



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS CERRO LARGO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**DIRCEU LEANDRO KOTOWSKI**

**QUALIDADE DO CALCÁRIO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE**  
**ARMAZENAMENTO NA REGIÃO DAS MISSÕES**

**CERRO LARGO**

**2019**

**DIRCEU LEANDRO KOTOWSKI**

**QUALIDADE DO CALCÁRIO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTO NA REGIÃO DAS MISSÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação,  
apresentado como requisito para obtenção de grau de  
bacharel em Agronomia da Universidade Federal da  
Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

**CERRO LARGO  
2019**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Kotowski, Dirceu Leandro

Qualidade do calcário sob diferentes condições de armazenamento na região das Missões / Dirceu Leandro Kotowski. -- 2019.

42 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira .  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Agronomia, Cerro Largo, RS , 2019.

1. Qualidade. 2. Calcário. 3. Acidez . 4.  
Armazenamento. I. , Renan Costa Beber Vieira, orient.  
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

DIRCEU LEANDRO KOTOWSKI

QUALIDADE DO CALCÁRIO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTO NA REGIÃO DAS MISSÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Agronomia da Universidade  
Federal da Fronteira Sul como requisito para  
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

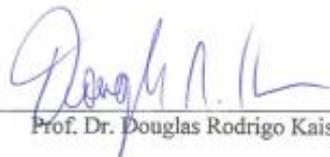
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

29 / 11 / 19

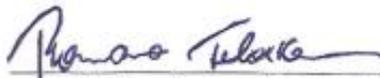
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser - UFFS



Eng. Agr. Romano Teloeken - UFFS

## RESUMO

A acidez do solo causada pela toxidez por alumínio tem interferência direta na fisiologia das plantas comprometendo a absorção de nutrientes. A elevação do pH do solo para níveis próximos de 6,0 e 6,5 favorece a disponibilidade de nutrientes no solo, sendo alcançados através da calagem. Os corretivos de solo são materiais provindos de rochas, constituídos por  $\text{ECaCO}_3$ , devendo ter teores mínimos desses constituintes para serem considerados corretivos. A região das Missões é constituída em sua maioria por solos ácidos, o que acarreta o uso da calagem como meio de viabilizar a produtividade. À vista disso, este trabalho buscou avaliar os atributos básicos que constituem os corretivos comercializados na região das Missões, e avaliar a qualidade dos mesmos em relação a descrição feita das propriedades físicas e químicas desses materiais na sua comercialização. Para isto, foram coletadas amostras de corretivos em propriedades da região das Missões, os dados químicos e físicos do corretivo descritos na nota fiscal de compra e o seu tipo de armazenamento, em Big Bag ou à campo. As amostras passaram por análise laboratorial para determinação de seus atributos referentes a reatividade, poder de neutralização, poder relativo de neutralização total e teores de CaO e MgO. Os resultados mostraram que em relação à reatividade os materiais são de qualidade aceitável, o armazenamento não tem influência sobre este atributo. No poder de neutralização, 65% das amostras tem qualidade duvidosa/inferior e o armazenamento à campo influencia negativamente de forma significativa este parâmetro. Em relação ao poder relativo de neutralização total, as amostras demonstraram qualidade inferior/duvidosa em 70% do total, este parâmetro é afetado de forma negativa mais significativamente no armazenamento à campo, sendo que todas as amostras desse armazenamento apresentaram qualidade inferior/duvidosa. Conclui-se que a RE das amostras é aceitável e o tipo de armazenamento não influencia neste parâmetro. A maioria dos corretivos utilizados tem qualidade inferior do que aquela informada pelas fornecedoras nos parâmetros de PN e PRNT, sendo estes influenciados de forma negativa pelos dois tipos de armazenamentos, mas de forma mais significativa no armazenamento à campo.

**Palavras-chave:** Qualidade. Corretivo. Acidez. Armazenamento.

## ABSTRACT

The acidity of the soil caused by aluminum toxicity has direct interference in the physiology of plants affecting the absorption of nutrients. The elevation of the pH of the soil to levels approaching 6.0 and 6.5 enhances the availability of nutrients in the soil, being achieved through the liming. The soil correctives are materials from rocks, composed of  $\text{ECaCO}_3$ , and must have minimum levels of these constituents to be considered as correctives. The region of missions is composed in its majority by acidic soil, which entails the use of liming as a means of enabling productivity. To view addition, this study sought to evaluate the basic attributes that constitute the correctives traded in the region of missions, and to evaluate the quality of the same in relation to the description of the physical and chemical properties of these materials in your marketing. For this, samples were taken of correctives on properties in the region of Missions, the physical and chemical data of the correction described in the purchase and your type of storage, in Big Bag or in the field. The samples passed by laboratory analysis for determination of their attributes on the reactivity, power of neutralization, relative power of total neutralization and contents of CaO and MgO. The results showed that in relation to the reactivity materials are of acceptable quality, storage has no influence on this attribute. In the power of neutralization, 65% of samples has dubious quality/lower and storage for golf negatively influences significantly this parameter. In relation to the relative power of total neutralization, the samples showed lower quality/doubtful in 70% of the total, this parameter is negatively affected more significantly in storage in the field, being that all samples that showed lower quality storage/doubtful. It is concluded that the re of samples is acceptable and the storage type does not influence this parameter. Most of the lime used has a lower quality than that reported by suppliers in the parameters of the PN and PRNT, these being influenced in a negative way by two types of stores, but more significantly in storage in the field.

**Keywords:** Quality. Concealers. Acidity. Storage

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Valores de reatividade dos corretivos obtidos na nota fiscal e na análise laboratorial das amostras armazenadas em big bag e à campo. ....29
- Figura 2 – Gráfico dos resultados da RE da análise menos a RE da nota fiscal das amostras dos corretivos divididas pelo tipo de armazenamento. ....30
- Figura 3 - Valores do PN dos corretivos obtidos na nota fiscal e na análise laboratorial das amostras armazenadas em big bag e à campo. ....31
- Figura 4 - Gráfico dos resultados do PN da análise menos o PN da nota fiscal das amostras dos corretivos divididas pelo tipo de armazenamento. ....32
- Figura 5 - Valores do PRNT dos corretivos obtidos na nota fiscal e na análise laboratorial das amostras armazenadas em big bag e à campo. ....33
- Figura 6 – Gráfico do PRNT dos resultados da análise menos o PRNT da nota fiscal das amostras dos corretivos divididas pelo tipo de armazenamento. ....34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Capacidade de neutralização dos diferentes constituintes neutralizantes, em relação ao CaCO <sub>3</sub> . .....	14
Tabela 2- Taxas de reatividade de partículas de diferentes tamanhos de calcários.....	16
Tabela 3 – Dados das notas fiscais e referentes municípios de cada amostra coletada.....	27
Tabela 4 – Resultados da umidade, PN, CaO, MgO, RE e PRNT determinados pela análise laboratorial.....	28
Tabela 5 – Comparação dos resultados da determinação dos teores de CaO e MgO de cada amostra. ....	36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>131</b>
<b>2.1.</b>	<b>ACIDEZ DO SOLO.....</b>	<b>11</b>
2.2.	CALAGEM.....	12
2.3.	CORRETIVOS DE SOLO.. ..	12
2.4.	PODER DE NEUTRALIZAÇÃO.....	14
2.5.	GRANULOMETRIA.....	15
2.6.	PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL.....	16
2.7.	ORIGEM E PROCESSAMENTO DOS CÁLCARIOS.....	17
2.8.	INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA/Nº 35.....	20
2.9.	INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA/Nº 10.....	21
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>253</b>
3.1.	COLETA DAS AMOSTRAS DOS CORRETIVOS.....	23
3.2.	PREPARO DAS AMOSTRAS E DETERMINAÇÃO DA UMIDADE.....	23
3.3.	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	24
3.4.	ANÁLISE QUÍMICA.....	24
3.4.1.	Poder de neutralização (PN).....	24
3.4.2.	Cálculo do PRNT.....	25
3.4.3	Determinação dos teores de CaO.....	25
3.4.4.	Determinação dos teores de MgO.....	25
3.5.	DADOS DAS NOTAS FISCAIS.....	25
3.6.	ANÁLISE DOS DADOS.....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
4.1.	DADOS COLETADOS DAS NOTAS FISCAIS POR AMOSTRA.....	27
4.2.	RESULTADOS DAS ANÁLISES.....	28
4.3.	RESULTADOS DA REATIVIDADE.....	29

