** Efeitos de diferentes doses de calcário Dolomítico e conchas marinhas na % de  $\text{Ca}^{2+}$  na CTC dos solos.

| Dose<br>Calcário<br>$\text{t ha}^{-1}$ | Solo F   |            | Solo LVA1 |            | Solo LVA2 |            |
|----------------------------------------|----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|                                        | Conchas  | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico |
| 0,0                                    | 12,90 a1 | 15,71 a1   | 23,81 a1  | 26,97 a1   | 39,76 a1  | 41,24 a1   |
| 0,5                                    | 27,28 a1 | 15,64 a1   | 31,35 a1  | 33,86 a1   | 38,80 a1  | 41,95 a1   |
| 1,0                                    | 27,06 a1 | 29,26 a2   | 33,76 a1  | 37,82 a1   | 41,21a1   | 51,15 a1   |
| 3,0                                    | 64,52 b2 | 32,60 a2   | 78,56 a2  | 50,43 a2   | 52,82 a2  | 51,94 a1   |
| 6,0                                    | 82,18 b2 | 46,88 a2   | 82,72 b2  | 52,43 a2   | 66,32 a2  | 51,05 a1   |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Letras iguais não se diferem na coluna entre mesmo solo. Teste Scott-Knott, com grau de significância de 5%.

Quando aplicado o teste de Scott-Knott nos dados obtidos das médias na avaliação de  $\%\text{Ca}^{2+}$  na CTC (Tabela 11) é possível observar que nos solos F, LVA1 e LVA2 doses < que 3  $\text{t ha}^{-1}$  com calcário de conchas marinhas, não sofre interação significativa comparado ao tratamento controle, além disso é possível observar no solo F e LVA1 que o calcário de conchas marinhas nas dosagens de 3 e 6  $\text{t ha}^{-1}$ , estatisticamente apresentou diferença significativa comparado ao calcário dolomítico no mesmo solo.

