

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**WOOLD CASSIANO DE ARAÚJO**

**INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO CALCÁRIO CALCINADO  
DOLOMÍTICO NO pH DO SOLO**

**FORMIGA – MG**  
**2017**

WOOLD CASSIANO DE ARAÚJO

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO CALCÁRIO CALCINADO  
DOLOMÍTICO NO pH DO SOLO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Química do UNIFOR – MG,  
como requisito parcial para obtenção de título de  
bacharel em Engenharia Química.  
Orientador: Neylor Makalister Ribeiro Vieira

FOMIGA – MG

2017

A663 Araujo, Woold Cassiano de.  
Influência da granulometria do calcário calcinado dolomítico no pH do solo / Woold Cassiano de Araújo.– 2017.  
53 f.

Orientador: Neylor Makalister Ribeiro Vieira.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)-Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.

1. Acidez do solo. 2. Calcário. 3. pH do solo. I. Título.

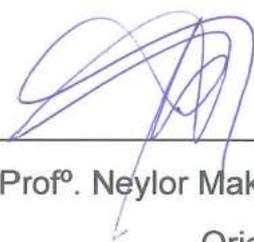
CDD 631.422

WOOLD CASSIANO DE ARAÚJO

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO CALCÁRIO CALCINADO  
DOLOMÍTICO NO pH DO SOLO

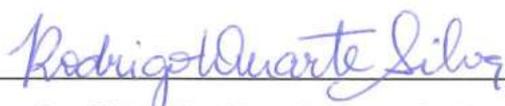
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Química do UNIFOR – MG,  
como requisito parcial para obtenção de título de  
bacharel em Engenharia Química.  
Orientador: Neylor Makalister Ribeiro Vieira

Banca de Avaliação:



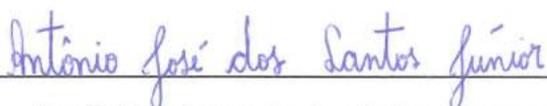
---

Profº. Neylor Makalister Ribeiro Vieira  
Orientador



---

Profº Dr. Rodrigo Duarte da Silva  
UNIFOR/MG



---

Profº Me. Antonio José dos Santos Júnior  
UNIFOR/MG

FOMIGA – MG

2017

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho marca uma etapa importante em minha vida acadêmica e profissional, a sua elaboração se deu graças a algumas pessoas a quem deixo aqui registrado meus sinceros agradecimentos.

Agradeço primeiramente a Deus, que guia meus passos e protege meus caminhos todos os dias da minha vida. A ti Senhor, toda honra e toda glória!

A Daniella Silva Castro, obrigado por estar sempre comigo, me doando todo amor e sempre me ajudando de todas as maneiras possíveis, te amo!

A Beatriz Hooper Araújo por todos os milhões de beijos de coração.

Toda minha família, sem o carinho, apoio e incentivo a realização deste trabalho seria impossível.

A meu amigo e orientador Neylor Makalister que sempre esteve comigo quando precisei e acreditou no meu potencial para realização deste trabalho.

Aos amigos Guilherme Marques Carvalho e Aline Silva Loregian, a vocês sem dúvidas serei eternamente grato por toda a ajuda. Contem sempre comigo!

E a todos os amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste.

## EPÍGRAFE

“O solo não é uma herança que recebemos de nossos pais, mas sim um patrimônio que tomamos emprestado de nossos filhos”.

L. Brown.

## RESUMO

No Brasil, a calagem dos solos é realizada como uma prática agrícola comum que consiste na aplicação de calcários a base de carbonatos de cálcio e magnésio, provenientes da moagem de rochas, que tem por objetivo corrigir a acidez do solo, aumentando o seu potencial hidrogeniônico (pH) quando este estiver baixo, neutralizar o alumínio tóxico e ainda fornecer macro nutrientes, cálcio e magnésio necessários para um melhor desempenho da cultura a ser implantada. Objetivou-se com o presente estudo avaliar a eficiência de diferentes granulometrias do calcário calcinado dolomítico 00/03 e 03/07 mm em relação ao calcário “filler” dolomítico, que é o corretivo agrícola mais utilizado na região de Minas Gerais devido a sua abundancia, perante a elevação do pH do solo a um curto prazo de tempo. O experimento foi inteiramente conduzido em vasos. Foi realizado o cálculo de necessidade de calagem, mediante a uma amostra química do solo *in natura*, na qual a dose do calcário “filler” dolomítico foi de 1,778 t/ha e do calcário calcinado dolomítico de 0,889 t/ha. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos nas proporções de 100% das doses recomendadas, cinco repetições cada, sendo essas medidas feitas a cada sete dias no período de cinco semanas. Após cada tempo de incubação, fez-se a retirada das amostras de solo de cada unidade experimental e as mesmas foram analisadas. Comprovou-se com os resultados obtidos que o calcário calcinado dolomítico apresentou diferença significativa em relação ao calcário “filler” dolomítico em relação a elevação do pH.

Termos para indexação: Acidez do solo; Calcário; pH do solo.

## **ABSTRACT**

In Brazil, soil liming is performed as a common agricultural practice that consists of the application of limestone based on calcium and magnesium carbonates from rock crushing, which aims to correct the acidity of the soil, increasing its hydrogen ionic potential (pH) when it is low, neutralize the toxic aluminum and still provide macro nutrients, calcium and magnesium necessary for a better performance of the culture to be implanted. The objective of this study was to evaluate the efficiency of different granulometries of dolomitic calcined limestone 00/03 and 03/07 mm in relation to the dolomitic filler limestone, which is the most used agricultural corrective in the region of Minas Gerais due to its abundance, the elevation of soil pH over a short period of time. The experiment was conducted in pots. The liming requirement was calculated by means of a chemical sample of the soil in natura, in which the dose of the dolomite filler limestone was 1,778 t / ha and the dolomitic calcined limestone of 0.889 t / ha. The experimental design was completely randomized, with treatments in the proportions of 100% of the recommended doses, five replications each, and these measurements were made every seven days in the five week period. After each incubation time, soil samples were taken from each experimental unit and analyzed. It was verified with the results that the dolomitic calcined limestone showed a significant difference in relation to the dolomite filler limestone in relation to the pH increase.

Index terms: Soil acidity; Limestone; Soil pH.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismo de ação da correção e nutrição do solo.....	13
Figura 2 - Jazida de calcário, Arcos MG. ....	15
Figura 3 - Calcário dolomítico “filler”.....	17
Figura 4 - Fornos de calcinação tipo MAERZ.....	19
Figura 5 - Calcário calcinado 00/03 mm.....	20
Figura 6 - Calcário calcinado 03/07 mm.....	21
Figura 7 - Amostras incubadas.....	31
Figura 8 - Área amostrada (largura, comprimento e profundidade).....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Faixas de pH mais adequadas para algumas culturas.....	11
Quadro 2 - Classificação dos tipos de calcário em relação ao % de MgO. ....	15
Quadro 3 - Faixa de PRNT segundo a legislação brasileira.....	18
Quadro 4 - Capacidade de neutralização dos principais corretivos de acidez. ....	24
Quadro 5 - Culturas que necessitam de V(%) de 80%.....	26
Quadro 6 - Relação dos equipamentos utilizados no ensaio. ....	30
Quadro 7 - Características químicas do solo utilizado. ....	31
Quadro 8 - Características químicas dos corretivos.....	32
Quadro 9 - Verificação dos pesos das amostras para controle da umidade. ....	32
Quadro 10 - Resultados de análises do solo após cinco semanas de incubação. ....	34

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados de análises semanal de pH.....	34
Gráfico 2 - Resultados de análises do pH. ....	35
Gráfico 3 - Resultados do cálculo do V(%). ....	36
Gráfico 4 - Resultados de análises de $\text{Ca}^{+2}$ . ....	37
Gráfico 5 - Resultados de análises de $\text{Mg}^{+2}$ . ....	37
Gráfico 6 - Resultados do cálculo de H + Al.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% – Porcentagem.

°C – Grau Celsius

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al – Alumínio

Ca - Cálcio

Ca(OH)<sub>2</sub> – Hidróxido de cálcio

CaCO<sub>3</sub> – Carbonato de cálcio

CaO - Óxido de cálcio

CC – Capacidade de campo

cm – Centímetros

cmol<sub>c</sub> – Centimol de carga

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CTC – Capacidade de troca catiônica

Cu – Cobre

dm<sup>3</sup> – Densímetro cúbico

Fe – Ferro

g – Gramas

H – Hidrogênio

HCO<sub>3</sub> – Ácido carbônico

H<sub>2</sub>O – Água

ha - Hectare

K – Potássio

Mg - Magnésio

mg – Miligrama

Mg(OH)<sub>2</sub> – Hidróxido de magnésio

MgO – Óxido de magnésio

mm – Milímetros

Mn – Manganês

Mpa – Mega Pascal

N - Normal

NC – Necessidade de calagem

Nº - Número

O – Oxigênio

OH<sup>-</sup> – Hidroxila

Pa - Pascal

pH – Poder hidrogeniônico

PMP – Ponto de murcha permanente

PN – Poder de neutralização

PRNT – Poder relativo de neutralização total

RE – Reatividade

SDA – Secretaria de defesa agropecuária

V(%) – Saturação por base

Zn – Zinco

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	7
2 OBJETIVOS .....	8
2.1 Objetivo geral: .....	8
2.2 Objetivos específicos:.....	8
3 JUSTIFICATIVA .....	9
4 REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
4.1 Acidez do solo .....	10
4.2 Análise do solo .....	11
4.2.1 Coleta de amostras .....	12
4.3 Corretivos de acidez.....	12
4.3.1 Calcário .....	14
4.3.2 Calcário dolomítico .....	16
4.3.3 Calcário calcinado .....	19
4.4 Potencial hidrogeniônico .....	21
4.5 Calagem .....	22
4.5.1 Poder de neutralização (PN) .....	23
4.5.2 Reatividade (RE) .....	24
4.5.3 Poder relativo de neutralização total (PRNT) .....	25
4.5.4 Método de saturação por bases ou V(%) .....	25
4.5.5 Capacidade de campo.....	27
4.6 Estudos relacionados ao tema .....	28
5 METODOLOGIA.....	29
5.1 Materiais.....	30

5.2 Métodos.....	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
7 CONCLUSÃO.....	39
8 ESTUDOS FUTUROS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
ANEXO A .....	46
ANEXO B .....	47
ANEXO C .....	48
ANEXO D .....	49
ANEXO E .....	50
ANEXO F.....	51
ANEXO G.....	52

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Moniz (1972), o solo é definido como a coleção de corpos naturais ocorrendo na superfície da terra, contendo matéria viva capaz de suportar plantas. É enfim, a camada superficial da crosta terrestre em que se nutrem as plantas. Essa tênue camada é composta por partículas de rochas em diferentes estádios de desagregação, água e substâncias químicas em dissolução, ar, organismos vivos e matéria orgânica em diferentes fases de decomposição.

O solo é um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal de terra, sem a qual os seres vivos não poderiam existir. Nessa cobertura, incluem-se não só as culturas como, também, todos os tipos de árvores, gramíneas, raízes e herbáceas que podem ser utilizadas pelo homem (BERTONI, J. 1968).

As terras se tornam menos produtivas por algumas razões como: perda da matéria orgânica, perda dos elementos nutritivos e perda do solo. Esses prejuízos são causados pelo mau uso do solo, erosão e alcalinidade. Por conservação do solo, dever-se-á entender a preservação e o desenvolvimento, de modo a proporcionar o maior bem pelo maior período de tempo, dos recursos naturais de caráter renovável (BUNCE, 1942).

O conhecimento das características do solo é de grande importância na orientação dos trabalhos para seu tratamento e manejo. As características físicas e químicas direcionam a um cuidado especial para suprir as necessidades de nutrientes específicas de cada região. Estes solos exigem a aplicação de corretivos para elevar o seu pH, neutralizar os efeitos dos elementos tóxicos, fornecer Ca e Mg e aumentar a produtividade das culturas (VELOSO *et al.*, 1992).

Avaliar a capacidade de uso da terra significa levantar características ambientais e indicar possibilidades de uso agrícola conforme critérios exigidos pelos cultivos (SIRTOLI, 2006).

MANZATTO *et al.* (1999), concluem que a principal vantagem da agricultura de precisão é a possibilidade de aplicar insumos, nas quantidades necessárias à produção agrícola, tanto quanto os custos e a tecnologia os permitam.

Antes da introdução de uma determinada técnica de manejo, é necessária a correção da acidez do solo, mantendo o pH e os teores de Ca e Mg em níveis considerados adequados (MIRANDA *et al.*, 2005).

A necessidade da correção do solo é importante, visto que no Brasil a maioria dos solos tem um caráter ácido, o que acarreta uma série de transtornos à agricultura. A acidez do solo diminui a concentração dos nutrientes necessários para um bom desenvolvimento das culturas.

A adoção da técnica, a definição das doses e as formas de aplicação, apesar de serem uma prática barata, 9,6% do custo total de produção para agricultura de sequeiro e 2,1% para a irrigada (SOUZA & LOBATO, 2004), ainda é muito comum a negligência quanto ao seu uso. Ainda é comum se encontrar lavouras que receberam adubação sem uma correção da acidez do solo, ou seja, sem a aplicação da calagem. Da mesma forma, também é comum a utilização de doses acima das recomendáveis.

Vale a pena ressaltar a importância da realização de estudos e pesquisas no campo da correção e nutrição dos solos, com o intuito de auxiliar as empresas de calcinação na utilização dos finos gerados em suas britagens. De forma a desenvolver produtos de forma sustentável e com boa rentabilidade, e aos produtores rurais na concepção de produtos com alta qualidade, melhorando suas colheitas e conseqüentemente seus faturamentos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral:**

Analisar e identificar, em condições de laboratório, a influência de duas diferentes granulometrias do calcário calcinado dolomítico no pH do solo em função do tempo de aplicação e comparar seu desempenho com o do calcário “filler” dolomítico.