4.4. RESULTADOS DO PODER DE NEUTRALIZAÇÃO.....	31
4.5. RESULTADOS DO PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL.....	33
4.6. COMPARATIVO DOS TEORES DE CaO e MgO POR AMOSTRA.....	35
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Entre os diferentes fatores limitantes da produção agrícola atual, a acidez do solo se destaca pela sua interferência direta no desenvolvimento radicular das plantas comprometendo a absorção de nutrientes e diminuindo assim o seu potencial produtivo (FURTINI et al, 2001). A elevação do pH do solo para uma faixa considerada ideal entre 5,5 e 6,5 propicia uma melhor disponibilidade dos nutrientes do solo e cria um ambiente adequado para o desenvolvimento radicular das culturas (CQFS-RS/SC, 2016). Como forma de diminuir a acidez do solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes e diminuir a interferência do alumínio no desenvolvimento radicular das plantas utiliza-se corretivos de solo constituídos de elementos como Cálcio e Magnésio em forma de carbonatos (ALCARDE, 1992), processo comumente conhecido como calagem.

Os corretivos de solo têm atributos que os caracterizam e os definem como tal, sendo esses o seu teor de Ca e Mg, seu poder de neutralização, a sua granulometria e o seu poder de neutralização total (ALCARDE, 1996). Esses atributos químicos e físicos determinam a qualidade do corretivo e também o seu manejo na calagem.

Os solos da região das Missões do estado do Rio Grande do Sul apresentam em sua maioria características, como a presença de óxidos de ferro e alumínio, que caracteriza acentuada acidez e toxidez, fazendo com que o uso de corretivos de solo por meio da calagem seja uma prática fundamental para melhorar as condições de solo para os cultivos (STRECK et al., 2008). Sendo assim, a comercialização de corretivos de solo na região é de certa forma considerável, no ano de 2007, o estado do Rio Grande do Sul importou de outros estados da federação mais de 150 mil/ton de calcário para comercialização (ABRACAL, MAPA, 2007), fazendo com que os agricultores e técnicos do setor busquem cada vez mais produtos de qualidade para diminuir os problemas causados pela acidez do solo de forma eficiente e com resultados reais na produção final.

O calcário é o corretivo mais utilizado na calagem atualmente no Brasil, obtido através do processamento de rochas calcárias, tendo o seu poder de neutralização através por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e o carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ). (PRIMAVESI & PRIMAVESI, 2004).

Considerando a importância e a ampla utilização de corretivos de acidez do solo, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade dos corretivos comercializados na região das Missões.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ACIDEZ DO SOLO

A acidez do solo é um dos principais fatores limitantes que atuam sobre a produção agrícola, influenciando na toxidez do Al às plantas, que limita o crescimento das raízes das plantas em solos ácidos (COLEMAN & THOMAS, 1967). A origem da acidez do solo se dá como consequência do intenso intemperismo ocorrido ao passar dos anos, ocasionando a lixiviação e remoção de considerável parte dos cátions básicos que constituem a CTC do solo, entre eles, potássio, sódio, cálcio e magnésio, os quais são substituídos por alumínio trocável e hidrogênio não dissociado na CTC do solo (VAN RAIJ, 2011).

Consequência da acidez do solo, as condições químicas em que esses solos se apresentam demonstram que o pH do meio é baixo, prejudicando a disponibilidade da maior parte dos nutrientes, sendo assim busca-se diminuir ou neutralizar a acidez do solo e como consequência tornar os nutrientes propensos a estarem disponíveis e serem absorvidos pelas raízes, ou seja, criando as melhores condições possíveis para que a nutrição das plantas ocorra da forma adequada, visando propiciar a mais alta eficiência dos fertilizantes utilizados na adubação, melhorando de forma geral os índices de fertilidade do solo e conseqüentemente aumentar a produtividade das culturas de interesse (CQFSRS/SC, 2016).

O estado do Rio Grande de Sul é constituído por grande diversidade de tipos de solos, com suas diferentes características químicas e físicas, determinando diferentes técnicas e manejo para tais. Entre os diferentes tipos de solos, os Latossolos e Argissolos são os mais encontrados. Em relação a região das Missões, predomina solos classificados como Latossolo Vermelho distroférico típico, o qual apresenta um perfil profundo, bem drenado, coloração vermelho escuro, altos teores de argila e predominância de argilominerais 1:1 e óxidos de ferro e alumínio, pH abaixo de 5,5, essa última característica lhe confere o status de solo naturalmente ácido, além de apresentar uma reserva de nutrientes relativamente baixa (STRECK et al., 2008).

## 2.2. CALAGEM

Como forma de reverter ou diminuir a acidez do solo até um estado onde não ocorra a diminuição do potencial produtivo das plantas, utiliza-se práticas de aplicação de diferentes tipos de corretivos de solo, uma dessas práticas mais utilizada é a calagem.

A calagem consiste na aplicação de corretivos de solo visando a neutralização da acidez e busca-se também melhorar as condições químicas do solo, que se tem como ideal uma faixa do pH que se encontre entre 5,5 e 6,5, sendo a faixa considerada ideal para a maior parte das culturas permanentes e anuais cultivadas (CQFS-RS/SC, 2016).

A aplicação de diferentes tipos de calcário via calagem tem como objetivo neutralizar a acidez do solo que se inicia a partir da dissolução do carbonato de cálcio, a presença de gás carbônico desencadeia o processo resultando em cálcio e bicarbonato. Dessa reação, gera-se hidroxilas que reagem com o H da solução resultando em água e gás carbônico. Então, estando o pH da solução em busca de permanente equilíbrio com a acidez total, sendo a partir disso que a neutralização ocorre, de forma gradual, permitindo ainda que o alumínio trivalente trocável seja precipitado, na forma de hidróxido de alumínio, ocorrendo assim o aumento do pH do solo e por consequência a diminuição da atividade do alumínio (VAN RAIJ, 2011).

Para que as reações ocorram e as transformações químicas dos constituintes da acidez do solo resultem em mudanças do pH visando os teores ideais e a diminuição do potencial da atividade do alumínio, é de suma importância que os corretivos utilizados na calagem sejam de qualidade e tenham os seus atributos químicos conhecidos para assim otimizar o manejo de aplicação e alcançar a máxima eficiência do seu uso a partir de recomendações feitas de forma agronomicamente corretas.

## 2.3. CORRETIVOS DE SOLO

Os corretivos de solo seguem uma legislação vigente (Instrução Normativa SDA/ Nº 35, de 04 de julho de 2006), para serem considerados como corretivos e precisam apresentar atributos químicos e físicos que os classifiquem assim. São materiais que apresentam carbonatos, óxidos, hidróxidos ou silicatos de cálcio e de magnésio como constituinte neutralizante entre suas características químicas. Sendo considerados também outros atributos

como o seu teor de cálcio e magnésio, o seu poder de neutralização (PN), granulometria e o seu poder de neutralização total (PRNT) (ALCARDE; RODELLA,1996).

Um material pode ser considerado como corretivo da acidez do solo se conter determinados teores mínimos de cálcio e de magnésio no material (J.C. ALCARDE; A.A. RODELLA,1996). Ao encontrar os teores desses elementos abaixo do limite mínimo ou ausentes, significa que o material não pode ser considerado um corretivo da acidez do solo. Os teores desses elementos são determinados na forma elementar, mas por convenção são expressos nas formas de CaO e MgO, em todos os corretivos. Sendo classificados pelo MAPA, por meio da Instrução Normativa SDA/ N° 35, de 04 de julho de 2006, em:

a) Calcário: corretivo mais utilizado atualmente no Brasil, que se obtém da rocha calcária muída, seja essa de origem metamórfica ou sedimentar. O poder de neutralização dos calcários se faz presente da sua constituição por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e o carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ).