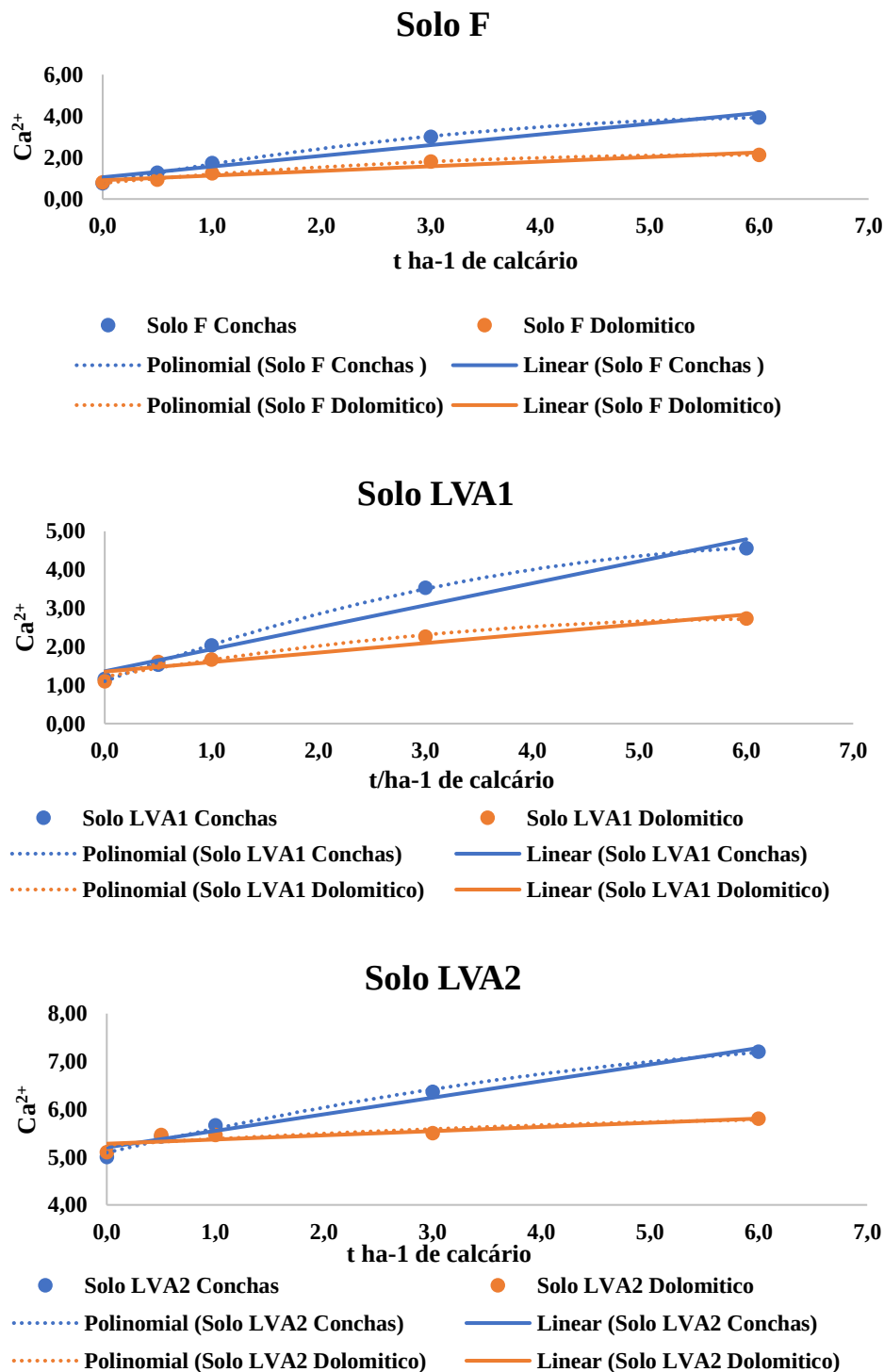


**Figura 2** Valores de Cálcio dos solos tratados com calcário de conchas e Dolomítico (polinomial e linear).

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

Segundo Vitti, Lima e Cicarone (2006), recomenda-se que o mínimo de 65% da CTC seja ocupado por  $\text{Ca}^{2+}$  e 20% por  $\text{Mg}^{2+}$ , para um bom desenvolvimento das plantas. Logo observando-se a Tabela 8 verifica-se que essa % de  $\text{Ca}^{2+}$  na CTC somente são alcançados em

doses maiores que 6 t ha<sup>-1</sup> de calcário de conchas marinhas nos solos F, LVA1 e LVA2. No entanto com o calcário dolomítico, mesmo em sua maior dose (6 t ha<sup>-1</sup>) não atinge os valores mínimos recomendados pelos autores supracitados. Em todas as situações observadas nesse, as doses necessárias para elevar a saturação por Ca<sup>2+</sup> em níveis adequados, conforme preconizado na literatura, resultaria em valores não adequados do pH do solo.

Ao calcular a equação de inclinação e a intercessão de Y da Tabela 8, chegamos na interpretação dos dados tendo em t ha<sup>-1</sup> a dose necessária para elevar a percentagem de cálcio a 65% da CTC (Tabela 9).

**Tabela 9** Dose de Calcário (t ha<sup>-1</sup>) de Conchas Marinhas e Dolomítico para atingir a 65% de Ca<sup>2+</sup> na CTC

|                                     | Solo F  |            | Solo LVA1 |            | Solo LVA2 |            |
|-------------------------------------|---------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|                                     | Conchas | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico |
| Dose Calcário<br>t ha <sup>-1</sup> | 4,03    | 9,44       | 3,51      | 8,23       | 5,71      | 13,94      |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Através do gráfico de dispersão (Figura 3) é possível notar que no solo F e LVA1, que o calcário de conchas marinhas, comporta-se de forma quadrática, no entanto no solo F o calcário Dolomítico se comporta de forma linear e no solo LVA1 e LVA2 comporta-se de forma quadrática (Figura 3).