### **2.2 Objetivos específicos:**

Os objetivos específicos se classificam em:

- Verificar a curva de resultados de pH das diferentes granulometrias em função do tempo de aplicação;
- Identificar a melhor faixa granulométrica do calcário calcinado dolomítico para correção do pH do solo.

- Apontar os benefícios da utilização do calcário calcinado em relação ao calcário “filler”.

### **3 JUSTIFICATIVA**

Diante de um cenário cada vez mais competitivo no mercado e a oportunidade de aproveitamento dos finos gerados nas britagens das calcinações, as empresas buscam produtos alternativos que tragam bons resultados para a agricultura do país, se mantendo no mercado evitando o desperdício e aumentando sua rentabilidade.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Acidez do solo

A grande maioria dos solos agrícolas brasileiros apresenta alta acidez ( $\text{pH} < 5,5$ ) sendo um dos principais responsáveis pela baixa produtividade das culturas (VELOSO *et al.*, 1992). Para determinar se um solo é ácido, neutro ou alcalino, a reação do solo medida pelo potencial hidrogeniônico ( $\text{pH}$ ) é uma das mais importantes características. Na maioria dos casos, um solo ácido tem altos teores de alumínio trocável ( $\text{Al}^{+3}$ ), baixos teores de bases trocáveis ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^{+}$ ), e os teores disponíveis de Manganês e Ferro tão altos que podem se tornar tóxicos para as culturas.

São apontadas como causas principais da acidez do solo a erosão que remove a sua camada mais superficial, a lavagem do perfil pelas águas das chuvas, a adubação com fertilizantes nitrogenados contendo amônio e ureia, e o cultivo intensivo que causa a retirada do cálcio e do magnésio do solo (SIRTOLI, 2006).

A planta retira os nutrientes diretamente da solução do solo e absorve com grande eficiência os seus nutrientes em soluções com  $\text{pH}$  de 6,0 a 7,0. O  $\text{pH}$  dessa solução afeta diretamente a eficiência da absorção de nutrientes pelas células das raízes da planta e, assim, afetam sua produtividade (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995).

A solubilidade dos nutrientes, também, depende do  $\text{pH}$  da solução do solo. As concentrações de  $\text{Fe}^{+3}$  e  $\text{Al}^{+3}$  em solução aumentam 1000 vezes para cada redução de uma unidade de  $\text{pH}$ . As concentrações de  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  e  $\text{Zn}^{+2}$  são reduzidas em 100 vezes a cada aumento de uma unidade de  $\text{pH}$  (LINDSAY, 1979).

As reservas de nutrientes na matéria orgânica deixam de ser utilizadas em solos com  $\text{pH}$  baixo, pois os agentes (bactérias) que a mineralizam rapidamente e liberam os nutrientes para as plantas trabalham ativamente em  $\text{pH}$  próximo da neutralidade. Em  $\text{pH}$  ácido, fungos e actinomicetos mineralizam lentamente a matéria orgânica (MALAVOLTA, 1985). O  $\text{pH}$  ótimo para a maioria das culturas cultivadas no Brasil encontra-se na faixa de 6,0 a 7,0. No QUADRO 1 pode-se observar a faixa de  $\text{pH}$  mais adequada para o cultivo de algumas culturas.

Quadro 1 - Faixas de pH mais adequadas para algumas culturas.

Cultura	pH favorável
Algodoeiro	5,5 – 6,5
Arroz	5,0 – 6,5
Cafeeiro	5,5 – 6,5
Cana de açúcar	5,5 – 6,5
Capins	5,5 – 7,0
Centeio	5,5 – 7,0
Cevada	5,5 – 7,0
Feijoeiro	5,5 – 6,7
Milho	5,5 – 7,0
Soja	5,5 – 7,0
Sorgo	5,5 – 7,0
Trigo	6,0 – 7,0

Fonte: Malavolta (1989).

Grande parte das culturas têm dificuldade de se desenvolver em solos com solução de pH inferior a 4,0 ou superior a 9,0. Quase não se encontram solos com essas condições extremas de pH. Porém, mesmo entre a faixa de 4,0 a 9,0, pode haver problemas de assimilação e solubilidade de alguns nutrientes, o que exige uma correção do solo.

#### 4.2 Análise do solo

A análise do solo é a medida mais prática, rápida, direta e barata de se fazer uma análise racional da fertilidade do solo e de transferir tecnologia desenvolvida na pesquisa para o agricultor (CHITOLINA *et al.*, 1999). A amostra composta deve ser pelo menos de 500 g para ser enviada ao laboratório.

A recomendação do uso de corretivos e fertilizantes deve ser fundamentada pelos resultados da análise do solo, a aplicação destes em excesso ou deficiência causará prejuízos ao produtor e sérios problemas no desenvolvimento das culturas.

A análise de solo complementa os dados obtidos junto do produtor rural e os coletados diretamente nas áreas de cultivo. Segundo Watanabe *et al.*, (2002), os dados obtidos em campo através de uma observação visual não são suficientes para determinar possíveis problemas nutricionais das culturas.

### **4.2.1 Coleta de amostras**

Para que se tenha resultados confiáveis em uma análise de solo, é necessário que se faça uma amostragem correta e de maneira técnica, pois ela será a representação de terreno que se deseja analisar (SQUIBA, 2002). A partir deste princípio, a amostragem é a fase mais crítica do programa de recomendações de adubação e calagem com base nas análises do solo.

A falha humana em cada uma das fases pode gerar erros, afetando os resultados da análise. O erro devido a uma amostragem mal realizada é muito significativo, pois não pode ser corrigido nas fases subsequentes. Portanto os procedimentos de coleta devem ser rigorosos, pois as análises laboratoriais não corrigem as falhas cometidas na amostragem de campo (IAPAR, 1996).

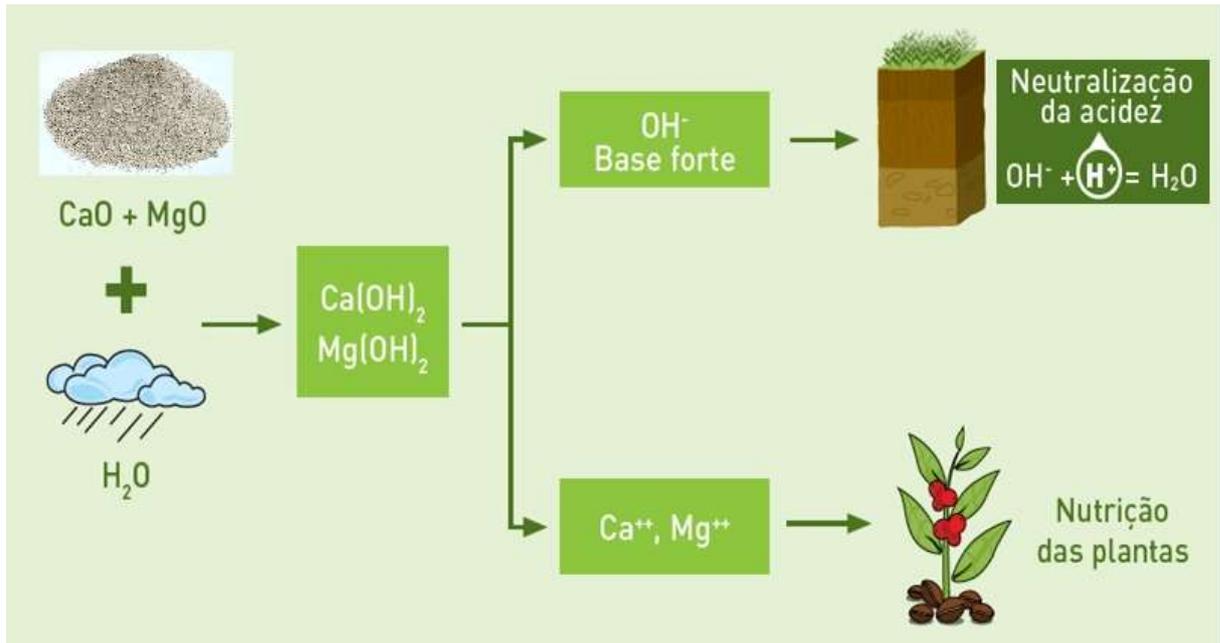
O rigor na execução da amostragem do solo, determinações químicas e físicas, interpretação dos resultados, recomendação de corretivos e a implantação das recomendações determinam a importância de uma análise de solo. A amostragem é a operação mais simples e a mais importante, pois uma pequena quantidade de solo recolhida deve representar as características de uma grande área (SIRTOLI, 2006)

### **4.3 Corretivos de acidez**

Corretivos da acidez dos solos são produtos capazes de neutralizar (eliminar ou diminuir) a acidez dos solos e ainda carrear nutrientes vegetais ao solo (ALCARDE, 1992). A FIG. 1 mostra a ação de um corretivo a base de óxidos na correção do pH e nutrição do solo.

A velocidade de reação de um corretivo e seu efeito residual são grandezas inversas. O tamanho das partículas condiciona a taxa de reatividade, os materiais finamente divididos reagem mais rapidamente no solo e o seu efeito é mantido por um período mais curto do que os materiais que contêm uma quantidade de partículas razoavelmente mais grossas (SIRTOLI, 2006)

Figura 1 - Mecanismo de ação da correção e nutrição do solo.



Fonte: Autor (2017)

No sistema convencional, o corretivo deve ser espalhado sobre o terreno da forma mais homogênea possível e aplicado de uma só vez, deve ser realizada uma pré-mistura com grade, e, a seguir, aração profunda para completar a incorporação de preferência com o solo úmido (RAIJ *et al.*, 1996).

A definição do momento correto para a reaplicação do corretivo depende das frações não trocáveis de cálcio e magnésio no solo, que teoricamente representam a fração do corretivo remanescente que ainda não foi dissolvido, visto que os corretivos de acidez reagem lentamente em contato com o solo (QUAGGIO *et al.*, 1982).

Em se tratando de lucratividade, logo aparece o conceito de eficiência. Esses dois conceitos estão diretamente ligados ao outro, geralmente o corretivo mais eficiente é aquele que proporciona lucro mais elevado. Para essa afirmação se tornar verdadeira é necessário levar em conta alguns aspectos técnicos e econômicos.

Quanto a esses aspectos, na maioria das situações é necessário o uso de corretivos com reatividade e efeitos residuais intermediários, o efeito residual de um corretivo é o tempo de duração da correção da acidez no solo, mas também existem situações como solos muito ácidos, terrenos arrendados temporariamente, atraso na calagem, hortas onde é importante considerar a utilização de corretivos com maior

reatividade, já na implantação de pastagens, culturas perenes e semi-perenes que necessitam de efeito residual maior (SIRTOLI, 2006)

Deve-se considerar também a natureza química do produto, porque exigem diferentes cuidados na aplicação. O calcário calcinado, por exemplo, deve ser incorporado logo após a aplicação para não se empedrar. Também exige uma atenção especial quanto à proteção individual e coletiva das pessoas durante sua aplicação quanto ao contato com a pele e os olhos. Já os produtos de granulometria fina exigem alguns equipamentos adequados para sua aplicação, deve se atentar também para as condições climáticas, pois podem apresentar perdas acentuadas devido a ação dos ventos.

Contudo, não é possível definir o melhor corretivo apenas pelas suas características apresentadas nas embalagens. Cabe ao engenheiro ou técnico, indicar o corretivo mais adequado para cada situação. Há diferentes situações agrícolas que exigem corretivos com diferentes características. Baseado neste contexto, o mercado dos produtores de corretivos tem diversificado seus produtos com características diferenciadas visando atender seus clientes de formas especificadas e com garantia de sucesso (SIRTOLI, 2006)

Segundo Alcarde (1985) os materiais que podem ser usados na correção da acidez dos solos são aqueles que contêm como princípios ativos ou "constituintes neutralizantes", óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e/ou de magnésio, tais como; calcário dolomítico, calcário calcinado e escórias.

#### **4.3.1 Calcário**

O calcário é uma rocha sedimentar composta por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, extraído de jazidas e utilizado em diversos segmentos industriais. Ele é o corretivo da acidez mais utilizado na agricultura por ser um composto natural e de alta disponibilidade.

Em geral, a produtividade agrícola em solos tropicais é afetada principalmente por fatores diretamente ligados a acidez do solo, que é corrigida pela aplicação do calcário que melhora a absorção de alguns nutrientes pelas plantas (NATALE, 2012).

No Brasil a classificação dos calcários agrícolas é dada pela Instrução Normativa SDA/ N° 35, de 04 de julho de 2006, que os divide nas seguintes categorias, em relação ao teor de óxido de magnésio (QUADRO 2):

Quadro 2 - Classificação dos tipos de calcário em relação ao % de MgO.

Classificação	% de MgO
Calcíticos	Menos de 5%
Magnesianos	Entre 5 e 12%
Dolomíticos	Acima de 12%

Fonte: [agronomiacomgismonti.blogspot.com.br](http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br).

A FIG. 2 nos mostra uma jazida de calcário situada na cidade de Arcos-MG. Na utilização adequada do calcário, percebe-se que além da correção da acidez do solo, este produto aumenta a disponibilidade de cálcio, magnésio e da maioria dos nutrientes essenciais para as plantas (RIBEIRO, 1999).

Figura 2 - Jazida de calcário, Arcos MG.



Fonte: Autor (2016).

### 4.3.2 Calcário dolomítico

Um calcário dolomítico tem em sua composição química mais de 12% de óxido de magnésio, de acordo com a legislação brasileira (Instrução Normativa SDA/ Nº 35, de 04 de julho de 2006), sendo o calcário mais utilizado pelos produtores em todo o estado de Minas Gerais. A maioria dos solos de Minas Gerais são latossolos, solos de intemperização intensa, popularmente conhecidos como solos velhos, sendo definidos pelas características gerais como: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio e silício, baixa atividade (baixa CTC), baixa saturação de bases e com elevada acidez, dessa forma, o calcário dolomítico se mostra um excelente corretivo da acidez e bastante eficaz no fornecimento de vários macro nutrientes para o solo (NETO, 2009).