Os calcários são classificados quanto ao seu teor de MgO em: calcítico, com menos de 5% de MgO; magnesiano, com 5% a 12% de MgO; e dolomítico, com mais de 12% de MgO. Os calcários calcíticos apresentam de 45% a 55% de CaO; os magnesianos, de CaO; e os dolomíticos, de 25% a 35% de CaO. No solo, em contato com a água, o calcário libera  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  (carbonato) e depois  $\text{HCO}_3^{-}$  (bicarbonato). As bases,  $\text{CO}_3^{2-}$  (carbonato) e  $\text{HCO}_3^{-}$  (bicarbonato), é que possibilitam a formação de  $\text{OH}^{-}$ , sendo bases fracas, isso significa que a reação de formação do  $\text{OH}^{-}$  é relativamente lenta. O  $\text{OH}^{-}$  produzido neutralizará o  $\text{H}^{+}$  da solução do solo, responsável por sua acidez.

b) Cal virgem agrícola: se obtém na indústria pela calcinação ou queima completa do calcário. Comercializados na forma de pó fino e seus constituintes são óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO). A cal virgem libera  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{OH}^{-}$  e calor. A liberação de  $\text{OH}^{-}$  é total e praticamente imediata, caracterizando como uma base forte.

c) Cal hidratada agrícola: é obtida de forma industrial hidratando a cal virgem. Sua ação neutralizante se assemelha à da cal virgem, sendo a diferença que a cal virgem se hidrata em contato com a água presente no solo.

d) Calcário calcinado: é obtido industrialmente pela calcinação de forma parcial do calcário. Nem todo o  $\text{CaCO}_3$  e o  $\text{MgCO}_3$  são decompostos e transformados em óxidos. Se considera como um produto de características intermediárias ao calcário e a cal virgem, sendo comercializado na forma de pó fino. Tendo como neutralizante base forte  $\text{OH}^{-}$  como base forte, e o  $\text{CO}_3^{2-}$  como base fraca.

e) Calcário “filler”: Apresenta características de neutralização iguais ao calcário em relação aos atributos químicos, mas apresenta diferenças de reatividade em função da sua granulometria fina.

f) Escórias de siderurgia: são basicamente sobras e subprodutos da indústria do ferro e do aço. Os seus atributos neutralizantes são os silicatos de cálcio e de magnésio. Se comportam da mesma forma que os calcários e contêm teores relativamente elevados de micronutrientes, mas ainda são poucos utilizados .

g) Mais alguns materiais: margas, são depósitos terrestres de  $\text{CaCO}_3$ . Calcários marinhos, como corais e sambaquis e alguns outros tipos de subprodutos de diversas indústrias que poderiam ser usados.

#### 2.4. PODER DE NEUTRALIZAÇÃO (PN)

Se entende poder de neutralização (PN) a capacidade e o potencial do corretivo para neutralizar os constituintes da acidez do solo, esse fator é expresso pela quantidade encontrada de  $\text{CaCO}_3$  no corretivo.

A composição e concentração de cálcio e magnésio é expressa e aceita como  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$  nos corretivos, sendo essas informações importantes no que se refere a qualidade potencial de uso de um corretivo. Acredita-se que a solubilidade dos constituintes neutralizantes que se fazem presentes nos corretivos de solo em água é, normalmente, baixa e a quantidade de materiais estranhos e impurezas tem interferência nesse processo, podendo acarretar uma maior lentidão sobre esse, por isso é necessário buscar corretivos que tenham o maior grau de pureza possível dos seus componentes, assegurando assim uma maior eficiência do corretivo no seu propósito final (ALCARDE, 1992). Cada fração que constitui o corretivo apresenta determinada capacidade de neutralização, sendo a fração  $\text{CaCO}_3$ , a que expressa essa capacidade, tomado como padrão (Tabela 1).

Tabela 1- Capacidade de neutralização dos diferentes constituintes neutralizantes, em relação ao  $\text{CaCO}_3$ .

Constituintes	Capacidade de neutralização relativa ao $\text{CaCO}_3$ ( $\text{ECaCO}_3$ )
---------------	--

Carbonato de cálcio	1,00
Carbonato de magnésio	1,19
Hidróxido de cálcio	1,35
Hidróxido de magnésio	1,72
Óxido de cálcio	1,79
Óxido de magnésio	2,48
Silicato de cálcio	0,86
Silicato de magnésio	1

Fonte: (ALCARDE, J.C; 1992).

A partir disso, devemos ter em mente que ao expressar o teor de neutralizantes que constituem um corretivo, por exemplo, 83%  $\text{CaCO}_3$  ou 75% de  $\text{MgSiO}_3$ , não está portanto assim expressa sua capacidade de neutralização, sendo necessário para isso convertê-lo em ao equivalente de carbonato de cálcio ( $\text{ECaCO}_3$ ), que é aceito como padrão.

Segundo a legislação brasileira vigente (Instrução Normativa SDA/ N° 35, de 04 de julho de 2006), os corretivos devem apresentar os seguintes valores mínimos de PN: calcários, margas e sambaquis = 67%  $\text{ECaCO}_3$ ; cal virgem agrícola = 125%  $\text{ECaCO}_3$ ; cal hidratada = 94%  $\text{ECaCO}_3$ ; escórias = 60%  $\text{ECaCO}_3$ ; calcário calcinado agrícola = 80%  $\text{ECaCO}_3$ .

## 2.5. GRANULOMETRIA

A granulometria desempenha papel fundamental na reatividade do calcário, controlando requisitos importantes sobre os constituintes do corretivo, entre eles, a reatividade (RE). O menor tamanho das partículas da rocha aumenta a área de contato do corretivo sobre o solo aplicado, e assim acarretando uma maior eficiência em relação ao tempo que o corretivo precisa para que ocorra a correção do solo (PANDOLFO & TEDESCO, 1996). A solubilidade em água das espécies neutralizantes dos corretivos é baixa:  $\text{CaCO}_3$ : 0,014 g/l a 25°C;  $\text{MgCO}_3$ : 0,106g/l a 25°C;  $\text{Ca(OH)}_2$ : 1,85g/l a 0°C;  $\text{Mg(OH)}_2$ : 0,009 g/l a 18°C;  $\text{CaSiO}_3$  : 0,095g/l a 17°C. O CaO e o MgO reagem com a água produzindo os respectivos hidróxidos (ALCARDE, 1992). As impurezas presente nos materiais corretivos concorrem para dificultar a solubilidade desses constituintes.

A reatividade (RE) é refletida pelo tamanho da partícula, determinando assim a sua eficiência a campo. Sendo assim, a legislação atual em vigor, adota para o cálculo da RE, os

valores de reatividade de 1 para partículas de diâmetro menor de 0,3 mm; 0,6 para partículas 0,3 e 0,84 mm; 0,2 para partículas entre 0,84 e 2,00 mm e 0 para partículas maiores de 2 mm (BRASIL, 2006).

Para as diferentes frações granulométricas do calcário, foram determinadas diferentes taxas de reatividade, em peneiras de tamanhos diferentes segundo a ABNT, conforme Tabela 2.

Tabela 2- Taxas de reatividade de partículas de diferentes tamanhos de calcários.