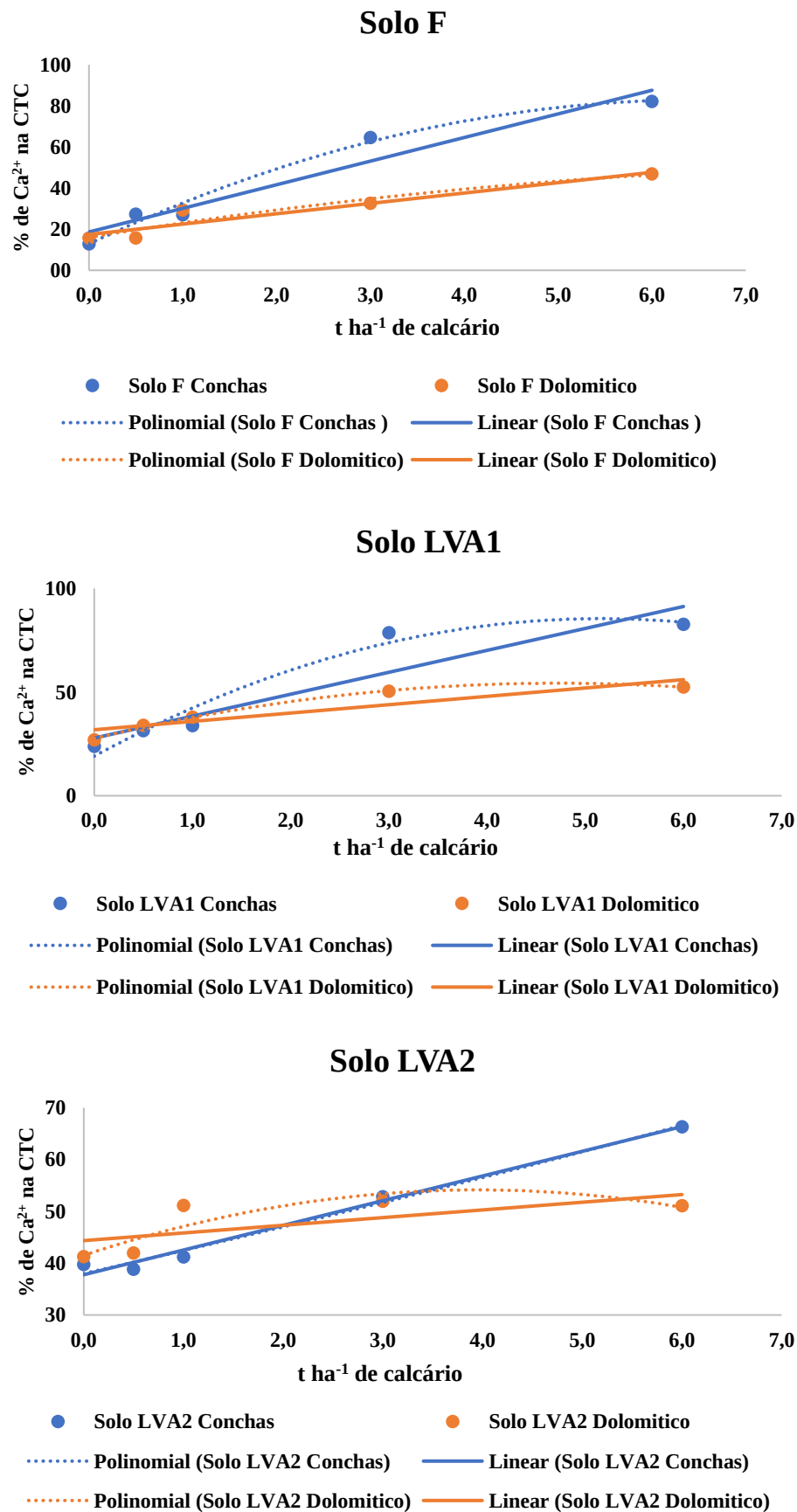


**Figura 3** Porcentagem de  $\text{Ca}^{2+}$  na CTC de solos tratados com calcário de conchas e dolomítico.  
**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

Como podemos ver no solo F, LVA1 e LVA2 (Tabela 10) quando adicionado calcário de conchas marinhas, indiferente da dose aplicada não se nota aumento na disponibilização de  $Mg^{2+}$  no solo, é possível ver que nenhum dos tratamentos com calcário de conchas marinhas, diferem do tratamento controle indicando que não houver aumento significativo nos teores de  $Mg^{2+}$  ocupando a CTC além do já presente em condições natural no solo.

**Tabela 10** Efeitos de diferentes doses de calcário Dolomítico e conchas marinhas na % de  $Mg^{2+}$  na CTC dos solos.

| Dose<br>Calcário<br>t ha <sup>-1</sup> | Solo A   |            | Solo B   |            | Solo C   |            |
|----------------------------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
|                                        | Conchas  | Dolomítico | Conchas  | Dolomítico | Conchas  | Dolomítico |
| 0,0                                    | 17,33 a1 | 16,26 a1   | 19,61 a1 | 31,09 b1   | 34,42 a1 | 32,88 a1   |
| 0,5                                    | 20,27 a1 | 21,25 a1   | 24,03 a1 | 28,82 a1   | 28,56 a1 | 36,07 a1   |
| 1,0                                    | 18,67 a1 | 34,75 b2   | 17,64 a1 | 33,06 b1   | 29,56 a1 | 41,85 b1   |
| 3,0                                    | 19,32 a1 | 35,48 b2   | 20,01 a1 | 49,34 b2   | 32,70 a1 | 46,88 b1   |
| 6,0                                    | 17,32 a1 | 52,67 b2   | 16,90 a1 | 47,37 b2   | 32,54 a1 | 47,83 b1   |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Letras iguais não se diferem na coluna entre mesmo solo. Teste Scott-Knott, com grau de significância de 5%.