Segundo Amaral (2004) apesar do calcário apresentar baixa solubilidade, no solo, os efeitos da sua aplicação, tem obtido sucesso em períodos de tempo relativamente curtos e em uma profundidade desejada.

A ação e a qualidade dos corretivos de solo dependem fundamentalmente do seu PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) que é a associação dos seguintes parâmetros: poder de neutralização (PN), reatividade (RE). Qualquer um desses parâmetros, analisados isoladamente, não possibilita uma adequada avaliação da ação e qualidade do corretivo (BELLINGIERI, 1988). O aumento do Poder Relativo de Neutralização Total dos corretivos agrícolas pode ser conseguido aumentando a área de contato da partícula com o solo através da moagem mais fina, que resulta o aumento da reatividade, ou também pela calcinação<sup>1</sup> e posteriormente pela hidratação<sup>2</sup> onde ocorre o aumento de PN e reatividade (ALCARDE, 2005).

Portanto, pode-se concluir que, quanto maior o PRNT, maior é a reatividade do corretivo e maior é a sua ação no solo. A utilização de um calcário com maior ou menor PRNT depende da necessidade do produtor em relação ao tempo de resposta do corretivo, do tipo de cultura a ser implantada e não menos importante a questão da viabilidade econômica. A FIG. 3 nos mostra o calcário dolomítico “filler”, são os calcários finamente moídos, devem passar 100% na peneira 50, utilizado neste trabalho.

---

<sup>1</sup> Calcinação – transformação do carbonato em óxido em temperaturas elevadas.

<sup>2</sup> Hidratação – transformação do óxido em hidróxido.

Figura 3 - Calcário dolomítico “filler”.



Fonte: Autor (2017).

Entretanto, Barber (1967) afirma que, o calcário dolomítico, apesar de apresentar maior poder de neutralização em relação ao equivalente em  $\text{CaCO}_3$ , reage mais lentamente em solos ácidos, devido a maior estabilidade da dolomita.

Um estudo realizado por Quaggio (1982) constatou que após seis meses da aplicação de um calcário dolomítico para correção de um latossolo, não houve perdas significativas de cálcio e magnésio até a profundidade de 60 cm, e depois dele, a cada doze meses, houve uma perda de 20%, independente da dosagem aplicada, o que permite estimar o efeito residual da calagem nesse solo.

O efeito residual de um corretivo pode variar pela influência de alguns fatores: clima, dosagem do corretivo utilizado na calagem, tipo de solo, adubações (o uso dos adubos nitrogenados, agravam ainda mais o problema da acidificação do solo), cultura implantada, intensidade de cultivo (ALCARDE, 2005).

A avaliação do efeito residual raramente ultrapassa dois anos e não há, em geral, preocupação em testar o critério usado para calcular as quantidades de calcário a aplicar. Raij *et al.*, (1977) mostraram importante efeito residual para soja até no terceiro ano e constataram também que o critério do alumínio indicava

quantidades insuficientes de calcário. Freitas e Rajj (1974) constataram efeito residual da calagem de pelo menos seis anos.

Um estudo realizado por Sousa *et al.*, (2013) sobre a caracterização tecnológica de um calcário dolomítico mostra uma avaliação quanto às suas propriedades físico-químicas, por apresentar origem metamórfica, o calcário apresentou-se compacto e pouco poroso, o que torna sua interação com o solo lenta, conseqüentemente, aumentando o efeito residual, porém após a calcinação há uma drástica mudança na textura, ocorrendo a diminuição da densidade, aumento de superfície reativa e desenvolvimento de porosidade aberta.

A frequência das reaplicações é determinada pelos fatores que atuam sobre essas perdas e pelo tipo de cultura visada, onde, o estabelecimento de taxas de reposição e intervalos fixos entre as aplicações dos corretivos, pode conduzir a insucessos (ALCARDE, 2005).

A composição de um calcário denota a porção de constituintes diferentes química ou fisicamente, porém, a similaridade entre as propriedades físicas dos minerais carbonatados resulta numa dificuldade na distinção entre eles.

A legislação brasileira (Instrução Normativa SDA/ Nº 35, de 04 de julho de 2006) admite as seguintes faixas, na comercialização de um calcário (QUADRO 3):

Quadro 3 - Faixa de PRNT segundo a legislação brasileira

CALCÁRIO	PRNT
FAIXA A	Entre 45,0 e 60,0 %
FAIXA B	Entre 60,1 e 75,0 %
FAIXA C	Entre 75,1 e 90,0 %
FAIXA D	Superior a 90,0 %

Fonte: [agronomiacomgismonti.blogspot.com.br](http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br).

A revisão realizada indica que não há informações suficientes a respeito da granulometria ideal para a correção da acidez do solo, visando adequada nutrição e produtividade das culturas.

### 4.3.3 Calcário calcinado

A disponibilidade, o beneficiamento e o emprego dos recursos minerais afetam direta e indiretamente o desenvolvimento sustentável da economia, as fontes minerais são essenciais na manufatura de diversos produtos, para a construção civil, fontes energéticas e para a agricultura (HIGHLEY, *et al.*, 2004).

A cal é um produto obtido industrialmente pela decomposição térmica do calcário em fornos de calcinação (FIG. 4). Seus constituintes dependem da origem da rocha calcária, tendo óxido de cálcio (CaO) como o componente prevalecente, sua ação neutralizante é devida à base forte  $\text{Ca(OH)}_2$ , produto da reação do CaO com a água (equações 1 e 2).

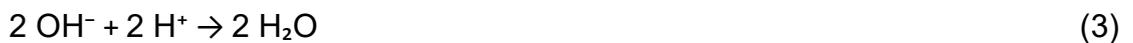
Figura 4 - Fornos de calcinação tipo MAERZ.



Fonte: Autor (2016).

O calcário calcinado é um corretivo agrícola com um teor aproximado de 60% de CaO, 30% de MgO e PRNT em torno de 160%. Os elevados teores de CaO, MgO e PRNT, são resultados da calcinação do calcário, que consiste na descarbonatação da rocha em temperaturas elevadas, acima de 1000 °C (ALCARDE, 2005).

Uma base é considerada forte ou fraca pela intensidade com que disponibiliza o íon  $\text{OH}^-$  no meio. O calcário calcinado é considerado uma base forte, pois, disponibiliza de imediato, os seus íons  $\text{OH}^-$  no meio (equação 3), enquanto uma base fraca, devido ao equilíbrio químico, disponibiliza mais lentamente e em pequenas quantidades. A FIG. 5 mostra o calcário calcinado de 00/03 mm utilizado neste trabalho.



Algumas vantagens do calcário calcinado em relação ao calcário “filler” são: é uma mistura de óxidos, solúvel, com fácil penetração, favorece o crescimento do sistema radicular, de ação imediata (pode ser adicionado durante o plantio), alta concentração de  $\text{OH}^-$ , redução de custos com a baixa dosagem (1/3), melhora a absorção de água e nutrientes pela planta, fácil aplicabilidade, fonte de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  dentre outros nutrientes. A FIG. 6 mostra o calcário calcinado de 03/07 mm utilizado neste trabalho.

Figura 5 - Calcário calcinado 00/03 mm.



Fonte: Autor (2017).

Figura 6 - Calcário calcinado 03/07 mm.



Fonte: Autor (2017).

#### 4.4 Potencial hidrogeniônico

A maioria dos solos brasileiros apresenta baixos valores de pH, que comprometem a sua fertilidade, o desenvolvimento das culturas e a disponibilidade de nutrientes que as plantas necessitam. A acidez de um solo é representada pelo índice de potencial hidrogeniônico (pH), onde os valores menores que 7 são considerados ácidos.

Assim, a acidez se torna uma das principais causas da queda de rendimento e da produtividade dos solos (LOPES, 1991). A aplicação da calagem que é distribuição do corretivo (calcário, calcário calcinado, lama de cal, etc.) na área necessitada, seja ela feita de maneira incorporada ou não, tem a finalidade de diminuir ou corrigir a acidez do solo, baixando a concentração de íons de hidrogênio, de alumínio e de manganês, que se encontram acidificando o solo impedindo o desenvolvimento das culturas (MALAVOLTA, 1989a).

Segundo Freiria (2008) com a aplicação de um corretivo na dosagem correta, e o tempo suficiente de contato com as partículas do solo para sua solubilização total, tem-se um aumento de pH significativo. A maioria das culturas se desenvolvem melhor em solos com pouca acidez, frequentemente com um pH em torno de 6,5,

por isso à necessidade da elevação do pH dos solos mais ácidos (MALAVOLTA, 1989a).

#### 4.5 Calagem

A calagem é uma prática bastante conhecida e utilizada na agricultura para a correção da acidez do solo, faz-se necessária para refinar o ajuste do pH, auxilia na redução da atividade do Al trocável, melhora o desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea das plantas, promovendo com maior eficiência de absorção de água, supri a carência de cálcio e magnésio, aumentando a disponibilidade de macro nutrientes, para a máxima eficiência econômica da cultura aplicada, além de contribuir para a melhoria da estrutura do solo [...] (BRADY, 1989).

Com o aumento do pH e diminuição do teor de  $Al^{+3}$  trocável no solo, também melhora o fornecimento de outros nutrientes tais como o nitrogênio e o fósforo, favorecendo o desenvolvimento das plantas e melhorando as propriedades físicas do solo (LOPES, 1991).

Vale lembrar que a calagem exige um estudo primário do solo para a determinação da dosagem correta do corretivo a ser aplicado, de acordo com Moore *et al.* (1961), o excesso de cálcio em relação ao magnésio na solução do solo, prejudica a absorção desse magnésio, assim como o excesso de magnésio também prejudica a absorção de cálcio.

Alguns fatores afetam resposta à calagem, ela não ocorre na mesma proporção para todos os solos e culturas, estando ainda sujeito à variação do manejo do solo. Infelizmente não é possível considerar todos os fatores nos métodos de cálculo de necessidade de calagem, mas devem ser conhecidos para identificar possíveis variações na resposta da calagem em campo.

O teor de matéria orgânica tem sido adicionado aos métodos de cálculo da necessidade de calagem, resíduos em decomposição e matéria orgânica estável tem sido apontados com fatores importantes no decréscimo na atividade do  $Al^{+3}$  em solução (MIYAZAWA *et al.*, 2000), diminuindo a toxidez do solo e ainda podem atuar na elevação do pH. Outros fatores também interferem na resposta à calagem com níveis de macro e micronutrientes no solo ou aplicados via adubação, rotação de culturas, condições precárias de umidade do solo, sistema de cultivo e mineralogia do solo.

#### 4.5.1 Poder de neutralização (PN)

O poder de neutralização (PN) de um corretivo de acidez é determinado analiticamente, fazendo-se uma amostra do mesmo reagir com uma quantidade conhecida e em excesso de ácido clorídrico relativamente diluído (0,5 N) e a quente (BRASIL, 1983).

Dessa forma, é dada oportunidade ao corretivo de exercer toda a sua capacidade de neutralizar o ácido. Posteriormente, determina-se o excesso de ácido e, por diferença, calcula-se a quantidade de ácido neutralizada pelo corretivo. De acordo com o princípio da equivalência química, a quantidade de ácido neutralizada equivale à quantidade de constituinte neutralizante contido na amostra. Ainda pelo princípio da equivalência, seja qual for o constituinte da amostra, considera-se como sendo o  $\text{CaCO}_3$ , que é tomado como padrão.

Assim, calcula-se a quantidade de  $\text{CaCO}_3$  que deveria existir na amostra e o resultado é expresso em “porcentagem equivalente em carbonato de cálcio”.

O PN indica, portanto, a capacidade potencial ou teórica do corretivo em neutralizar a acidez dos solos. O PN de um corretivo depende não só do teor de neutralizantes presentes, mas também a natureza química do neutralizante. Cada espécie neutralizante tem uma determinada capacidade de neutralização, onde as capacidades estão expressas em relação à capacidade do  $\text{CaCO}_3$ , tomado como padrão. O QUADRO 4 apresenta a capacidade de neutralização dos principais corretivos de acidez dos solos utilizados na agricultura.

Deve-se notar que a determinação do PN indica apenas que o produto é alcalino ou básico, e a partir daí apenas supõe-se que o seu constituinte seja o  $\text{CaCO}_3$ . Portanto, não possibilita caracterizar a natureza química do neutralizante, isto é, se é carbonato, óxido, hidróxido ou silicato, assim como também não possibilita caracterizar se o produto é corretivo de acidez dos solos, isto é, se a base está associada ao cálcio ou ao magnésio.

Quadro 4 - Capacidade de neutralização dos principais corretivos de acidez.

Corretivo	Adiciona	Neutraliza
CaCO <sub>3</sub> 0,50 g 1 cmol <sub>c</sub>	Ca <sup>+2</sup> 0,20 g 1 cmol <sub>c</sub>	H <sup>+</sup> 0,01 g 1 cmol <sub>c</sub>
MgCO <sub>3</sub> 0,42 g 1 cmol <sub>c</sub>	Mg <sup>+2</sup> 0,12 g 1 cmol <sub>c</sub>	H <sup>+</sup> 0,01 g 1 cmol <sub>c</sub>
CaO 0,28 g 1 cmol <sub>c</sub>	Ca <sup>+2</sup> 0,20 g 1 cmol <sub>c</sub>	H <sup>+</sup> 0,01 g 1 cmol <sub>c</sub>
MgO 0,20 g 1 cmol <sub>c</sub>	Mg <sup>+2</sup> 0,12 g 1 cmol <sub>c</sub>	H <sup>+</sup> 0,01 g 1 cmol <sub>c</sub>
Ca(OH) <sub>2</sub> 0,37 g 1 cmol <sub>c</sub>	Ca <sup>+2</sup> 0,20 g 1 cmol <sub>c</sub>	H <sup>+</sup> 0,01 g 1 cmol <sub>c</sub>
Mg(OH) <sub>2</sub> 0,29 g 1 cmol <sub>c</sub>	Mg <sup>+2</sup> 0,12 g 1 cmol <sub>c</sub>	H <sup>+</sup> 0,01 g 1 cmol <sub>c</sub>

Fonte: Sirtoli (2006).