Fração granulométrica		Taxa de reatividade (RE %)
Peneira NO (ABNT)	Dimensão (mm)	
Maior do que 10	maior do que 2	0
10 – 20	2 a 0,84	20
20 – 50	0,84 a 0,30	60
Menor do que 50	Menor do que 0,30	100

Fonte: (ALCARDE, J.C; 1992)

Depois que se obtém a composição granulométrica de um corretivo, se torna possível calcular sua reatividade (RE), com base na expressão:

$$RE(\%) = \%F_{10-20} \times 0,2 + \%F_{20-50} \times 0,6 + \%F_{50} \times 1$$

Em que:

$\%F_{10-20}$   $\%F_{20-50}$   $\%F_{< 50}$  = percentual das diversas funções granulométricas;

0,2; 0,6; 1 = taxas de reatividade das respectivas frações granulométricas;

## 2.6. PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL

O poder relativo de neutralização total (PRNT) é o índice que relaciona a percentagem expressa do PN relativo às características químicas, multiplicado pela RE, relacionando com as características físicas do corretivo dividindo esse valor por 100, resultando no valor final do PRNT. Esse valor de PRNT considera a proporção de corretivo que neutraliza efetivamente a acidez após 3 meses (BRASIL, 2006) e é utilizado na determinação da quantidade de calcário a ser aplicado ao solo. A equação do PRNT pode ser expressa da seguinte forma:

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

Os calcários são classificados em classes quanto ao PRNT em classes por faixas de PRNT. Classe A com faixa de PRNT entre 45% e 60%; classe B com faixa de PRNT entre 60,1% e 75%; classe C com faixa de PRNT entre 75,1% e 90% e a classe D com faixa de PRNT entre 75,1% e 90%.

Sendo a reatividade o percentual do corretivo que reage no solo no período de três meses, em relação a sua granulometria, para os calcários o PRNT pode ser entendido como a quantidade do PN do corretivo que reagirá nos três primeiros meses após a aplicação, pois o PRNT é definido também em função da reatividade. Portanto, diferentes tipos de calcários apresentam o mesmo PRNT, significa que esses corretivos apresentarão efeito semelhante apenas nos três primeiros meses, em função da igual quantidade do PN que agirá nesses três meses. Mas, se esses corretivos têm PN diferente, a outra parte desse PN, que está contido na reatividade após os 3 meses, terá ação nesses outros meses, tendo diferença entre os corretivos em relação ao tempo de reatividade após os 3 meses iniciais.

Sendo assim, ressalta-se a importância de se conhecer o PN dos calcários, pois fica evidenciado que apenas o conhecimento do PRNT não permite a avaliação precisa dos corretivos em relação a sua reatividade. Isso explica o motivo pelo qual a legislação em vigor exige garantia do PN e do PRNT dos calcários (BRASIL,2006).

## 2.7. ORIGEM E PROCESSAMENTO DOS CALCÁRIOS

Os corretivos agrícolas tem origem de rochas sedimentares ou metamórficas, sendo as rochas carbonadas mais comuns para extração e comercialização no mundo todo, são o calcário e o dolomito. Os calcários são rochas sedimentares caracterizadas basicamente pela maior concentração de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), e os dolomitos também são rochas sedimentares, mas tem em sua composição a maior concentração do mineral dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). Em relação ao valor econômico, a calcita se destaca quando comparada a dolomita, mármore e greda ou giz. Em relação a sua geologia, o calcário é uma rocha sedimentar que se origina do material precipitado por agentes químicos e orgânicos (PEREIRA, 2002).

As rochas calcárias são encontradas extensivamente em todos os continentes, e é extraído de pedreiras ou depósitos que variam em idade, desde o Pré-Cambriano até o Holoceno. O calcário representa aproximadamente 10% de todas as rochas sedimentares presentes no planeta. Há também os depósitos de calcário precipitado diretamente de águas com elevados teores de sais minerais. As reservas de calcário, ou rochas carbonatadas, são consideravelmente grandes e praticamente intermináveis, mas em relação a sua ocorrência com elevada pureza, concentram-se ao correspondente a menos de 10% das reservas de carbonatos lavradas em todo mundo, dificuldade a obtenção de calcários de alta qualidade (DNPM, 2009).

Em relação às impurezas que constituem os calcários e que tem relação com sua reatividade, são vários os tipos e quantidades destas, quando se busca qualificar um corretivo em relação ao seu potencial de uso, a determinação do grau de impurezas é importante, definindo suas atribuições econômicas como produto final. Segundo a AMB 2006, essas impurezas surgem do processo de deposição dos carbonatos ou também podendo ocorrer em estágios posteriores à essa deposição.

No que se refere ao processo de mineração/extração, a maior parte das minas de calcário são lavradas a céu aberto, comumente chamadas em todo o mundo, de pedreiras, mesmo que, em muitas áreas e por razões técnicas, ambientais e/ou escala de produção utilize-se a extração subterrânea para a produção de calcário. O principal uso do calcário produzido no Brasil e no mundo visa a comercialização como calcário agrícola. No Brasil, 21% do calcário produzido é transformado em calcário de uso agrícola. Em 2007, a produção de calcário na agricultura foi de 26,5 Mt, segundo o SINDICALC (Sindicato da Indústria de Calcário do Rio Grande do Sul).

Em relação ao processamento industrial, o qual atribuí a rocha características de corretivo, os tratamentos dependem basicamente do uso e especificações a serem adquiridas e oferecidas no produto final. Segundo o MME, 2009, entre os vários processos utilizados na obtenção do calcário, podemos citar a flotação e a separação magnética, utilizados com o objetivo de aumentar a concentração de calcário e/ou remoção de impurezas.

No que se refere a preços e custos basicamente, o baixo preço do produto relaciona estreitamente a demanda e a produção/extração, ocasionando um baixíssimo nível de estoques. De outro modo, sendo o cenário de preços determinado da relação entre os baixos preços do calcário e o custo do frete, ocorre pouco intercâmbio, de forma que as importações e exportações são pouco significativas, segundo o SINDICAL (Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo, 2007).

A produção de calcário que visa o fim agrícola ocorre em quase todos os estados brasileiros. Segundo o SINDICAL, em 2007 o Brasil totalizou uma produção de calcário de 22,75 milhões de toneladas, principalmente concentrada na região Sudeste. Atualmente, o consumo de fertilizantes tem aumentado considerável nos últimos vinte anos, mas a utilização e consumo do calcário agrícola não tem sequer acompanhado essa evolução, essa relação entre o aumento quantitativo do uso de fertilizantes e o não acompanhamento no consumo de calcário agrícola é, agronomicamente falando, sem sentido, pois a maioria dos solos brasileiros são originalmente ácidos (COLEMAN & THOMAS, 1967). Portanto, necessitando de calagem para que os nutrientes sejam plenamente utilizados pelas plantas, aumentando a eficácia dos fertilizantes e permitindo o aumento produtivo das culturas de interesse (ALCARDE, 1992). Então, pode-se concluir que o consumo de calcário agrícola está muito abaixo do ideal, precisando que o setor agrícola e principalmente os agricultores desenvolvam uma maior consciência da importância e dos benefícios da calagem, podendo futuramente potencializar o consumo do calcário agrícola.

Segundo o Sumário Mineral do Calcário Agrícola no Brasil, (DNPM, 2009), a produção de calcário agrícola no Brasil ocorre na maioria das regiões. Tendo como maior região produtora a região Sudeste, com 33,2% de participação na produção nacional; seguida pela região Centro-Oeste, com 31,8%; Sul, com 26,0%; Norte, com 5,3%; e Nordeste, com 3,7%. Em relação ao consumo, tem-se a região Sudeste como maior consumidora, com 44% de participação no consumo nacional; Centro-Oeste, com 24%; Sul, com 19%; e as demais regiões com o restante.

As reservas lavráveis de calcário no Brasil chegam a 43,7 milhões de toneladas, distribuídas de forma ampla por todos os estados brasileiros, sendo que onze estados têm mais de um milhão de toneladas dessas reservas. O estado de Minas Gerais tem a maior concentração de reserva lavrável, com 22,5% do total; seguido pelo estado do Mato Grosso do Sul, que concentra 17,2%; e o estado do Paraná, com 10,7%. Esses estados detêm aproximadamente 50% das reservas brasileiras (AMB 2006).

O calcário agrícola representa apenas uma parte da produção total de calcário, sua produção segue as práticas de lavra do calcário para as demais outras finalidades. A maior parte das minas de calcário, em todo o mundo são utilizadas a céu aberto, pois assim a indústria de mineralização tem um menor custo dos procedimentos de produção e extração. No Brasil, dentre todas as minas de calcário, apenas uma, de médio porte, não tem suas extrações exclusivamente a céu aberto, sendo assim classificada como uma mina mista, ou

seja, com operações subterrâneas e a céu aberto (DNPM, 2019). Todas as demais operam exclusivamente a céu aberto.