Nos solos F e LVA1 tratados com calcário Dolomítico (Tabela 10) a % $Mg^{2+}$  na CTC aumentou em decorrência da dose aplicada, porém observa-se no solo F, LVA1 e LVA2, que doses  $\leq$  que 0,5 t ha<sup>-1</sup> estatisticamente não proporciona valores significativos, logo se torna um padrão do calcário dolomítico na ocupação dos cátions de  $Mg^{2+}$  na CTC.

Quando aplicados os dados da Tabela 10 em um gráfico de dispersão, nota-se que se comportam de forma quadrática em função de suas doses (Figura 4), demonstrando que como o  $Ca^{2+}$  existe uma limitação dos solos em reter cátions trocáveis nos solos de cerrado em função de sua baixa CTC (SOUSA e LOBATO, 2004).

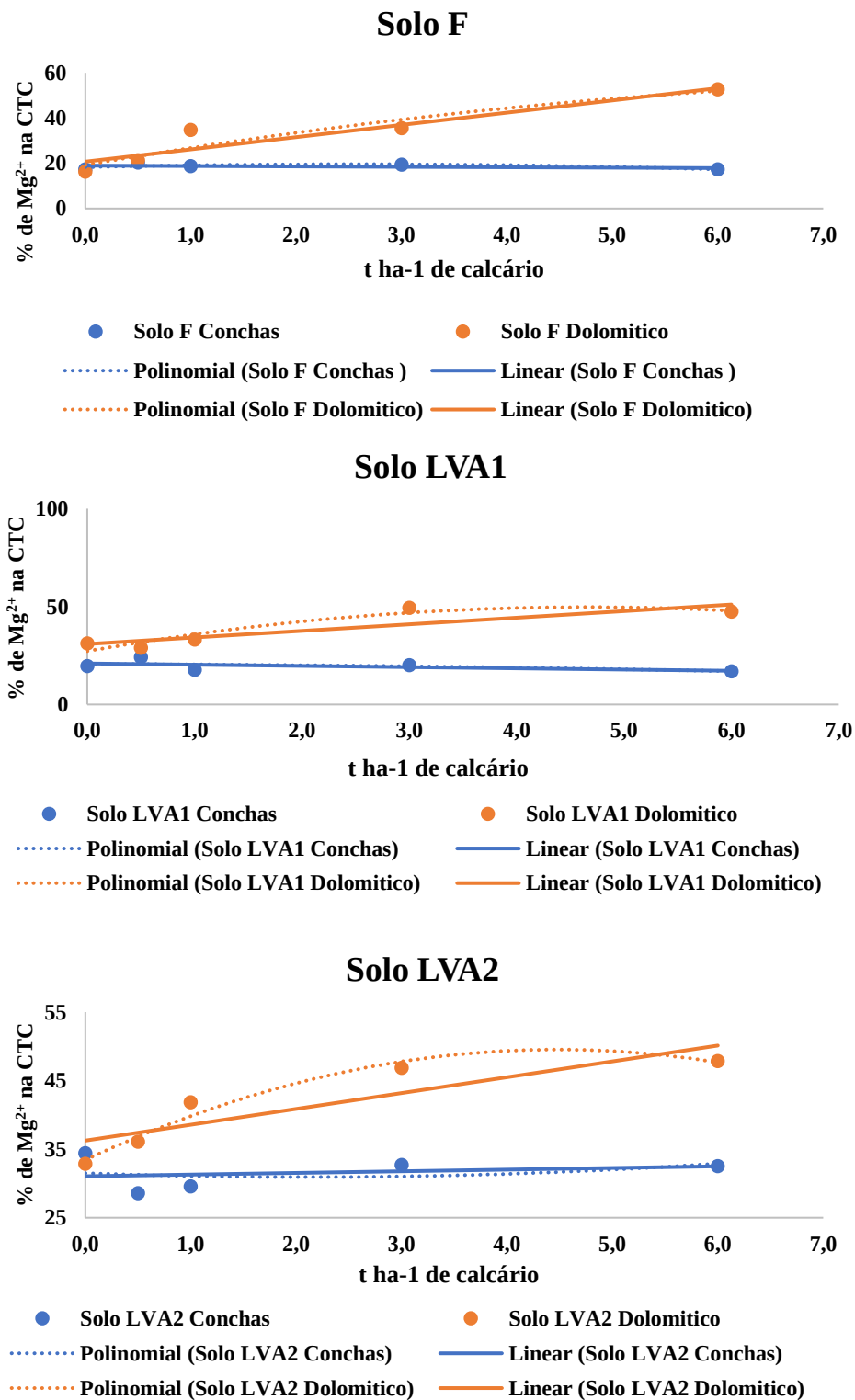


**Figura 4** Gráfico quadrático e linear % $Mg^{2+}$  na CTC solos F, LVA1 e LVA2.

**Fonte:** Elaborado pelo Altor.

Contudo, indiferentemente do calcário aplicada no solo, doses maiores que 0,5 t ha<sup>-1</sup>, proporcionam, o mínimo indicado por Vitti, Lima e Cicarone (2006) de 20% de Mg<sup>2+</sup> na CTC.

A porcentagem de saturação por bases (V) aumenta com as doses de calcário aplicadas, conforme era esperado (Tabela 10). Observa-se (Figura 5) que para atingir V igual a 60% seriam necessários 2,4 t ha<sup>-1</sup> do calcário de conchas para o solo F e 2,6 t ha<sup>-1</sup> do calcário dolomítico. Por outro lado, calculando-se a NC pelo método da saturação por bases obtém-se doses de 1,75; 1,41; 0,82; e 0,07 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os solos F e LVA1, mostrando que métodos tradicionais podem subestimar a NC para os solos estudados.