#### 4.5.2 Reatividade (RE)

Um fator a ser observado na composição de um corretivo é a sua reatividade, ela influencia no cálculo da PRNT, mas sozinha não serve de parâmetro para classificar a qualidade de um corretivo de solo. A reatividade de um corretivo é a sua velocidade de ação na correção da acidez do solo, sua performance, dependente das condições do solo e do clima (temperatura, umidade, solos mais ácidos). Os corretivos com bases fortes e com granulometria mais fina são mais reativos no solo (ALCARDE, 2005).

A reação de um corretivo no solo depende também da eficiência reativa, e envolve o aspecto físico (tamanho das partículas) do corretivo. A velocidade de reação do calcário é diretamente proporcional à superfície de contato, que, por sua vez, é inversamente proporcional ao tamanho do grão. Logo, menores partículas de corretivo têm maior área superficial e reagem mais rapidamente em contato com o solo. Assim, podemos concluir que, corretivos de acidez mais finos são mais reativos.

A legislação brasileira (BRASIL, 1986) cita quatro diferentes frações granulométricas para os corretivos de acidez, que são obtidas por separação com o auxílio de peneiras, com malhas de 2,0 mm; 0,84 mm e 0,3 mm. Assim, é possível obter o perfil granulométrico das partículas > 2,0 mm (ficam retidas na malha de 2 mm); 0,84 – 2,0 mm (ficam retidas na malha de 0,84 mm); 0,3 – 0,84 mm (ficam retidas na malha de 0,3 mm) e < 0,3 mm (passam pela malha de 0,3 mm e ficam retidas no reservatório colocado em baixo da mesma, também conhecido como fundo de peneira). O valor tabelado de RE é de 100% para partículas menores que 0,3 mm, 60% para partículas entre 0,3 a 0,84 mm, 20% para partículas entre 0,84 a 2,0 mm, e 0% para partículas maiores que 2,0 mm.

#### **4.5.3 Poder relativo de neutralização total (PRNT)**

A ação de um corretivo depende fundamentalmente das características: poder de neutralização (PN) e reatividade (RE). Isoladas, essas duas características não possibilitam uma adequada avaliação da ação do corretivo; por isso foram associadas, dando origem ao índice denominado Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) (BELLINGIERI *et al*, 1988) que é dado pela expressão:

$$\text{PRNT} = (\text{PN} \times \text{RE}) / 100$$

O aumento do PRNT dos corretivos pode ser conseguido pela moagem mais fina ou pela calcinação (transformação do carbonato em óxido). Na moagem ocorre somente aumento de reatividade. Já na calcinação ocorre aumento de PN e reatividade. Por isso, pode-se concluir que, em geral, quanto maior o PRNT maior é o seu poder corretivo.

#### **4.5.4 Método de saturação por bases ou V(%)**

O V(%) indica o percentual de cargas da capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0) ocupadas por bases, contrapondo a porcentagem ocupada pelo  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ . Assim, um V(%) = 80% significa que 80% das cargas negativas das superfícies dos minerais e matéria orgânica do solo estão ocupadas pelas bases ( $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+$ ) e o restante (20%) por  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ . Este método baseia-se no princípio que existe uma

relação direta entre V(%) de um solo e seu pH para solos com semelhantes mineralogia. Assim, quando se tem a intenção de corrigir um determinado solo, atinge-se um pH em torno de 6,5 em H<sub>2</sub>O, e teoricamente, eleva-se o V(%) em até 80%.

Para se calcular a necessidade de calagem pelo método de saturação por bases ou V(%), deve-se primeiramente saber o V(%) do solo na sua condição natural, ou seja, a condição em que se encontra no campo, sendo que tal valor é obtido através de uma análise química de solo. Em seguida é necessário saber o V(%) que se deseja atingir, no QUADRO 5 estão descritas culturas que necessitam de um de um solo tratado para atingir um V(%) de 80%, valor assumido para este estudo.

Tendo os dois valores estabelecidos, determina-se o aumento percentual do V desejado.

Quadro 5 - Culturas que necessitam de V(%) de 80%.

Frutíferas	Hortaliças
Mamão	Abobrinha
Manga	Beterraba
Maracujá	Chuchu
Uvas finas para mesa	Jiló
Uva passas	Pepino
Uvas rústicas para mesa	Rúcula
Uvas rústicas para vinho e suco	Tomate

Fonte: Raij *et. al.* (1996)

Em seguida é necessário determinar qual deve ser a necessidade de calagem (NC), para que ocorra o aumento no V(%). Assim, a fórmula de NC por este método fica:

$$NC = (V_{\text{planta}} - V_{\text{solo}}) \times T / 100$$

Nesta fórmula, a necessidade de calagem (NC) está em toneladas de corretivo por hectare (t/há), V<sub>planta</sub> é a saturação de bases (%) desejada para a cultura, V<sub>solo</sub> é a saturação de bases (%) determinada pela análise de solo, e T é a capacidade de troca de cátions potencial (a pH 7,0).

#### 4.5.5 Capacidade de campo

O termo capacidade de campo foi uma tentativa de oferecer maior aplicabilidade ao conceito “equivalente de umidade” criado por Veihmeyer & Hendricson em 1931 (Twarakavi *et al.* 2009).

O conceito “equivalente de umidade” foi definido em 1910 por Briggs & McLane como a percentagem de água que um solo pode reter contra uma força centrífuga de 1.000 vezes a força da gravidade por 30 minutos. Contudo, a capacidade de campo é considerada como o conteúdo de água retida no solo após o excesso de água ter sido drenado e o movimento da água tornar-se desprezível (Meyer & Gee, 1999).

O solo é o armazenador e fornecedor de nutrientes e água às culturas. Por fenômenos de capilaridade e adsorção, ele retém entre os períodos chuva e seca, a umidade necessária às plantas. Dependendo do volume de água no solo, as plantas terão maior ou menor facilidade em extrair os nutrientes para atender às suas necessidades nutricionais.

Usualmente, a Capacidade de Campo (CC), e o Ponto de Murcha Permanente (PMP) são considerados os limites máximo e mínimo, de água disponível no solo. Contudo, os conceitos de Capacidade de Campo, devem ser entendidos para que possam ser usados de maneira adequada no manejo hídrico das culturas. Toda a água aplicada na forma de chuva ou irrigação que supere a Capacidade de Campo do solo será perdida por infiltração para o lençol freático.

A capacidade de campo é definida como sendo a máxima quantidade de água que um solo é capaz de reter em condições normais de campo quando cessa ou diminui significativamente a drenagem. Em laboratório, a capacidade de campo é normalmente considerada como a água do solo retida sob tensão de 0,1 ou 0,33 bar (1 bar = 0,1 MPa = 100000 Pa).

A determinação da capacidade de campo é muito importante para o correto manejo das culturas agrícolas, dos solos e da irrigação, visando maximizar a eficiência de uso da água pelas plantas (BRITO *et al.* 2011)

#### 4.6 Estudos relacionados ao tema

Trabalhos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de um melhor aproveitamento dos recursos agrícolas, sobre o manejo de culturas e principalmente relacionados à aplicação de nutrientes no solo (WEIRICH NETO *et al.*, 2006).

Após a calagem, aumentos de produção, são demonstrados por alguns trabalhos de pesquisa (FERRARI *et al.*, 1976; LOPES, 1983; QUAGGIO *et al.*, 1985; GALLO *et al.*, 1986; SMYTH *et al.*, 1987).

Shaw e Robinson (1960) verificaram que o calcário passado em peneira de 60-mesh dissolveu-se em um ano, o passado em peneira de 30-mesh dissolveu-se em dois anos, e o passado em peneira de 8-mesh, de 3 a 4 anos.

Camargo (1976) no estudo de influência da granulometria de três materiais corretivos na neutralização da acidez do solo apresentou, de um modo geral, que houve maiores aumentos nos valores de pH quando se empregaram calcários mais finos do que 70-140 mesh, e para as frações intermediárias e mais grosseiras, os aumentos foram pequenos.

Veloso *et al.*, (1992) testou diferentes materiais no pH do solo, seus resultados demonstraram que todos os materiais, exceto o gesso, apresentam efeito corretivo de acidez do solo, dentre eles, o calcário calcinado foi o que provocou o maior aumento de pH, seguido do calcário dolomítico e da escória, nas mesmas condições de incubação e tempo e quanto maior a dose aplicada do corretivo maior foi a elevação do pH do solo.

Caires e Fonseca, (2000) demonstraram que calagem na superfície, em sistema de plantio direto, requer critérios adequados para estimativa da dose a ser aplicada, por ocasionar redução na absorção de zinco e de manganês, em decorrência do aumento do pH nas camadas superficiais do solo no estudo de absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície.

Natale *et al.*, (2007) com o estudo dos efeitos da calagem na fertilidade do solo na nutrição e produtividade da goiabeira identificaram que a calagem promove melhoria dos atributos químicos do solo ligados à acidez, elevando o pH,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , diminuindo o  $\text{H} + \text{Al}$ , até 60 cm de profundidade, tanto na entrelinha como na linha da cultura e eleva os teores foliares de Ca e Mg.

## 5 METODOLOGIA

A pesquisa a ser realizada neste trabalho pode ser classificada, como uma pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimento e solucionar problemas de reaproveitamento de finos gerados nas britagens das fábricas de cal.

Quanto aos objetivos será uma pesquisa explicativa, pois tem o intuito de obter os valores de velocidade de reação sobre diferentes granulometrias de calcário calcinado dolomítico, possibilitando a sua utilização como corretivo de acidez do solo, quanto aos procedimentos será uma pesquisa experimental, pois tem um objetivo de estudo, pois se faz necessário a análise dos diferentes corretivos com seus tamanhos específicos de partículas, que serão colocados reagindo com solo sob condições ideais de umidade. Após a incubação com cada partícula verifica-se as mudanças de pH envolvido, determinando assim a eficiência na correção do pH do solo.

A forma de abordagem será quantitativa, fazendo o uso de técnicas estatísticas e atentando ao atendimento das normas exigidas pela ABNT, quanto ao local de realização será feita em Laboratório. Para a realização do experimento proposto suas análises e a geração dos resultados serão utilizados os seguintes materiais e métodos:

## 5.1 Materiais

Para a realização deste ensaio e a gênese dos resultados foram utilizados os equipamentos listados no QUADRO 6 com suas respectivas funcionalidades.

Quadro 6 - Relação dos equipamentos utilizados no ensaio.

<b>Equipamentos</b>	<b>Funcionalidade</b>
Enxada	Limpeza da área que foi amostrada
Pá	Coleta das amostras
Concha	Preparação das amostras
Peneira 2,0 mm	Peneiramento das amostras
Fundo de peneira	Armazenamento do peneiramento
Saco plástico com capacidade de 2 kg	Armazenamento das amostras
Etiquetas de identificação	Identificação das amostras
Vasos de polietileno (700 ml)	Incubação das amostras em laboratório
Becker de 500 ml	Análise do pH
Pisseta de 500 ml com água destilada	Análise do pH
Proveta de 250 ml	Análise do pH
Balança de precisão ( $\pm 0,001$ g) – marca Toledo	Pesagem dos componentes (solo e corretivos)
Agitador magnético – marca Fisaton	Agitação das amostras
pHmetro de bancada – marca Mettler	Medição do pH

Fonte: Autor (2017).

## 5.2 Métodos

As amostras de solo foram coletadas em uma propriedade particular com unidade de amostragem aparentemente homogênea, de aproximadamente um hectare, localizado no município de Arcos, MG, sob condições normais e sem adubação, cujo resultados das análises químicas estão descritos no QUADRO 7.

Quadro 7 - Características químicas do solo utilizado.

pH (H <sub>2</sub> O)	V	T	Ca	Mg	H + Al
%	%	cmolc/dm <sup>3</sup>			
5,1	50,6	5,4	2,27	0,39	2,65

Fonte: Autor (2017).

O ensaio foi conduzido em laboratório durante o período de 14 de agosto a 18 de setembro de 2017, empregando-se o método de incubação em vasos por 35 dias com a finalidade de avaliar o comportamento de duas diferentes granulometrias do calcário calcinado dolomítico (00/03 e 03/07 mm) e a sua diferença em relação ao calcário “filler” dolomítico (< 100 mesh), na correção do pH do solo em um curto espaço de tempo. A FIG. 7 nos mostra as amostras incubadas em laboratório.

Figura 7 - Amostras incubadas.



Fonte: Autor (2017).

Foram testados os seguintes materiais: calcário “filler” dolomítico (< 100 mesh), Calcário calcinado dolomítico com granulometria de 00/03 mm e 03/07 mm (suas características químicas são apresentadas no QUADRO 8), organizadas em cinco repetições, além de uma amostra testemunha sem adição de corretivos e uma

amostra saturada com  $\text{CaCO}_3$  P.A. totalizando um montante de 25 amostras. Foram descritas as características químicas e físicas do solo e dos corretivos utilizados.

Quadro 8 - Características químicas dos corretivos.

CORRETIVO	Granulometria	PRNT	CaO	MgO
Calcário "filler" dolomítico	Pó	90	32	18
Calcário calcinado dolomítico	00/03mm	180	60	30
Calcário calcinado dolomítico	03/07mm	180	60	30

Fonte: Autor (2017).

Após a homogeneização com os corretivos, nas dosagens correspondentes, com o solo, a mistura foi transportada para vasos plásticos de capacidade de 700ml, abertos e será adicionada água destilada em cada vaso. A umidade das amostras será mantida irrigando-se os vasos sempre que necessário, fazendo-se uma relação em função do peso das amostras (QUADRO 9).

Quadro 9 - Verificação dos pesos das amostras para controle da umidade.

ACOMPANHAMENTO DAS AMOSTRAS					
	Peso (Vaso + amostra + água)				
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
SEM CORRETIVO	940	937	933	930	945
Caco3 P.A.	933	930	927	921	927
CALCÁRIO FILLER	933	914	926	922	938
CALCÁRIO CALCINADO 00/03mm	926	929	952	938	922
CALCÁRIO CALCINADO 03/07mm	935	942	893	921	945

Fonte: Autor (2017).