No que diz respeito ao processamento, o tratamento das rochas carbonatadas e, especialmente o calcário, depende do uso e especificações do produto final. A lavra seletiva, a catação manual, a britagem em estágio unitário e o peneiramento são os métodos usuais para obtenção de produtos, já que o produto final não requer rígidos controles de especificações, este é o caso do calcário agrícola utilizado atualmente (MME, 2009)

Os processos restantes da indústria em relação ao processamento do calcário para fins agrícolas dependem da aplicação agrícola pretendida. O calcário agrícola é um dos principais produtos finais do calcário produzido no Brasil e no mundo, no caso do Brasil, representa mais de 21% do total do calcário produzido (MME, 2009).

Estudos realizados pelo setor produtor chegaram à conclusão de que o setor agrícola teria capacidade de absorver anualmente cerca de 70 milhões de toneladas, para uma capacidade instalada total de moagem no país na ordem de 50 milhões de toneladas/ano, entretanto, o setor consumidor utilizou em 2007 apenas 40% dessa capacidade (DNPM, 2019).

Em relação ao preço de mercado, o (DNPM, 2019) afirma que varia principalmente de acordo com a função do produto final ou aplicação em alguma área e também tem relação direta com o beneficiamento. Para o calcário agrícola, o preço varia principalmente em função da qualidade do produto bruto, definida pelo PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total), e segundo o custo do frete.

## 2.8. INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA/ Nº 35

Entre os instrumentos normativos que regem a atividades de mineração do calcário agrícola, a Instrução Normativa SDA/ Nº 35, de 04 de julho de 2006, regida pela Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), oferece orientações em relação às normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade, e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura.

Além dessas definições técnicas do calcário agrícola, a instrução normativa determina parâmetros referentes à qualidade dos produtos utilizados como corretivos de acidez. São definidos a partir dela os valores mínimos exigidos para o poder de neutralização (PN), soma

dos óxidos (CaO e MgO), e PRNT desses produtos, assim como valores para o teor de enxofre, quando utilizados como corretivos de alcalinidade. Há também a classificação desses produtos de acordo com a origem de suas matérias primas, podendo ser de origem vegetal, mineral, de processo industrial, ou de resíduos sólidos domiciliares ou industriais. A Instrução Normativa N° 35 traz a exigência que os produtos comercializados como corretivos de solos sejam registrados no MAPA, conforme as garantias referentes aos seus parâmetros de qualidade, oferecidas pelos fornecedores. Para a comercialização, são estabelecidas normas de embalagem e rotulagem, e de armazenamento. (MAPA, 2009).

## 2.9. INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA/N° 10

Entre os instrumentos normativos que regem a atividades de mineração do calcário agrícola, a Instrução Normativa SDA/ N° 10, de 06 de maio de 2004, regida pela Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), aprova as disposições sobre a classificação e os registros de estabelecimentos e produtos, as exigências e critérios para embalagem, rotulagem e para prestação de serviço.

Em relação a essa instrução normativa, é relevante ressaltar para o presente trabalho a seção que trata da amostragem. A seção II descreve o procedimento de amostragem do material extraído da rocha calcária para ser analisado e posteriormente classificado como corretivo de solo se atender as exigências mínimas.

O ponto problemático deste método de amostragem usado se encontra na quantidade de amostras retiradas em determinada quantidade do produto extraído, a quantidade de amostras a serem retiradas para análise é determinada da seguinte forma, quando o produto é estocado a granel, para lote ou partidas de até 100 toneladas, o método determinada que sejam coletadas 10 porções em pontos diferentes, escolhidos ao acaso. Quando o lote é superior a 100 toneladas, deverão ser retiradas 10 porções mais 1 para cada 100 toneladas ou fração no caso de corretivos de acidez, ou seja, a amostragem é pequena quando comparada às quantidades de material analisado, desprezando possíveis alterações na constituição e formação das rochas calcárias extraídas para futura comercialização como corretivos de solo, podendo acarretar ao produto final características físicas e químicas diferentes aos descritos no laudo

oficial para a comercialização, que para a consumidor final, geralmente produtores agrícolas, chegam expressos na nota fiscal e/ou rótulo do produto (MAPA, 2004).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. COLETAS DAS AMOSTRAS DOS CORRETIVOS

As coletas das amostras foram realizadas em propriedades localizadas em municípios da região das Missões no estado do Rio Grande do Sul, coletando junto com as amostras as informações do material amostrado para futura comparação dos resultados das análises laboratoriais. As informações de cada amostra coletada do material refere-se ao seu PRNT, PN, RE e seus teores de Ca e Mg, descritas no rótulo ou nota fiscal de compra do material. Os materiais coletados foram de dois grupos diferentes de armazenamento: material armazenado em montes “à campo” e o outro grupo foi do material armazenado em “Big Bags”.

A coleta das amostras do material dos montes “à campo” foram feitas com o procedimento de retirada de três sub-amostras de lugares diferentes do mesmo monte, uma da parte mais superior, uma da parte interna do monte e outra da parte próxima ao solo, após foram misturas gerando assim uma amostra de aproximadamente 500 gramas que foi levada para ser analisada em laboratório. A coleta das amostras do material armazenado em Big Bags foram feitas procedendo com a retirada de sub-amostras de bags diferentes do mesmo lote, após essas foram misturadas, gerando assim uma amostra de aproximadamente 500 gramas que foi levada para ser análise em laboratório. As análises dos materiais foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade da UFFS- *Campus* Cerro Largo.

#### 3.2. PREPARO DA AMOSTRA E DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Depois de homogeneizar a amostra, foi reduzida por quarteação até 250 gramas, após transferida a estufa em vidro relógio e seca a 110 °C até peso constante. Pesando toda a amostra com precisão de 0,1 g (P), seca-se na estufa, até massa constante (P1). Calculando o teor de umidade pela expressão  $U = (P - P1) \times 100/P$ . Após, a amostra foi dividida em duas frações iguais: uma, destinada à análise granulométrica, não sofrendo nenhum preparo, e a outra fração foi destinada à análise química e foi reduzida por quarteação à aproximadamente 20 g, sendo moídas e passados em peneira com abertura de malha de 0,3 mm (ABNT nº 50), sendo homogeneizada e armazenada em recipiente hermeticamente fechado.

### 3.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

O equipamento utilizado foram as peneiras com aro de 20 cm de diâmetro, 5 cm de altura e aberturas de malha de 2 mm (ABNT nº 10), de 0,84 mm (ABNT nº 20) e de 0,3 mm (ABNT nº 50), limpas, secas e taradas com aproximação de 0,1 g, com fundo tarado e tampa e o agitador mecânico de peneiras.

O procedimento se iniciou pesando integralmente a fração da amostra com precisão de 0,1 g. Transferindo-a sobre as peneiras encaixadas uma sobre a outra, em ordem crescente de abertura das malhas, com a de maior abertura em cima. Agitadas por 5 minutos, no agitador mecânico na intensidade de vibração máxima. Pesadas cada peneira, com aproximação de 0,1 g, e calculadas as frações retiradas em cada uma. Em seguida, foi realizado o cálculo do percentual passante em cada peneira, de acordo com as expressões:

$$\% \text{ da amostra passante na peneira nº 10} = 100 - R1 \times 100/G$$

$$\% \text{ da amostra passante na peneira nº 20} = 100 - (R1+R2) \times 100/G$$

$$\% \text{ da amostra passante na peneira nº 50} = 100 - (R1+R2+R3) \times 100/G$$

Sendo que: G= massa (g) da amostra, R1= massa (g) do material retido na peneira nº 10, R2= massa (g) do material retido na peneira nº 20, R3= massa (g) do material retido na peneira nº 50;

Após determinar as porcentagens passantes em cada peneira, foi calculado a reatividade da amostra pela seguinte expressão:

$$RE= 0,2(P1 - P2) + 0,6 (P2 - P3) + P3; \text{ (obtidos na análise granulométrica)}$$

Onde, P1, P2, P3 são as porcentagens que passaram nas peneiras ABNT nº 10, ABNT nº 20 e ABNT nº 50, respectivamente.