**Tabela 11** Efeitos de diferentes doses de calcário Dolomítico e conchas marinhas na saturação por bases (V%) dos solos.

| Dose<br>Calcário<br>t ha <sup>-1</sup> | Solo F    |            | Solo LVA1 |            | Solo LVA2 |            |
|----------------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|                                        | Conchas   | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico | Conchas   | Dolomítico |
| 0,0                                    | 30,57 a1  | 32,49 a1   | 43,63 a1  | 58,31 a1   | 75,14 a1  | 75,12 a1   |
| 0,5                                    | 48,13 a1  | 37,35 a1   | 55,63 a1  | 62,89 a1   | 68,24 a1  | 78,94 a1   |
| 1,0                                    | 46,15 a1  | 64,59 a2   | 51,63 a1  | 71,11 a1   | 71,64 a1  | 94,17 a2   |
| 3,0                                    | 84,36 a2  | 68,45 a2   | 98,79 a2  | 100,00 a2  | 86,53 a2  | 100,00 a2  |
| 6,0                                    | 100,00 a2 | 100,00 a3  | 100,00 a2 | 100,00 a2  | 100,00 a2 | 100,00 a2  |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor

Letras iguais não se diferem na coluna entre mesmo solo. Teste Scott-Knott, com grau de significância de 5%.