A quantidade de água adicionada se dá em função da capacidade de campo e a dosagem dos corretivos, calculadas em função do método por saturação de bases. Posteriormente ao início do teste, foram retiradas amostras de cada vaso para determinação do pH do solo em água a cada sete dias.

O experimento foi realizado com 5 repetições, num arranjo de (5 x 3 x 1), sendo: A) cinco períodos de incubação (7, 14, 21, 28 e 35 dias), B) três materiais (calcário dolomítico, calcário calcinado 00/03mm, calcário calcinado 03/07mm) e C) dosagem (0,889 t./ha), o que correspondeu a 0,315 g/vaso para as amostras de calcário calcinado dolomítico e de 0,622 g/vaso para o calcário filler. Foi incluído também o tratamento das amostras saturadas com CaCO<sub>3</sub> P.A. e das amostras sem adição de corretivo.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A calagem dos solos é uma prática agrícola comum que consiste na aplicação de calcários a base de carbonatos de cálcio e magnésio, provenientes de rochas, que tem por objetivo corrigir a acidez do solo, aumentando o seu pH, neutralizar o alumínio tóxico e fornecer cálcio e magnésio necessários para o desenvolvimento da planta.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência de diferentes granulometrias do calcário calcinado dolomítico em relação ao calcário filler dolomítico, perante a elevação do pH do solo em um curto espaço de tempo, o experimento foi inteiramente conduzido em vasos de polietileno e em laboratório.

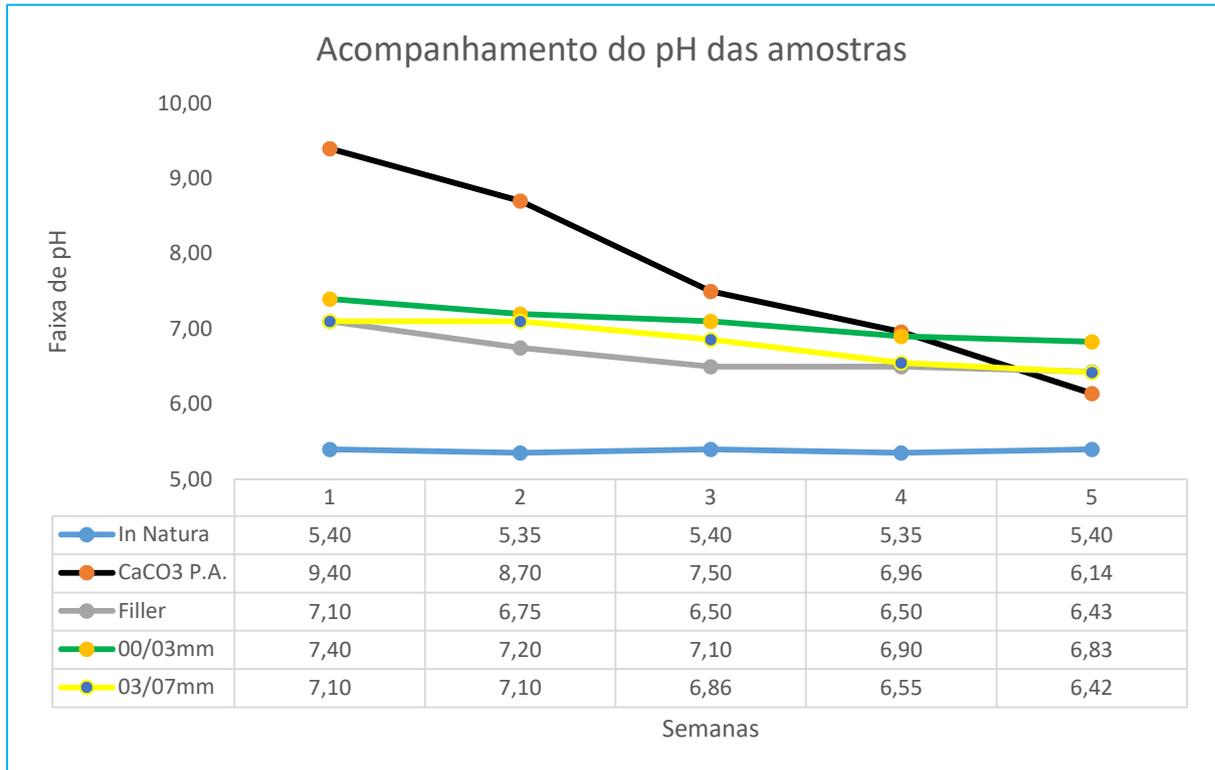
Fez-se necessário a realização do cálculo da quantidade de calagem, na qual a dose do calcário filler dolomítico foi de 1,778 t./ha e do calcário calcinado dolomítico de 0,889 t./ha, estes valores foram calculados em função do PRNT de cada um dos corretivos utilizados, no Anexo F encontra-se descritos os cálculos.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos nas proporções (100% das doses recomendadas), cinco repetições cada, sendo essas medidas a cada sete dias no período de cinco semanas.

Após cada tempo de incubação, fez-se a retirada das amostras de solo de cada unidade experimental e as mesmas foram encaminhadas a um laboratório para análise de pH e ao final do experimento uma amostra composta para análise química (QUADRO 10).

Com a aplicação dos corretivos agrícolas, o teor de pH no solo apresentou um aumento satisfatório em um curto espaço de tempo, mantendo os valores acima de de Ph > 6,0 (GRAF. 1)

Gráfico 1 - Resultados de análises semanal de pH.



Fonte: Autor (2017).

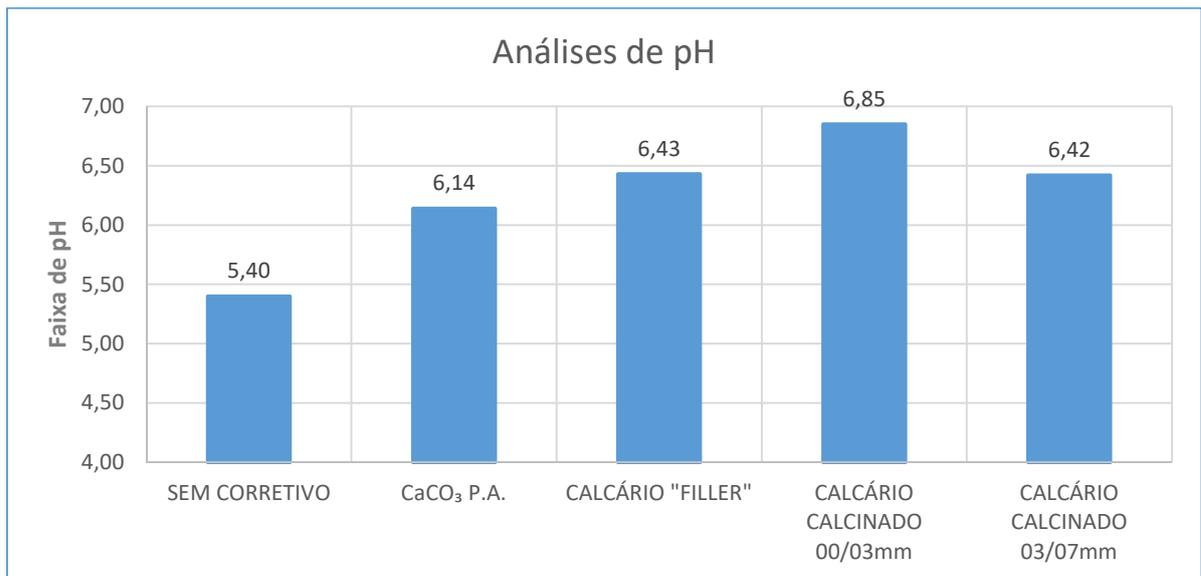
Quadro 10 - Resultados de análises do solo após cinco semanas de incubação.

ACOMPANHAMENTO DAS AMOSTRAS						
	pH	V	T	Ca	Mg	H + Al
	%		Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
SEM CORRETIVO	5,40	55,02	8,36	3,58	0,80	3,76
Caco3 P.A.	6,14	78,00	9,32	5,76	0,75	2,05
CALCÁRIO FILLER	6,43	65,05	9,10	4,80	0,95	3,18
CALCÁRIO CALCINADO 00/03mm	6,85	77,40	13,41	9,13	1,06	3,03
CALCÁRIO CALCINADO 03/07mm	6,42	73,22	14,04	9,03	1,04	3,76

Fonte: Autor (2017).

A amostra de calcário calcinado dolomítico 00/03 mm apresentou um pH de 6,85 superior ao valor das amostras sem adição de corretivo, calcário dolomítico 03/07 mm e também ao calcário filler dolomítico, que atingiu apenas o valor de 5,40; 6,42; 6,43 respectivamente. Os três corretivos comprovaram sua eficiência na elevação do pH do solo (GRAF. 2).

Gráfico 2 - Resultados de análises do pH.



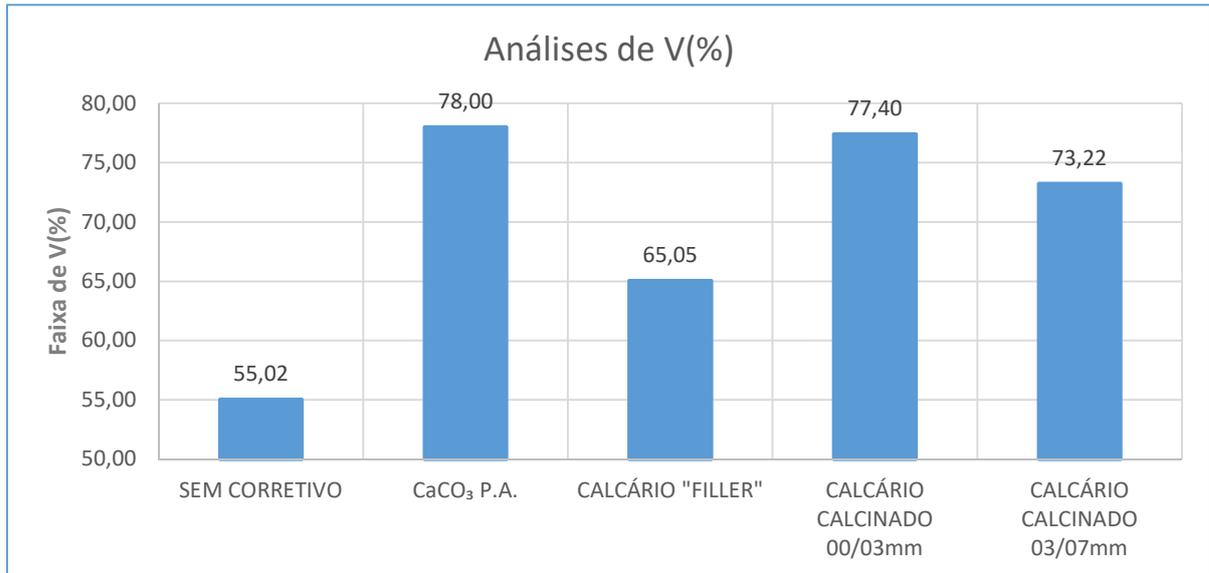
Fonte: Autor (2017).

Não houve diferença significativa, no valor de pH, entre as amostras de calcário calcinado dolomítico 03/07 mm e o calcário filler dolomítico. O calcário calcinado dolomítico 00/03 mm mostrou-se mais eficiente com uma diferença de aproximadamente 6,70% entre as duas granulometrias e ao calcário filler dolomítico, quando comparado à amostra sem corretivo essa variação é de 26,85 %.

Durante o período proposto para o ensaio nenhum dos corretivos atingiu o valor de V(%) desejado ( $\geq 80\%$ ), porém os calcários calcinados dolomíticos 00/03 mm e 03/07 mm atingiram um valor de V(%)  $> 70\%$  (77,40 e 73,22 % respectivamente) enquanto o calcário filler dolomítico atingiu apenas 65,05 %. A saturação por bases é um ótimo indicativo das condições de fertilidade do solo, os solos são divididos de acordo com a saturação por bases: V(%)  $\geq 50\%$  = solos eutróficos (férteis) e V(%)  $\leq 50\%$  = solos distróficos (pouco férteis) (RONQUIM, 2010).

O calcário calcinado dolomítico 00/03 mm mostrou-se mais eficiente neste quesito com uma diferença de 5,71 % entre as duas granulometrias e 18,99 % quando comparado ao calcário filler dolomítico (GRAF. 3).

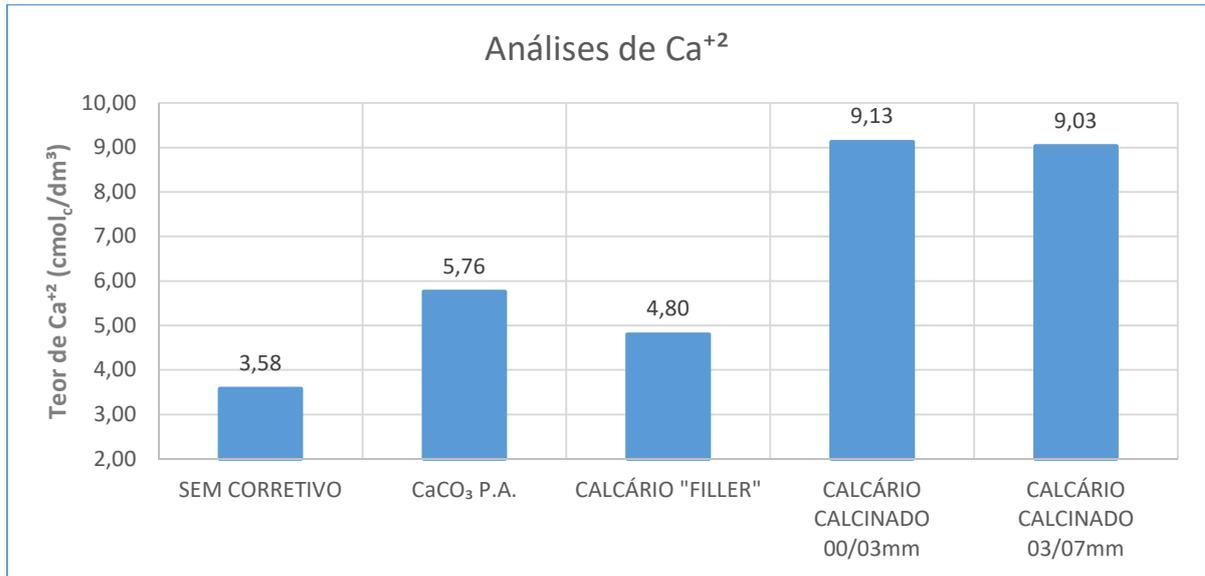
Gráfico 3 - Resultados do cálculo do V(%).