### 3.4. ANÁLISE QUÍMICA

#### 3.4.1 Poder de neutralização (PN)

O poder de neutralização foi determinado usando o Método da titulação com indicador (EMBRAPA, 2009).

#### 3.4.2 Cálculo do PRNT

Para realizar o cálculo do PRNT foi utilizada a seguinte expressão:

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

#### 3.4.3 Determinação dos teores de CaO

Os teores de CaO das amostras foram determinados pelo Método quelatométrico do EDTA (EMBRAPA, 2009).

#### 3.4.4 Determinação dos teores de MgO

Os teores de MgO foram determinados usando o Método quelatométrico do EDTA (EMBRAPA, 2009).

### 3.5. DADOS DAS NOTAS FISCAIS

Os dados das notas fiscais foram coletados a partir da informação contidas nas mesmas, diretamente com o produtor que adquiriu o material corretivo ou em contato com a empresa fornecedora do corretivo. Os dados que foram coletados e posteriormente comparados com as análises em laboratório correspondiam ao PRNT, PN, RE e teores de CaO e MgO, todos em %, seguindo a recomendação da INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA/ Nº 35. Também foi recolhida a informação referente ao armazenamento do material, nesse caso, tal qual também se refere por qual forma foi realizada a comercialização do corretivo, sendo adquiridas duas formas de armazenamento e comercialização, em Big Bags e “à granel”, sendo esta segunda considerada forma de armazenamento “à campo”.

Foram coletadas 20 amostras de nove municípios da região das Missões. Sendo eles: Guarani das Missões, Sete de Setembro, Cerro Largo, Salvador das Missões, Caibaté, Cândido Godói, Roque Gonzales, Santo Ângelo e Campina das Missões.

### 3.6. ANÁLISE DE DADOS

Os procedimentos de análise foram realizados com 2 repetições para cada amostra para uma maior segurança dos resultados obtidos para comparação posterior. Evitando assim algum erro de procedimento em uma das análises, o que comprometeria os dados comparativos.

O desvio padrão foi calculado a partir dos valores de RE, PN e PRNT obtidos nas replicadas da análise, visando a comparação dos resultados com as informações fornecidas pela nota fiscal do corretivo. Nas amostras que apresentaram resultados na análise maior que os dados da nota fiscal foram considerados corretivos de qualidade aceitável. As amostras que apresentaram resultados da análise menores que os dados da nota fiscal, sendo essa diferença maior que o desvio padrão das análises realizadas em duplicatas, foram considerados corretivos de qualidade inferior/duvidosa.

Para determinação da qualidade do material em relação ao seu tipo de armazenamento, os resultados foram analisados usando o método gráfico estatístico Box plot, este por definição demonstra a dispersão dos valores. A mediana é representada dentro do “box” e mostra os valores do meio em que se encontram os dados. Os pontos de extremo máximo e mínimo representam valores que dispersaram nos dados e não representam de maneira significativa o comportamento dos mesmos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. DADOS COLETADOS DAS NOTAS FISCAIS POR AMOSTRA

Coletou-se onze amostras armazenadas em Big Bag e nove amostras armazenadas à campo. Entre os dados, podemos destacar que o PRNT descrito nas notas fiscais variou de 69,3% a 60,38% entre as amostras. No PN, o maior valor descrito chegou a 88,3%, e o menor valor descrito foi de 77,8%. Os valores de RE variaram entre 80,5% a 76,1%.

Tabela 3 – Dados das notas fiscais e referentes municípios de cada amostra coletada.

A	COMERC.	ARMAZ.	TEMPO DE	PRNT (%)	PN (%)	RE (%)	CaO (%)	MgO (%)	LOCAL - RS
			ARMAZ.(dias)						
1	BIG BAG	CAMPO		65,4	82,1	79,7	28	17	Guarani das Missões
2	BIG BAG	PROTEJIDO		60,38	79,2	76,2	25	14	Sete de Cerro
3	BIG BAG	CAMPO	20	60,75	78,7	77,2	26	13	Largo Salvador das
4	BIG BAG	CAMPO		61,25	77,8	78,7	27	14	Missões Cerro
5	BIG BAG	PROTEJIDO	15	65,27	82,3	79,3	29	14	Largo Cerro
6	BIG BAG	CAMPO		65,4	81,3	80,4	28	15	Largo
7	BIG BAG	PROTEJIDO		64,96	83,1	78,2	29	16	Caibaté Cândigo
8	BIG BAG	CAMPO	21	60,39	79,4	76,1	25	14	Godói Cerro
9	BIG BAG	PROTEJIDO	14	67,29	83,6	80,5	33	19	Largo Roque
10	BIG BAG	CAMPO	45	60,58	79,1	76,6	25	15	Gonzales Santo
11	BIG BAG	CAMPO	25	63,43	82,4	77,0	28	15	Ângelo Santo
12	GRANEL	CAMPO		62,85	79,6	79,0	28	17	Ângelo Santo
13	GRANEL	CAMPO	21	64,87	81,9	79,2	27	16	Ângelo
14	GRANEL	CAMPO		63,47	79,6	79,7	29	14	Caibaté Cândigo
15	GRANEL	CAMPO		64,89	81,3	79,8	28	17	Godói

16	GRANEL	CAMPO	45	64,68	82,1	78,8	29	16	Santo Ângelo
17	GRANEL	CAMPO		61,2	79,1	77,4	27	15	Santo Ângelo
18	GRANEL	CAMPO		66,2	83,4	79,4	29	17	Guarani das Missões Campina das
19	GRANEL	CAMPO		69,3	88,6	78,2	36	19	Missões
20	GRANEL	CAMPO		68,4	85,2	80,3	35	18	Santo Ângelo

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2. RESULTADOS DAS ANÁLISES

Os resultados das análises apresentados (Tabela 4), do PN, RE e PRNT são médias das duplicatas realizadas em laboratório. Os teores de CaO e MgO, como também a umidade não foram determinados em duplicatas, não sendo usados como indicativos de qualidade na discussão dos resultados.

Tabela 4 – Resultados da umidade, PN, CaO, MgO, RE e PRNT determinados pela análise laboratorial.

AMOSTRA	UMIDADE %	PN (%)	% CaO	% MgO	RE %	PRNT %
1	0,50	77,6	27	15	83,9	65,1
2	0,53	81,5	31	17	81,0	66,0
3	0,59	72,2	39	10	81,3	58,7
4	0,65	74,3	27	8	80,9	60,1
5	0,58	77,3	23	18	80,7	62,4
6	0,56	83,5	37	13	82,3	68,8
7	0,33	83,7	32	13	82,8	69,3
8	0,75	76,1	33	9	80,5	61,3
9	0,63	83,4	28	16	80,8	67,4
10	1,06	76,8	28	19	84,4	64,9
11	0,57	73,9	22	12	83,1	61,3
12	2,36	57,3	22	14	79,5	45,5
13	1,65	64,8	25	21	81,6	52,9

14	0,20	72,6	53	28	81,9	59,4
15	2,42	76,6	34	18	82,8	63,5
16	0,78	69,0	23	14	80,7	55,7
17	1,50	80,1	48	34	75,6	60,6
18	0,63	68,6	34	16	80,1	55,0
19	0,77	74,5	41	13	82,4	61,4
20	0,75	65,1	36	10	81,9	53,4

Fonte: Elaborado pelo autor.