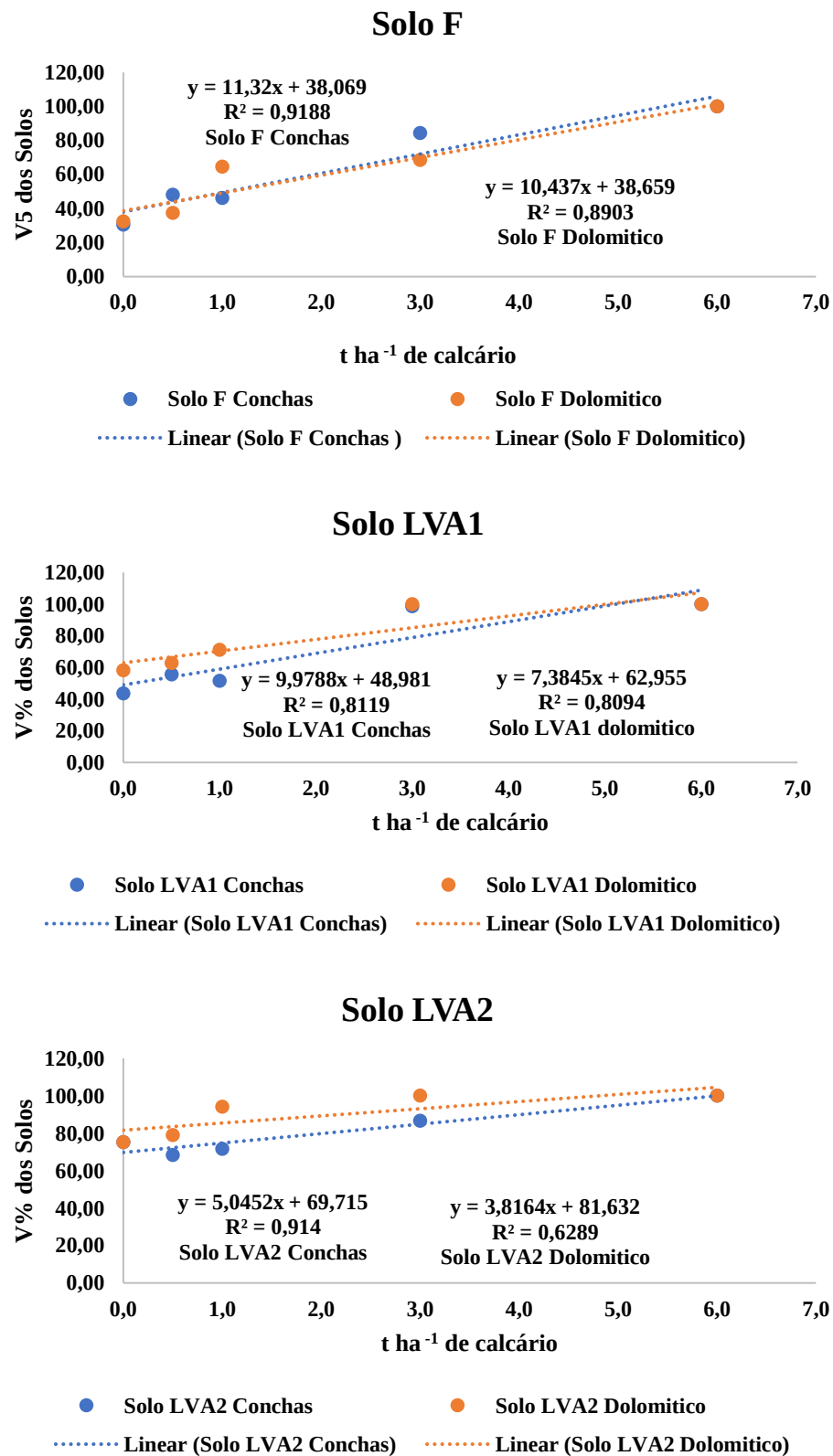


**Figura 5** Saturação por bases em solos típicos de Mato Grosso tratados com doses de calcário dolomítico e calcário de conchas.

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

## 5 CONCLUSÃO

Os calcários estudados apresentaram efeitos positivos na correção da acidez do solo. Doses de 2,87 e 2,51 t ha<sup>-1</sup> de calcário Dolomítico e 1,67 e 2,48 t ha<sup>-1</sup> de calcário de conchas marinhas, elevam o pH dos solos (F e LVA1) para valores adequados ao desenvolvimento de plantas cultivadas.

Para elevar a saturação de Ca<sup>2+</sup> na CTC para 65% são necessários 4.05, 3.51 e 7.71 t ha<sup>-1</sup> do calcário conchas marinhas e 9.44, 8.23, e 13.94 t ha<sup>-1</sup> do calcário dolomítico nos respectivos solos estudados F, LVA1 e LVA2.

O cálculo da necessidade de calagem pelo método da saturação por bases subestima a dose necessária para elevação da saturação por bases a 60% em todos os solos estudados.