Fonte: Autor (2017).

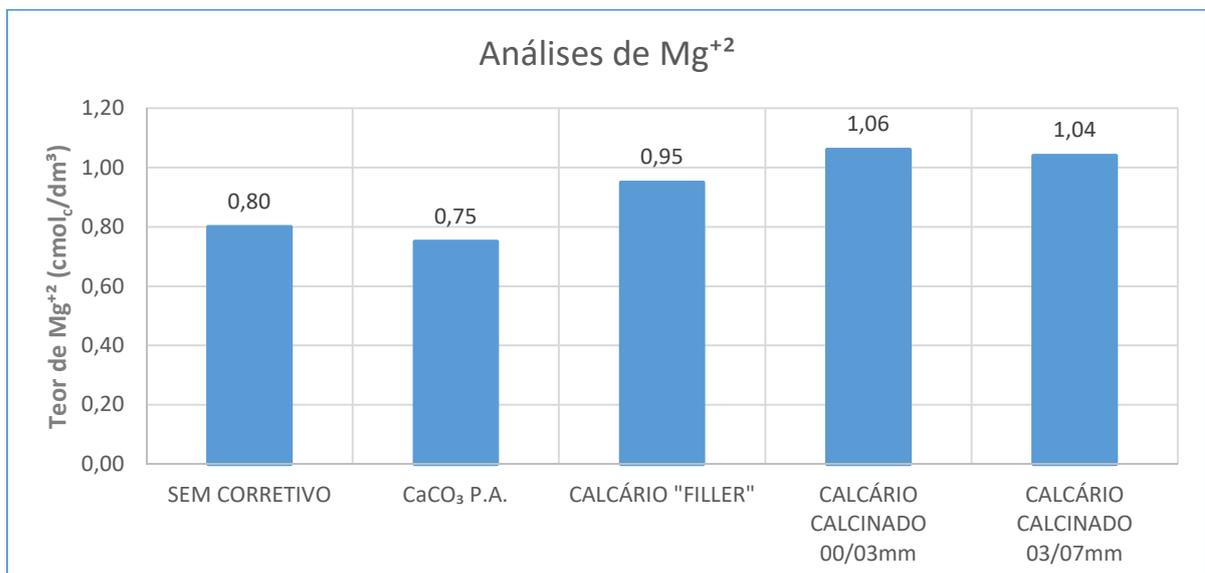
Após a aplicação da dose dos corretivos, o calcário calcinado dolomítico 00/03 mm elevou a saturação de cálcio em um percentual de 155 % em relação à amostra sem corretivo, e o calcário calcinado dolomítico 03/07 mm elevou essa saturação em um percentual de 152 % em relação à amostra sem corretivo.

Em comparação com o calcário filler dolomítico, a diferença foi de 90,21 % para o calcário calcinado dolomítico 00/03 mm e de 88,13 % em relação ao calcário calcinado dolomítico 03/07 mm. Não houve diferença significativa entre as duas granulometrias (GRAF. 4).

Gráfico 4 - Resultados de análises de  $\text{Ca}^{+2}$ .

Fonte: Autor (2017).

Em relação a saturação de magnésio, o calcário calcinado dolomítico 00/03 mm elevou a sua saturação em 32,50 % em comparação à amostra sem corretivo, e o calcário calcinado dolomítico 03/07 mm elevou essa saturação em 30,00 % em relação à amostra sem corretivo. Em comparação com o calcário filler dolomítico, a diferença foi de 11,58 % para o calcário calcinado dolomítico 00/03 mm e de 9,47 % em relação ao calcário calcinado dolomítico 03/07 mm. Não houve diferença significativa entre as duas granulometrias (GRAF. 5).

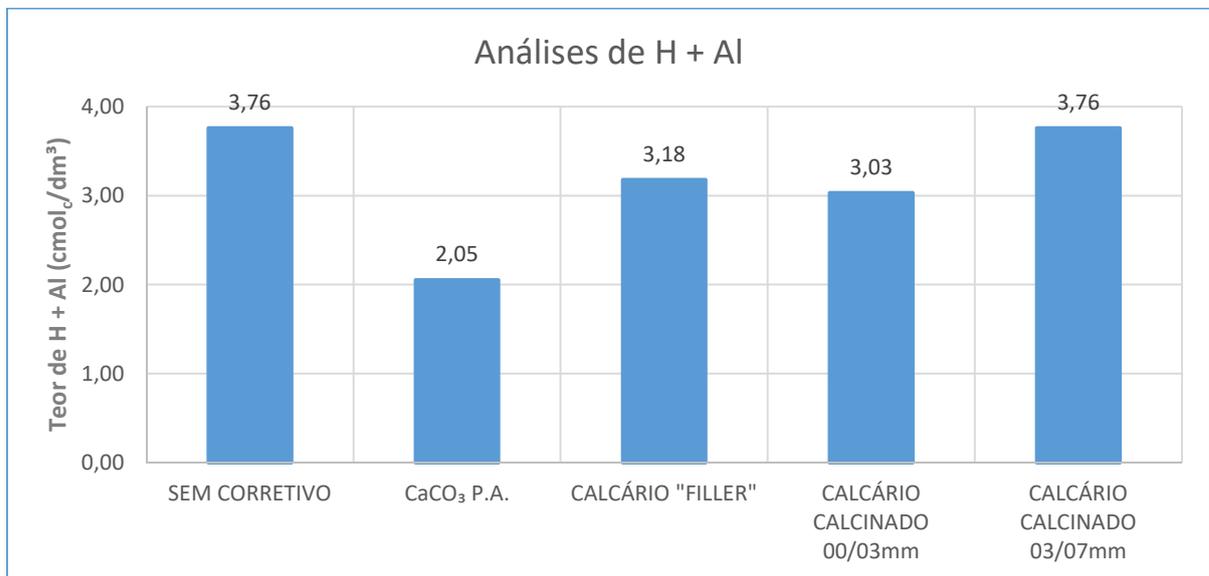
Gráfico 5 - Resultados de análises de  $\text{Mg}^{+2}$ .

Fonte: Autor (2017).

Segundo Lopes (2004) o íon  $H^+$  de ligação covalente associado aos colóides em carga negativa e aos compostos de alumínio, torna-se a acidez que os solos com pH menor que 5,5 apresentam e com o pH acima de 5,5 não existe mais  $Al^{3+}$  trocável. Com isso conclui-se que o pH tem uma influência direta na acidez potencial do solo.

No Gráfico 6, observa-se que a acidez potencial do calcário calcinado dolomíticos 00/03 mm, sofreu um decréscimo de 18,24 % em relação à amostra sem corretivo e a amostra de calcário filler dolomítico obteve um decréscimo de 24,09 %. Não houve diferença entre a amostra de calcário calcinado dolomítico 03/07 mm.

Gráfico 6 - Resultados do cálculo de H + Al.



Fonte: Autor (2017).

## 7 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste ensaio deixam claro que o calcário dolomítico calcinado em quaisquer das duas granulometrias (00/03 e 03/07 mm) são ótimos corretivos de acidez do solo a curto prazo.

Com uma ligeira diferença a favor da granulometria de 00/03 mm, podemos concluir que a granulometria influencia diretamente na ação do corretivo, cabe ao engenheiro agrônomo analisar o tipo de cultura e o tipo de aplicação para escolher a granulometria mais apropriada a se utilizar, atentando sempre para a relação de custo benefício.

Os benefícios da aplicação do calcário calcinado dolomítico em relação ao calcário filler dolomítico são: ação imediata, solubilidade em água, o que auxilia sua penetração no solo, alta reatividade e porosidade, alta concentração e solubilidade de Ca e Mg e baixa dosagem (aproximadamente 1/3 em relação ao calcário) acarretando conseqüentemente baixo custo.

## **8 ESTUDOS FUTUROS**

Foi observado neste ensaio uma grande variação nos índices de Ca e Mg das amostras de solo analisadas, o que abre caminho para pesquisas mais intensas direcionadas a estes e outros nutrientes encontrados em análise folicular de culturas.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.C. **Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo.** Simpósio sobre “ Acidez e Calagem”, XV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 1983, p. 11-22, Campinas-SP.
- ALCARDE, J.C. **Produtos utilizados para a correção da acidez dos solos. Informações Agronômicas** No 34, junho/86, p.5-9. Instituto Brasileiro da Potassa e Fosfato – POTAFÓS. Piracicaba, SP.
- ALCARDE, J.C. **Contraditória, confusa e polêmica: é a situação do gesso na agricultura.** Informações Agronômicas No 41, março/88, p.1-3. Instituto Brasileiro da Potassa e Fosfato – POTAFÓS – Piracicaba,SP.
- ALCARDE, J.C.; PAULINO, V.T. & DENARDIN, J.S. **Avaliação da reatividade de corretivos da acidez dos solos.** R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13(3):387-392, 1989-b.
- ALCARDE, J.C. **Qualidade de fertilizantes e corretivos.** In: DECHEN, A.R.; BARRET, A.E.; VERDADE, F. da C. Coords. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. Adubação, produtividade e ecologia. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.275-298.
- ALCARDE, J. C. Corretivos da Acidez dos Solos: Características e Interações Técnicas – Boletim Técnico nº 6. **Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA**, São Paulo, p. 24, Nov. 2005.
- AMARAL, A. S. *et al.* Movimentação de partículas de calcário no perfil de um cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 359-367, 2004.
- BARBER, S. A. Lime material and practices. In: PEARSON R. W., ADAMS, F. (Eds.) **Soil acidity and liming.** Madison: ASA, Cap. 3 p. 125-160; 1967.
- BRADY, N. C.; **Natureza e Propriedades dos Solos**, 7.ed. New York: John Wiley, 1989. 898 p.
- BRITO A. S.; LIBARDI P. L.; MOTA C. A. M.; MORAES S. O. ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE CAMPO PELA CURVA DE RETENÇÃO E PELA DENSIDADE DE FLUXO DA ÁGUA. R. Bras. Ci. Solo, 35:1939-1948, 2011.
- BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C. & SOUZA, E.C.A. **Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT.** Anais da Esc. Sup. Agr. “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 45(2):579-588, 1988.

BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C. & SOUZA, E.C.A. **Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliada em laboratório.** Anais da Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 46(2):303-317, 1989.

BERTONI, J. **O planejador e a utilização dos recursos naturais.** Boletim da Federação dos Engenheiros-Agrônomos do Brasil (FEAB), Campinas, 1968. 23p.

BRAGA, G. N. M. **Na Sala com Gismonti - Assuntos sobre Agronomia.** Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2011/06/qual-importancia-do-prnt-do-calcario.html>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

BRASIL. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: Métodos Oficiais.** Laboratório Nacional de Referência Vegetal (LANARV), 1983. 104p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretária de Fiscalização Agropecuária. Portaria 03 de 12 de junho de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 de jun. 1986. Seção I. p 8673

BUNCE, A. C. **Economics of soil conservation.** Ames, Iowa State College Press, 1942. 277p.

CAIRES, E. F., FONSECA, A. F. **Fertilidade do solo e nutrição das plantas.** Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície, 2000. 8p.

CAMARGO, A. P. influência da granulometria de três materiais corretivos na neutralização da acidez do solo, 1976. 6p.

CHITOLINA, J.C., PRATA, F., SILVA, F.C. da, MURAOKA, T., VITTI, A.C. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de solo para análise de fertilidade. In: F.C. da SILVA Org. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p.11-48.

COGO, N.P. **Elementos essenciais em manejo e conservação do solo e da água para o aumento da produtividade agrícola e a preservação do ambiente.** Porto Alegre: UFRGS, 2002. 70 p. (Apostila de Curso).

FERRARI, R. A. A.; BRAGA, J. M.; S EDI YAM A, C. S.; OLIVEIRA, L. M. 1976. Resposta do cultivar "Santa Rosa" à aplicação de P, K e calcário em Latossolos do Triângulo Mineiro: I - Produção e características Agronômicas. Revista Ceres, 23(125):11-20.

FREIRIA, André Costa, *et al.* Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v.30, n. 2, p. 285-291, 2008.

GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A.; QUAGGIO, J. A.; BATAGLIA, O. C. 1986. Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem. R. bras. Ci. Solo, 10(3):253-258.

[http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/boletim\\_tecnico\\_106\\_rev\\_atual\\_2009.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/boletim_tecnico_106_rev_atual_2009.pdf) - Acesso em: 01 de Outubro de 2017 às 16:48 horas.

IAPAR – INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **Amostragem de solo para análise química**: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, 1996. (IAPAR. Circular, 90).

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New York: Wiley-Interscience, 1979. 279p.

LOPES, A. S. 1983. Calagem em solos sob cerrado. In: B. van RAIJ, O. C. BATAGLIA; N. M. da SILVA (eds). Acidez e calagem no Brasil. XV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, SBCS, Campinas, p49-61.

LOPES, Alfredo Scheid; SILVA, Marcelo de Carvalho; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. Acidez do Solo e Calagem - Boletim Técnico Nº 1. **Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA**, São Paulo, ed. 3, p. 22, Jan. 1991. MALAVOLTA, E.