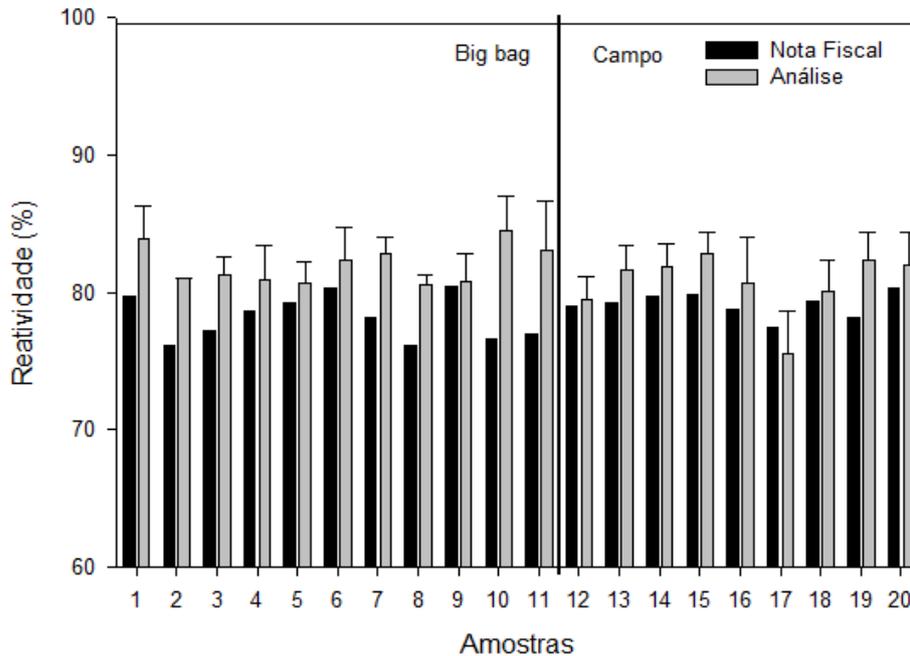
Entre os resultados encontrados, destaca-se, a umidade das amostras deram abaixo do esperado, já que a maioria das amostras tem teor de umidade normalmente alto, principalmente quando armazenado à campo, podendo chegar de 10% a 15% segundo EMBRAPA, 2017.

O valor médio de RE das amostras foi de 81,4%. (SANTO, 2003), encontrou em sua análise valor médio da RE de 85,1%.

#### 4.3. RESULTADOS DA REATIVIDADE

Nas análises de reatividade dos corretivos, apenas a amostra 17 obteve resultado menor que o descrito em nota fiscal (Figura 1), mas o desvio padrão das duplicatas foi maior, considera-se então que o resultado da análise é equivalente ao valor descrito na nota fiscal. As outras amostras obtiveram resultado da análise maior que o descrito na nota fiscal, sendo assim, todas as amostras têm o seu material considerado de qualidade aceitável em relação a RE.

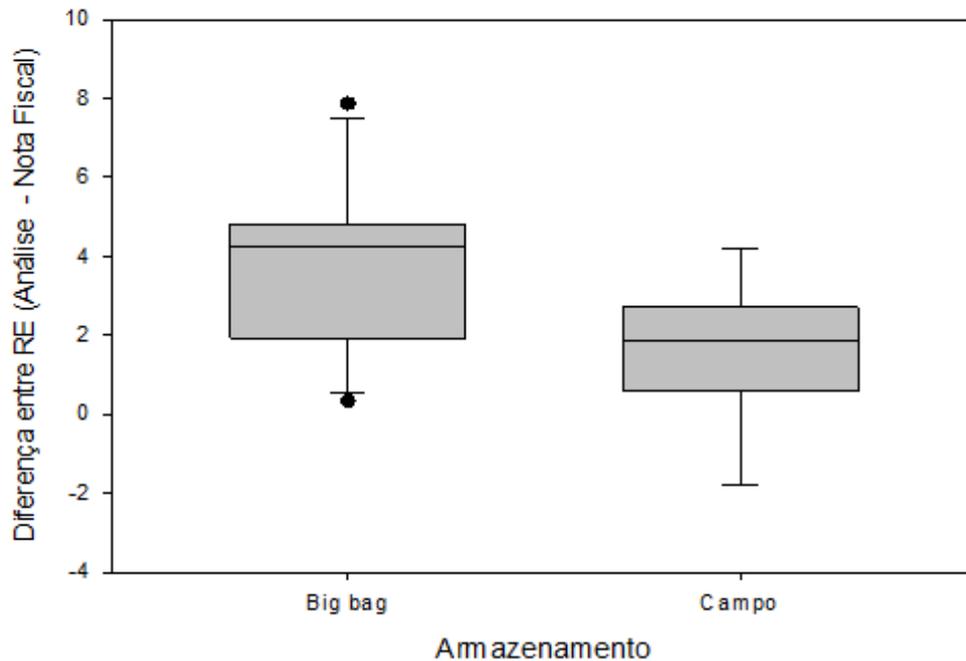
Figura 1 – Valores de reatividade dos corretivos obtidos na nota fiscal e na análise laboratorial das amostras armazenadas em big bag e à campo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando avaliado a diferença entre a reatividade analisada e a fornecida pela nota fiscal (Figura 2), observa-se que o armazenamento Big Bag apresentou valor da mediana de 4,1 e o valor inferior de 0,7. Sendo assim, pode-se dizer que o resultado da análise é maior do que o descrito na nota fiscal em 100% das amostras do armazenamento Big Bag. Quando se observa o armazenamento à campo, temos o valor da mediana de 1,9; com o valor extremo mínimo de -1,8, sendo discrepante dos outros 75% dos valores, sendo um valor que não representa a tendência dos dados. Sendo assim, pode-se dizer que o armazenamento não tem interferência negativa sobre a RE do material corretivo.

Figura 2 – Gráfico dos resultados da RE da análise menos a RE da nota fiscal das amostras dos corretivos divididas pelo tipo de armazenamento.



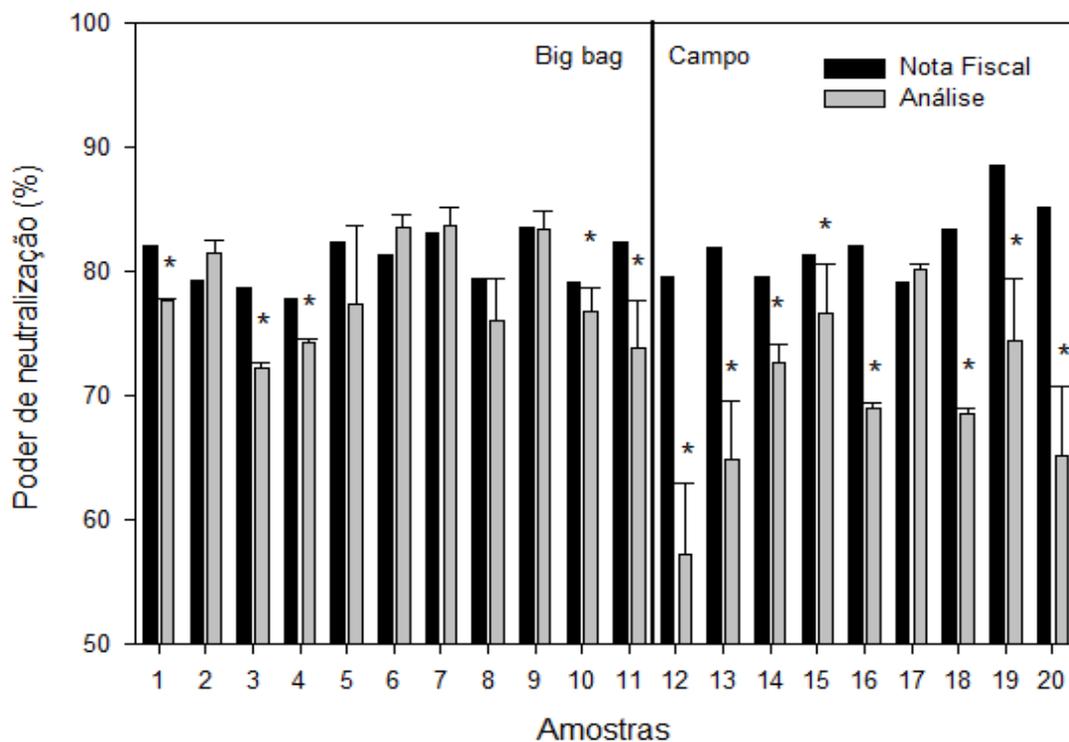
O valor médio de RE das amostras foi de 81,4%. (SANTO, 2003), encontrou em sua análise valor médio da RE de 85,1%, e concluiu que os calcários estudados apresentaram em relação à reatividade, potencial de uso como corretivos do solo. Neste trabalho, a partir das análises pode-se dizer que os materiais avaliados também apresentam capacidade de serem eficientes como corretivos em relação à sua RE.