Outro ponto importante é a disponibilização cátions trocáveis nos solos, o calcário de conchas marinhas possui maior capacidade de disponibilização de cálcio em virtude de suas características químicas, comparado ao calcário dolomítico, porém em solos deficientes em magnésio, o calcário de conchas marinhas não possui teores significantes de MgO em sua composição, expondo a necessidade de aplicação de uma fonte magnesiânica secundária, já no calcário Dolomítico seus teores de MgO, são suficientes para fazer a correção de magnésios nos solos tratados.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. ANDA - Associação Nacional Para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, São Paulo - SP. 1992. Boletim Técnico N°. 06.
- ALLEONI, L. R. F; CAMBRI, M. A; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 923-934, 2005.
- BRASIL. Instrução normativa nº 35 de 4 de julho de 2006. Diário Oficial da União – Seção 1, Brasília – DF, 32 ISSN 1677-7042 N° 132, quarta-feira, 12 de julho de 2006.
- CAIRES, E. F; BANZATTO, D. A; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 161-169, 2000.
- CARVALHO, M. C. S; NASCENTE, A. S. Application of lime, phosphogypsum and fertilization rates affect soil fertility and common bean development in no-tillage system in a Cerrado Oxisol. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e39322, ISSN on-line 1807-8621, Santo Antônio de Goiás – GO, 2018.
- CAZATTI, M, M; COSTA, L, M; CECON, P, R. Biogenic, sedimentary, and metamorphic limestone: a comparative characterization of soil amendments. **Revista Ceres**, Viçosa - MG, v. 66, n.1, p. 063-071, jan/fev, 2019.
- CARNEIRO, J. S. S; SOUSA, S. A; NIKKEL, M; DEUSDARÁ, T. T; MACHADO, A. F; SILVA, R. R. Supercalagem: alterações em atributos químicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 16, n. 1, DOI 10.5327/Z1677-606220181522, 2018.
- ABREU JR, C, H; MURAOKA, T; OLIVEIRA, F. C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, v. 58, p. 813-824, 2001.
- COELHO, A, M; FRANÇA, G, E. Seja o doutor do seu milho. Piracicaba: Potafos, 1995. Não paginado.
- COELHO, F, S; VERLENGIA, F. Acidez do solo e calagem. In: COELHO, F. S; VERLENGIA, F, (editores). Fertilidade do solo. Instituto campineiro de ensino agrícola. Campinas-SP, 1973, ed. 2, p. 130-156.
- DECHEN, A. R; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAES, F. R.; ALVARES, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 2007, pg 91-132.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Calagem no Brasil. In. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 161-169, 2000.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Brasília, DF. 2017. 573p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Matéria orgânica do solo. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico** (ALICE), 2015, pg 273-293.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuária. Cultivo do Sorgo. ISSN 1679-012, 3. ed. 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuária. Características de corretivos Agrícolas. ISSN 1518-4757, Documento 37. São Paulo, 2004.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 35, p. 2303-2307, 2000.

GUIMARÃES JÚNIOR, M. P. A; SANTOS, A. C.; ARÚJO, A. S.; OLIVEIRA, L. B. T.; RODRIGUES, M. O. B.; MARTINS, A. D. Relação Ca: Mg do corretivo da acidez do solo e as características agronômicas de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 460-471, 2013.

HEIFFIG-DEL AGUILA, L. S; DE SOUSA CÂMARA, G. M; DEL AGUILA, J. S; JANOSELLI, H. R. D; SABADIN, J. F. G; PIEDADE, S. M. D. S; SEGATELLI, C. R. Fitotoxicidade causada a cultura da soja pela aplicação foliar de lactofen com Co e Mo. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 86, n. 1, p. 47-55, 2011.

LOBATO, E; SOUZA, D. M, G. Fertilidade do solo e máxima eficiência produtiva. In: SOUZA, D, M, G; LOBATO, E. (editores). **Cerrado correção do solo e adubação. Embrapa informações agronômicas**. Brasília-DF, 2004, ed. 2, p. 257-282.

LOPES, A. S; SILVA, M. C; GUILHERME, L. R. G. Acidez do solo e calagem. ANDA - Associação Nacional Para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, São Paulo - SP. 1991. Boletim Técnico Nº. 01.

LOPES, A. S. conceitos sobre fertilidade do solo e produtividade. IN: LOPES. A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. 1998, pg. 01-22.

MALAVOLTA, E. Manual de calagem e adubação das principais cultura. Ed. Agronômica Ceres. Piracicaba, SP, 1986.

MENEGATTI, R. D; PEREIRA, A. S; OLIVEIRA, L; DORNELES, A. O. S; DUTRA, D; DEUNER, S. Diferentes concentrações de zinco no desenvolvimento de plantas de *Phaseolus vulgaris* L. [S.l]: **Evidência**, v. 17, n. 1, p. 23-32, 2017.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAES, F. R.; ALVARES, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 2007, p.65-87.