LOPES, Alfredo Scheid; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações – Boletim Técnico nº 2. **Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA**, Mar. 2004.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. Cálcio, acidez do solo, calagem e gessagem. In: MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTD, 1989a. Cap. 6, p. 65-91.

MALAVOLTA, E. Magnésio. In: MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTD, 1989b. Cap. 7, p. 92-97.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MEYER, P.D. & GEE, G.W. Flux-based estimation of field capacity. J. Geotechn. Geoenviron. Eng., 125:595-599, 1999.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C.; REIN, T. A.; GOMES, A. C. **Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 6, p. 563-572, 2005.

MIYAZAWA, M., PAVAN M. A., FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, v. 92, p. 1-8, 2000.

MONIZ, A. C. (coord.) **Elementos de Pedologia**. São Paulo, Polígono, Ed. Univ. São Paulo, 1972, 459 p.

MOORE, D. P.; OVERSREET, R.; JACOBSON, L. Uptake of magnesium and its interactions with calcium in excised barley roots. *Plant Physiology*, v.36, p.290-295, 1961.

NATALE, William, *et al.* Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 1475-1485, 2007.

NATALE, William, *et al.* Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, dez. 2012.

NETO, J. C. P.; LOPES, E. W. Caracterização física do latossolo vermelho distrófico da fazenda escola da fazu. **Fazu em Revista**, Uberaba, n. 6, p. 11-52, 2009.

SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S.; BASTOS, J. B. 1987. Soil nutrient dynamics and fertility management for sustained crop production on LAs in the Brazilian Amazon. In: N. CAUDLE; C. B. McCANTS (eds). TropSoils technical report 1985-1986. North Carolina State University, Raleigh, p88-94.

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C.; Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em latossolo roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. **Revista Brasileira de ciência no solo**, v. 6, p. 113-118, 1982.

QUAGGIO, J. A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van & SAKAI, M. Calagem para a sucessão batata-triticale-milho usando calcário com diferentes teores de magnésio. *Bragantia*, 44:391-406, 1985.

RAIJ, B. van. Algumas reflexões sobre análise de solo para recomendação de adubação. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 20., 1992, Piracicaba.

RAIJ, B. van. Conceitos fundamentais na interpretação da análise do solo. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 21., 1994, Petrolina-PE. Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome. **Anais...** Petrolina-PE: EMBRAPA Trópico Semi-Árido/SBCS, 1995. p.34-50.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996.

RIBEIRO, Antônio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácito G.; ALVAREZ, Vitor Hugo V. Calagem. *In*: RIBEIRO, Antônio Carlos; ALVAREZ, Vitor Hugo V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. Cap. 8, p. 43-60.

RONQUIM, Carlos Cesar. Boletim de pesquisa e desenvolvimento: conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Embrapa Monitoramento por Satélite**, Campinas – SP, 2010.

SHAW, W. M. & ROBINSON, B. Reaction efficiencies of liming materials as indicated by lysimeter leachate composition. *Soil Sci.* 89:209-218, 1960.

SIRTOLI, A. E. et al. **Diagnóstico e recomendações de manejo de solo**: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SQUIBA, L.M., PREVEDELLO, B.M.S, LIMA, M.R. **Como coletar amostras de solo para análise química e física (culturas temporárias)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Projeto Solo Planta, 2002. (Folder).

TWARAKAVI, N.K.C.; SAKAI, M. & SIMUNEK, J. An objective analysis of the dynamic nature of field capacity. *Water Res. Res.*, 45:1-9, 2009.

VELOSO, C. A. C., BORGES, A. L., MUNIZ, A. S., VEIGAS, I. A. de J. M. **Efeito de diferentes materiais no pH do solo**. Universidade Estadual de Maringá, MARINGÁ-PR, *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 123-128, 1992.

WATANABE, A.M., BESSA, L.P.D., MARTINS, T.G.M., et al. **Por que fazer análise do solo?** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Projeto Solo Planta, 2002. (Folder).

WEIRICH NETO P.H., SCHIMANDEIRO A., GIMENEZ L. M., COLET M. J. & GARBUIO P.W. (2007) Profundidade de deposição de semente de milho na região dos campos gerais, Paraná. **Revista Engenharia Agrícola**, 27:782-786.

## ANEXO A



INSTITUTO FEDERAL  
MINAS GERAIS  
Campus Bambuí

INSTITUTO FEDERAL - CAMPUS BAMBUI  
FAZENDA VARGINHA  
Estrada Bambuí / Medeiros, Km 05 - Caixa Postal 05  
CEP: 38.900-000 - Bambuí-MG  
Telefone / Fax - Lab. Solos: (37) 3431-4941  
e-mail: solos.bambui@ifmg.edu.br

## LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS

Laudo Nº: 437/2017

Proprietário: GUILHERME MARQUES

Propriedade:

Município: Arcos - MG

Convênio: PARTICULAR

Data Entrada: 20/06/2017

Data Saída: 29/06/2017

Telefone: ( ) -



Cod. Lab.	Descrição Amostra	pH	P(melh)	K	Ca	Mg	Al	H + Al
		H <sub>2</sub> O	mg / dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>		
1220	AMOSTRA TESTE 00-20	5,1	3,2	21,0	2,27	0,39	0,05	2,65

Cod. Lab.	SB	t	T	V	m	M.O.	C.O.	Ca/T	Mg/T	K/T	H+Al/T	Ca+Mg/T	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
	cmolc/dm <sup>3</sup>			%		dag/Kg		Relações Entre Bases (T) %				Relações Entre Bases				
1220	2,7	2,8	5,4	50,6	1,8	ns	ns	42	7	1	49	50	6	45	8	53,20

Cod. Lab.	P(rem)	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Areia	Argila	Silte	Cassificação
	mg/L	mg / dm <sup>3</sup>						dag/Kg = %			
1220	25,1	0,26	ns	ns	ns	0,95	1,56	ns	ns	ns	ns

ns = não solicitado  
P - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich  
1Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L  
H + Al - Extrator: SMP  
B - Extrator água quente  
S - Extrator - Fosfato monocalcico em ácido acético  
SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva  
CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0  
1V = Índice de Saturação de Bases  
m = Índice de Saturação de Alumínio  
Mat. Org. (M.O.) - Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N  
P (rem) = Fósforo Remanescente

OBS:  
Consulte Engº Agrônomo para recomendação de calagem e adubação.  
A amostragem de solo não é de responsabilidade do laboratório.  
Este laudo não tem fins jurídicos.  
Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.

Li Chaves Miranda

Responsável Técnico

38277/D

## ANEXO B

														
<b>LQP - LABORATÓRIO DE QUALIDADE EM PIROTÉCNICOS</b>														
<b>SENAI – Centro Tecnológico em Pirotecnia Oscar José do Nascimento</b> Rua Padre Paulo, 525 – Bairro Mãe Chiquinha. CEP 35.560-000 – Santo Antônio do Monte – MG Tel./Fax: (37) 3281 3315 – e-mail: lqp@fiemg.com.br														
<b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>														
Numero: 07105/2017				Data: 05 de outubro de 2017				Página: 1 / 1						
<b>Dados do Cliente</b>														
Cliente: Woold Cassiano de Araújo						CNPJ/CPF: 043.276.316-39				Protocolo: 7105				
Endereço: Rua Calciolândia, nº 621, bairro: São Judas - Arcos/MG - 35.588-000.														
<b>Ensaio Realizado/Procedimento de Ensaio</b>														
Determinação de Rotina:														
Determinação do pH; PTE 5.4/177.						Determinação de Magnésio no Solo; PTE 5.4/187.								
Determinação de Fósforo no Solo; PTE 5.4/178.						Determinação de Alumínio Trocável (Al <sup>3+</sup> ); PTE 5.4/206.								
Determinação de Potássio no Solo; PTE 5.4/184.						Determinação de Acidez Potencial (H+Al); PTE 5.4/205.								
Determinação de Cálcio no Solo; PTE 5.4/186.						Determinação de Fósforo Remanescente (P-rem); PTE 5.4/204.								
<b>Características do Material em Exame</b>														
Descrição: Solo						Identificação: 7105								
Data de Recebimento: 29.09.2017						Data de Fabricação: Não aplicável								
Responsável pela coleta: O requerente.						Lote: Não aplicável								
Fabricante / Importador: Não aplicável														
Situação do Material em Exame: Identificação: Amostra recebida em embalagem plástica identificada como: IN NATURA.														
<b>Condições Ambientais</b>														
Local do Serviço Executado: Laboratório de Qualidade em Pirotécnicos														
Umidade Relativa do Ar: 75 %						Temperatura: 19 °C								
<b>Resultados Analíticos</b>														
Referência do Cliente			pH		P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al			
			H <sub>2</sub> O	-										
IN NATURA			5,40	-	4,20	84,80	-	3,58	0,80	0,10	3,76			
SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
														cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
4,60	4,70	8,36	55,02	2,13	-	-	31,00	-	-	-	-	-	-	
<b>Notas</b>														
pH em água, KCl e CaCl <sub>2</sub> – Relação 1:2,5						CTC(t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva								
P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator Mehlich 1						CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0								
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol/L						V = Índice de Saturação de Bases								
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0						m = Índice de Saturação de Alumínio								
B – Extrator água quente						ISNa – Índice de Saturação de Sódio								
S – Extrator – Fosfato monocalcico em ácido acético						Mat. Org.(MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black								
SB – Soma de Base Trocáveis						P-rem = Fósforo Remanescente								
<b>Metrologistas Responsáveis pela Execução dos Ensaios:</b>														
Aline Silva Loregian - CRQ/MG 02413601						Ana Cláudia Camargo Ferreira - CRQ/MG 02102605								
<b>Aprovado por:</b>														
 <b>Ana Cláudia Camargo Ferreira</b> CRQ/MG 02102605 Responsável Técnico														

## ANEXO C

													
<b>LQP - LABORATÓRIO DE QUALIDADE EM PIROTÉCNICOS</b> <b>SENAI – Centro Tecnológico em Pirotecnia Oscar José do Nascimento</b> Rua Padre Paulo, 525 – Bairro Mãe Chiquinha. CEP 35.560-000 – Santo Antônio do Monte – MG Tel./Fax: (37) 3281 3315 – e-mail: lqp@fiemg.com.br													
<b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>													
<b>Numero:</b> 07101/2017	<b>Data:</b> 05 de outubro de 2017	<b>Página:</b> 1 / 1											
<b>Dados do Cliente</b>													
<b>Cliente:</b> Woold Cassiano de Araújo	<b>CNPJ/CPF:</b> 043.276.316-39	<b>Protocolo:</b> 7101											
<b>Endereço:</b> Rua Calciolândia, nº 621, bairro: São Judas - Arcos/MG - 35.588-000.													
<b>Ensaio Realizado/Procedimento de Ensaio</b>													
Determinação de Rotina:													
Determinação do pH; PTE 5.4/177.	Determinação de Magnésio no Solo; PTE 5.4/187.												
Determinação de Fósforo no Solo; PTE 5.4/178.	Determinação de Alumínio Trocável (Al <sup>+</sup> ); PTE 5.4/206.												
Determinação de Potássio no Solo; PTE 5.4/184.	Determinação de Acidez Potencial (H+Al); PTE 5.4/205.												
Determinação de Cálcio no Solo; PTE 5.4/186.	Determinação de Fósforo Remanescente (P-rem); PTE 5.4/204.												
<b>Características do Material em Exame</b>													
<b>Descrição:</b> Solo	<b>Identificação:</b> 7101												
<b>Data de Recebimento:</b> 29.09.2017	<b>Data de Fabricação:</b> Não aplicável												
<b>Responsável pela coleta:</b> O requerente.	<b>Lote:</b> Não aplicável												
<b>Fabricante / Importador:</b> Não aplicável													
<b>Situação do Material em Exame:</b> Identificação: Amostra recebida em embalagem plástica identificada como: CaCO <sub>3</sub> P.A.													
<b>Condições Ambientais</b>													
<b>Local do Serviço Executado:</b> Laboratório de Qualidade em Pirotécnicos													
<b>Umidade Relativa do Ar:</b> 75 %		<b>Temperatura:</b> 19 °C											
<b>Resultados Analíticos</b>													
Referência do Cliente	pH		P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al				
	H <sub>2</sub> O	-		mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						
CaCO <sub>3</sub> P.A.	6,14	-	1,20	299,20	-	5,76	0,75	0,00	2,05				
SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		%				mg/L	mg/dm <sup>3</sup>					
7,27	7,27	9,32	78,00	0,00	-	-	24,00	-	-	-	-	-	-
<b>Notas</b>													
pH em água, KCl e CaCl <sub>2</sub> – Relação 1:2,5			CTC(t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva										
P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator Mehlich 1			CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0										
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol/L			V = Índice de Saturação de Bases										
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0			m = Índice de Saturação de Alumínio										
B – Extrator água quente			ISNa – Índice de Saturação de Sódio										
S – Extrator – Fosfato monocálcico em ácido acético			Mat. Org.(MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black										
SB – Soma de Base Trocáveis			P-rem = Fósforo Remanescente										
<b>Metrologistas Responsáveis pela Execução dos Ensaios:</b>													
<b>Aline Silva Loregian - CRQ/MG 02413601</b>							<b>Ana Cláudia Camargo Ferreira - CRQ/MG 02102605</b>						
<b>Aprovado por:</b>													
 <b>Ana Cláudia Camargo Ferreira</b> CRQ/MG 02102605 Responsável Técnico													