MOREIRA, W. R; RESENDE, R. S; RODRIGUES, F. Á; ANDRADE, C. C. L; NASCIMENTO, C. W. A. Influência do magnésio na resistência do arroz à mancha parda. *Bragantia*, Curitiba, v. 72, n. 2, p. 154-161, 2013.

NATALE, W; ROZANE, D. E; PARENT, L. E; PARENT, S. Acidez do Solo e Calagem em Pomares de Frutíferas Tropicais. Jaboticabal-SP, *Revista Brasileira de Fruticultura* [online]. v. 34, n. 4, p. 1294/1306, dezembro 2012.

NOLLA, A; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 6, n. 1, p. 97-111, 2004.

PIERANGELI, M. A. P; GUILHERME, L. R. G; CURI, N; SILVA, M. L. N; LIMA, J. M. D; COSTA, E. T. D. S. Efeito de pH na adsorção e dessorção de cádmio em Latossolos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 523-532, 2005.

PRADO, R, M; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 39, p. 1007-1012, 2004.

REIS, E. A. C; GUELFI-SILVA, D. R; CANCELLIER, E. L; SOUZA, A. V. Substituição de adubação convencional (NPK) via solo por adubação foliar. Lavras - MG, 2012.

ROSA, A; CAPONI, L. H; LUIZ JUNIOR, A. Z. Disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho em função do pH do solo. *Acta Iguazu*, Cascavel, v.5, Edição Especial “I seminário de Eng. De Energia na Agricultura”, p.108-115, 2016.

ROSOLEM, C, A.; MARUBAYASHI, O, M. Seja o doutor do seu feijoeiro. [S.l]: Informações agronômicas, v. 68, n. 1, p. 1-16, 1994.

SAMPAIO LEAO, D. S; PEIXOTO, J. R; VIEIRA, J. V; CECÍLIO FILHO, A. B. Produtividade de melância em diferentes níveis de adubação química e orgânica. *Bioscience Journal*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), v. 24, n. 4, p. 32-41, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/3438>>.

SAMPAIO, J. A; ALMEIDA, S. L. M. Calcário dolomítico. **Rochas e Minerais Industriais**, CETEM, p. 327, 2005.

SILVA, N. M. Estudo comparativo da adubação foliar com a convencional do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 28, n. único, p. 47-64, 1969.

SOUZA, D, M, G; MIRANDA, L, N; OLIVEIRA, S, A. In: NOVAES, F. R.; ALVARES, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa-MG, 2007, p.203-274.

SOUZA, D. M; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUZA, D, M, G; LOBATO, E. (editores). **Cerrado correção do solo e adubação. Embrapa informações agronômicas**. Brasília-DF, 2004, ed. 2, p. 81-96.

SPERA, S.T.; DENARDIN, J.E.; ESCOSTEGUY, P.A.V. SANTOS, H.P.S.; ENRIQUE ALBERTO FIGUEROA, E.A. **Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário**. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2613-2620, 2008, Número Especial

TEIXEIRA, W. G; REIS, J. V; FEITAS, J. A D; ALVAREZ, V. H. Determinação da necessidade de calagem para o cafeeiro considerando a acidez potencial. In: **Proceedings of the 20th Congreso Latinoamericano y 16th Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo**. 2014. p. 9-15.

VITTI, G. C; LIMA, E; CICARONE, F. Calcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa-MG. 2006, p. 300-322.

VASCONCELLOS, C. A.; SANTANA, D. P.; FERREIRA, L. Métodos de determinação da necessidade de calagem e características físico-químicas de alguns solos de Minas Gerais. 1994.

VELOSO, C. A. C; BOTELHO, S. M; RODRIGUES, J. E. L. F; SILVA, A. R. Correção da acidez do solo. CRAVO, MS; VIÉGAS, IJM; BRASIL, EC Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 93-103, 2007.

VELOSO, C. A. C; MURAOKA, T; MALAVOLTA, E; DE CARVALHO, J. G. Efeitos do alumínio em pimenteiras do reino (*Piper nigrum*, L.) cultivadas em solução nutritiva. *Scientia Agricola*, v. 52, p. 368-375, 1995.

WEIRICH NETO, P. H; CAIRES, E. F; JUSTINO, A; DIAS, J. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. *Ciência Rural*, v. 30, p. 257-261, 2000.

WIETHÖLTER, S. Calagem no Brasil. Embrapa - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. In: Embrapa Trigo, Passo Fundo, p. 104. 2000.