## ANEXO D

													
<b>LQP - LABORATÓRIO DE QUALIDADE EM PIROTÉCNICOS</b> <b>SENAI – Centro Tecnológico em Pirotecnia Oscar José do Nascimento</b> Rua Padre Paulo, 525 – Bairro Mãe Chiquinha. CEP 35.560-000 – Santo Antônio do Monte – MG Tel./Fax: (37) 3281 3315 – e-mail: lqp@fiemg.com.br													
<b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>													
<b>Numero:</b> 07128/2017	<b>Data:</b> 17 de outubro de 2017	<b>Página:</b> 1 / 1											
<b>Dados do Cliente</b>													
<b>Cliente:</b> Woold Cassiano de Araújo	<b>CNPJ/CPF:</b> 043.276.316-39	<b>Protocolo:</b> 7128											
<b>Endereço:</b> Rua Calciolândia, nº 621, bairro: São Judas - Arcos/MG - 35.588-000.													
<b>Ensaio Realizado/Procedimento de Ensaio</b>													
Determinação de Rotina:													
Determinação do pH; PTE 5.4/177.	Determinação de Magnésio no Solo; PTE 5.4/187.												
Determinação de Fósforo no Solo; PTE 5.4/178.	Determinação de Alumínio Trocável (Al <sup>3+</sup> ); PTE 5.4/206.												
Determinação de Potássio no Solo; PTE 5.4/184.	Determinação de Acidez Potencial (H+Al); PTE 5.4/205.												
Determinação de Cálcio no Solo; PTE 5.4/186.	Determinação de Fósforo Remanescente (P-rem); PTE 5.4/204.												
<b>Características do Material em Exame</b>													
<b>Descrição:</b> Solo	<b>Identificação:</b> 7128												
<b>Data de Recebimento:</b> 10.10.2017	<b>Data de Fabricação:</b> Não aplicável												
<b>Responsável pela coleta:</b> O requerente.	<b>Lote:</b> Não aplicável												
<b>Fabricante / Importador:</b> Não aplicável													
<b>Situação do Material em Exame:</b> Identificação: Amostra recebida em embalagem plástica identificada como: Calcário FILLER Dolomítico.													
<b>Condições Ambientais</b>													
<b>Local do Serviço Executado:</b> Laboratório de Qualidade em Pirotécnicos													
<b>Umidade Relativa do Ar:</b> 51 %	<b>Temperatura:</b> 21 °C												
<b>Resultados Analíticos</b>													
Referência do Cliente	pH		P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al				
	H <sub>2</sub> O	-		mg/dm <sup>3</sup>	-			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					
FILLER	6,43	-	4,20	68,20	-	4,80	0,95	0,00	3,18				
SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
							mg/L						
5,92	5,92	9,10	65,05	0,00	-	-	34,00	-	-	-	-	-	-
<b>Notas</b>													
pH em água, KCl e CaCl <sub>2</sub> – Relação 1:2,5						CTC(t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva							
P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator Mehlich 1						CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0							
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol/L						V = Índice de Saturação de Bases							
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0						m = Índice de Saturação de Alumínio							
B – Extrator água quente						ISNa – Índice de Saturação de Sódio							
S – Extrator – Fósforo morocálcico em ácido acético						Mat. Org.(MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black							
SB – Soma de Base Trocáveis						P-rem = Fósforo Remanescente							
<b>Metrologistas Responsáveis pela Execução dos Ensaios:</b>													
<b>Aline Silva Loregian - CRQ/MG 02413601</b>							<b>Ana Cláudia Camargo Ferreira - CRQ/MG 02102605</b>						
<b>Aprovado por:</b>													
 <b>Ana Cláudia Camargo Ferreira</b> CRQ/MG 02102605 Responsável Técnico													

## ANEXO E

													
<b>LQP - LABORATÓRIO DE QUALIDADE EM PIROTÉCNICOS</b> <b>SENAI – Centro Tecnológico em Pirotecnia Oscar José do Nascimento</b> Rua Padre Paulo, 525 – Bairro Mãe Chiquinha. CEP 35.560-000 – Santo Antônio do Monte – MG Tel./Fax: (37) 3281 3315 – e-mail: lqp@fiemg.com.br													
<b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>													
<b>Numero:</b> 07127/2017	<b>Data:</b> 17 de outubro de 2017	<b>Página:</b> 1 / 1											
<b>Dados do Cliente</b>													
<b>Cliente:</b> Woold Cassiano de Araújo	<b>CNPJ/CPF:</b> 043.276.316-39	<b>Protocolo:</b> 7127											
<b>Endereço:</b> Rua Calciolândia, nº 621, bairro: São Judas - Arcos/MG - 35.588-000.													
<b>Ensaio Realizado/Procedimento de Ensaio</b>													
Determinação de Rotina:													
Determinação do pH; PTE 5.4/177.	Determinação de Magnésio no Solo; PTE 5.4/187.												
Determinação de Fósforo no Solo; PTE 5.4/178.	Determinação de Alumínio Trocável (Al <sup>+</sup> ); PTE 5.4/206.												
Determinação de Potássio no Solo; PTE 5.4/184.	Determinação de Acidez Potencial (H+Al); PTE 5.4/205.												
Determinação de Cálcio no Solo; PTE 5.4/186.	Determinação de Fósforo Remanescente (P-rem); PTE 5.4/204.												
<b>Características do Material em Exame</b>													
<b>Descrição:</b> Solo	<b>Identificação:</b> 7127												
<b>Data de Recebimento:</b> 10.10.2017	<b>Data de Fabricação:</b> Não aplicável												
<b>Responsável pela coleta:</b> O requerente.	<b>Lote:</b> Não aplicável												
<b>Fabricante / Importador:</b> Não aplicável													
<b>Situação do Material em Exame:</b> Identificação: Amostra recebida em embalagem plástica identificada como: Calcário Calcinado Dolomítico 00/03 mm.													
<b>Condições Ambientais</b>													
<b>Local do Serviço Executado:</b> Laboratório de Qualidade em Pirotécnicos													
<b>Umidade Relativa do Ar:</b> 51 %	<b>Temperatura:</b> 21 °C												
<b>Resultados Analíticos</b>													
Referência do Cliente	pH		P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al				
	H <sub>2</sub> O	-	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>							
00/03 mm	6,85	-	2,60	76,50	-	9,13	1,06	0,00	3,03				
SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%			mg/L	mg/dm <sup>3</sup>						
10,38	10,38	13,41	77,40	2,13	-	-	22,00	-	-	-	-	-	-
<b>Notas</b>													
pH em água, KCl e CaCl <sub>2</sub> – Relação 1:2,5						CTC(t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva							
P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator Mehlich 1						CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0							
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol/L						V = Índice de Saturação de Bases							
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0						m = Índice de Saturação de Alumínio							
B – Extrator água quente						ISNa – Índice de Saturação de Sódio							
S – Extrator – Fosfato monocálcico em ácido acético						Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black							
SB – Soma de Base Trocáveis						P-rem = Fósforo Remanescente							
<b>Metrologistas Responsáveis pela Execução dos Ensaios:</b>													
<b>Aline Silva Loregian - CRQ/MG 02413601</b>							<b>Ana Cláudia Camargo Ferreira - CRQ/MG 02102605</b>						
<b>Aprovado por:</b>													
 <b>Ana Cláudia Camargo Ferreira</b> CRQ/MG 02102605 Responsável Técnico													

## ANEXO F

													
<b>LQP - LABORATÓRIO DE QUALIDADE EM PIROTÉCNICOS</b>													
SENAI – Centro Tecnológico em Pirotecnia Oscar José do Nascimento Rua Padre Paulo, 525 – Bairro Mãe Chiquinha. CEP 35.560-000 – Santo Antônio do Monte – MG Tel./Fax: (37) 3281 3315 – e-mail: lqp@fiemg.com.br													
<b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>													
<b>Numero:</b> 07126/2017	<b>Data:</b> 17 de outubro de 2017												
<b>Página:</b> 1 / 1													
Dados do Cliente													
<b>Cliente:</b> Woold Cassiano de Araújo	<b>CNPJ/CPF:</b> 043.276.316-39												
<b>Endereço:</b> Rua Calciolândia, nº 621, bairro: São Judas - Arcos/MG - 35.588-000.													
<b>Protocolo:</b> 7126													
Ensaio Realizado/Procedimento de Ensaio													
Determinação de Rotina:													
Determinação do pH; PTE 5.4/177.	Determinação de Magnésio no Solo; PTE 5.4/187.												
Determinação de Fósforo no Solo; PTE 5.4/178.	Determinação de Alumínio Trocável (Al <sup>3+</sup> ); PTE 5.4/206.												
Determinação de Potássio no Solo; PTE 5.4/184.	Determinação de Acidez Potencial (H+Al); PTE 5.4/205.												
Determinação de Cálcio no Solo; PTE 5.4/186.	Determinação de Fósforo Remanescente (P-rem); PTE 5.4/204.												
Características do Material em Exame													
<b>Descrição:</b> Solo	<b>Identificação:</b> 7126												
<b>Data de Recebimento:</b> 10.10.2017	<b>Data de Fabricação:</b> Não aplicável												
<b>Responsável pela coleta:</b> O requerente.	<b>Lote:</b> Não aplicável												
<b>Fabricante / Importador:</b> Não aplicável													
<b>Situação do Material em Exame:</b> Identificação: Amostra recebida em embalagem plástica identificada como: Calcário Calcinado Dolomítico 03/07 mm.													
Condições Ambientais													
<b>Local do Serviço Executado:</b> Laboratório de Qualidade em Pirotécnicos													
<b>Umidade Relativa do Ar:</b> 51 %	<b>Temperatura:</b> 21 °C												
Resultados Analíticos													
Referência do Cliente	pH		P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al				
	H <sub>2</sub> O	-		mg/dm <sup>3</sup>	-		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						
03/07 mm	6,42	-	2,00	85,00	-	9,03	1,04	0,00	3,76				
SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%			mg/L	mg/dm <sup>3</sup>					
10,28	10,28	14,04	73,22	0,00	-	-	27,50	-	-	-	-	-	-
Notas													
pH em água, KCl e CaCl <sub>2</sub> – Relação 1:2,5							CTC(t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva						
P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator Mehlich 1							CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0						
Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol/L							V = Índice de Saturação de Bases						
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0							m = Índice de Saturação de Alumínio						
B – Extrator água quente							ISNa – Índice de Saturação de Sódio						
S – Extrator – Fosfato monocalcico em ácido acético							Mat. Org.(MO) = C.Org x 1,724 – Walkley-Black						
SB – Soma de Base Trocáveis							P-rem = Fósforo Remanescente						
Metrologistas Responsáveis pela Execução dos Ensaios:													
Aline Silva Loregian - CRQ/MG 02413601							Ana Cláudia Camargo Ferreira - CRQ/MG 02102605						
Aprovado por:													
 <b>Ana Cláudia Camargo Ferreira</b> CRQ/MG 02102605 Responsável Técnico													

## ANEXO G

### CÁLCULOS

Primeiro foi necessário determinar a necessidade de calagem (NC):

$$NC = (V_{\text{planta}} - V_{\text{solo}}) \times T / 100$$

$$NC = (80 - 50,6) \times 5,4 / 100$$

$$NC = 1,6 \text{ t./ha}$$

Para calcular a quantidade total corrigida (QC), leva-se em consideração a necessidade de calagem (NC), a superfície a ser coberta pela calagem (SC), a espessura da camada a ser corrigida (EC) e o PRNT do corretivo aplicado, neste caso, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$QC \text{ (t/ha)} = NC \times SC/100 \times EC/20 \times 100/PRNT$$

A seguir, os cálculos para o calcário calcinado dolomítico:

$$QC \text{ (ccd)} = NC \times SC/100 \times EC/20 \times 100/PRNT$$

$$QC \text{ (ccd)} = 1,6 \times 100/100 \times 20/20 \times 100/180$$

$$QC \text{ (ccd)} = 0,889 \text{ t./ha}$$

E para o calcário filler dolomítico:

$$QC \text{ (cfd)} = NC \times SC/100 \times EC/20 \times 100/PRNT$$

$$QC \text{ (cfd)} = 1,6 \times 100/100 \times 20/20 \times 100/90$$

$$QC \text{ (cfd)} = 1,778 \text{ t./ha}$$

Como os vasos de polietileno utilizados no ensaio tem capacidade de 700 ml (0,0007 m<sup>3</sup>), a dosagem dos corretivos para o ensaio, é descrita da seguinte maneira:

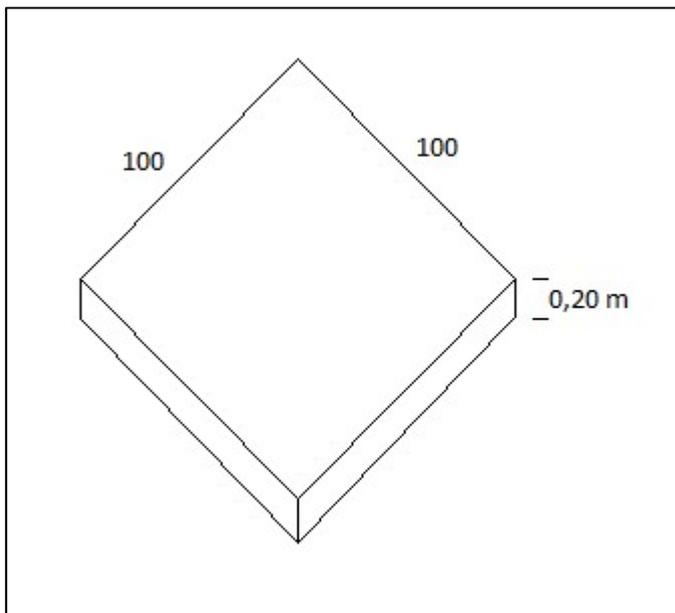
Calculado o volume nominal (Vn):

$$1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2 = (100 \text{ m} \times 100 \text{ m})$$

$$V_n = (100 \text{ m} \times 100 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m}$$

$$V_n = 2000 \text{ m}^3$$

Figura 8 - Área amostrada (largura, comprimento e profundidade).



Fonte: Autor (2017).

Então para o calcário calcinado dolomítico:

$$899 \text{ kg} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2000 \text{ m}^3$$

$$X \text{ (ccd)} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,0007 \text{ m}^3$$

$$X \text{ (ccd)} = 0,315 \text{ g/vaso.}$$

E para o calcário filler dolomítico:

$$1778 \text{ kg} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2000 \text{ m}^3$$

$$X \text{ (cfd)} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,0007 \text{ m}^3$$

$$X \text{ (cfd)} = 0,622 \text{ g/vaso.}$$