#### 4.4. RESULTADOS DO PODER DE NEUTRALIZAÇÃO

Nas análises do poder de neutralização dos corretivos, é possível observar (Figura 3), que as amostras que obtiveram diferença do resultado do % de Poder de Neutralização (PN) da análise com o PN (%) descrito na nota fiscal maior que o desvio padrão das duplicadas das análises, foram considerados o seu material de qualidade duvidosa/inferior, sendo essas as

amostras 1, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19 e 20 representando 65% do total, sendo que das treze amostras que apresentaram qualidade duvidosa/inferior, oito são do grupo do armazenamento à campo. As amostras 5, 8, 9, apresentaram diferença do PN (%) menor no resultado da análise quando comparado ao descrito na nota fiscal, mas esta diferença foi menor que o desvio padrão das duplicadas das análises, sendo assim resultados equivalentes da análise com a nota fiscal, considerados a partir disso, material do corretivo de qualidade aceitável. As amostras 2, 6, 7 e 17 apresentaram valores de PN maior na análise do que na nota fiscal, sendo assim também consideradas de qualidade aceitável.

Figura 3 - Valores do PN dos corretivos obtidos na nota fiscal e na análise laboratorial das amostras armazenadas em big bag e à campo.

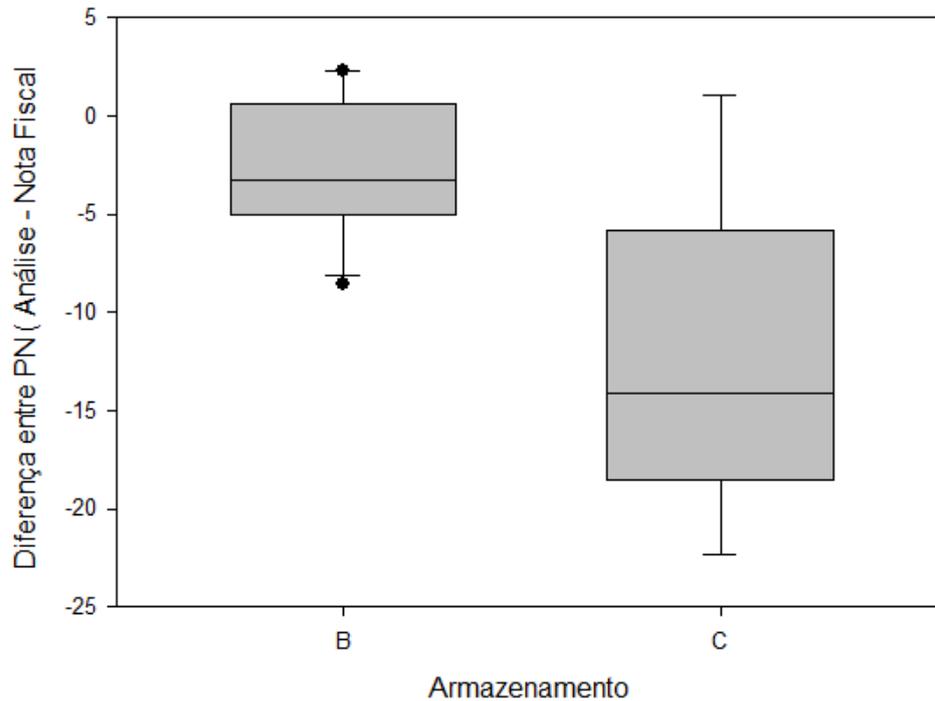


Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando avaliado a diferença entre o PN analisado e o fornecido pela nota fiscal (Figura 4), observa-se que o armazenamento em Big Bag apresentou mediana de -4,5; obtendo o valor extremo discrepante de 2,2. O armazenamento à campo tem valor de mediana em -14,8; e apresenta valor máximo discrepante de 1,0. Pode-se dizer que o PN é afetado

negativamente nos dois tipos de armazenamento, mas de maneira mais significativa no armazenamento à campo.

Figura 4 - Gráfico dos resultados do PN da análise menos o PN da nota fiscal das amostras dos corretivos divididas pelo tipo de armazenamento.



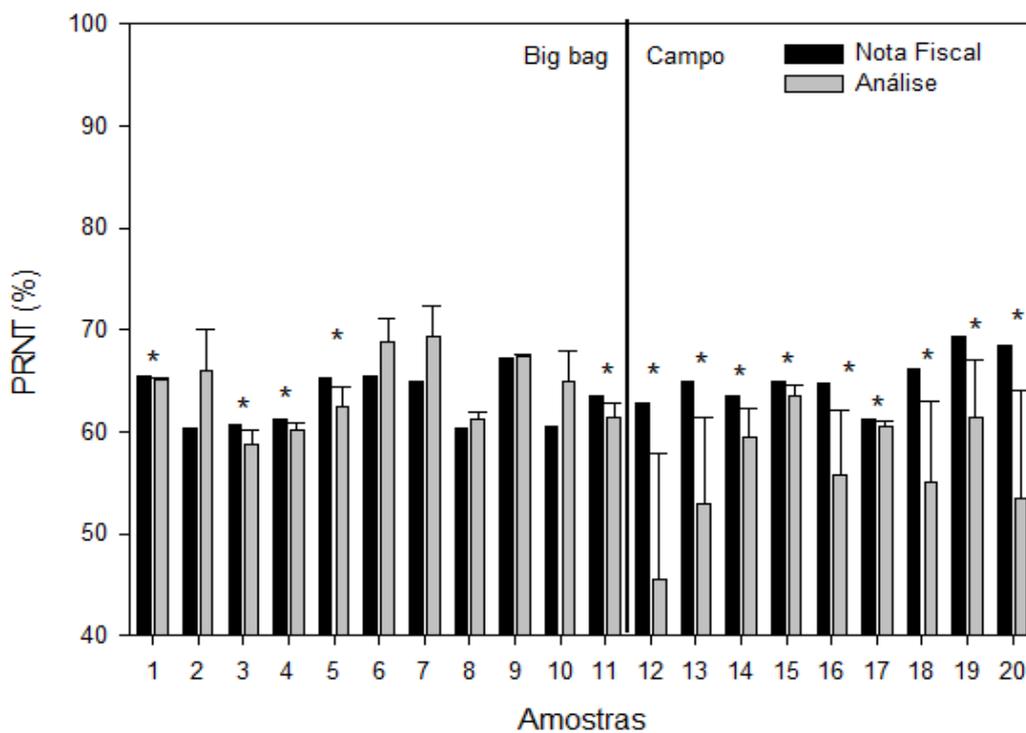
(SANTO, 2003) encontrou valor médio em torno de 74,6% pela determinação do PN, considerando os materiais como eficientes na correção do solo. Este trabalho teve a média do PN determinado em 74,4%, pode-se dizer então que maioria dos materiais são eficientes como corretivos, mas a perda de qualidade encontrada em algumas amostras pode acarretar a necessidade de uso de doses maiores do material para alcançar a eficiência desejada como corretivo.

#### 4.5. RESULTADOS DO PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL

Nos resultados das análises do poder relativo de neutralização total, é possível observar no gráfico (Figura 5), que as amostras que obtiveram diferença do resultado do % de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) da análise com o PRNT (%) descrito na nota

fiscal maior que o desvio padrão das duplicadas das análises, foram considerados o seu material de qualidade duvidosa/inferior, sendo essas as amostras 1, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 representando 70% do total, sendo que das quatorze amostras que apresentaram qualidade duvidosa/inferior, nove são do grupo do armazenamento à campo, ou seja, todas as amostras armazenadas à campo são de qualidade duvidosa/inferior. As amostras 2, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentaram valores de PRNT maior na análise do que na nota fiscal, sendo assim consideradas de qualidade aceitável.

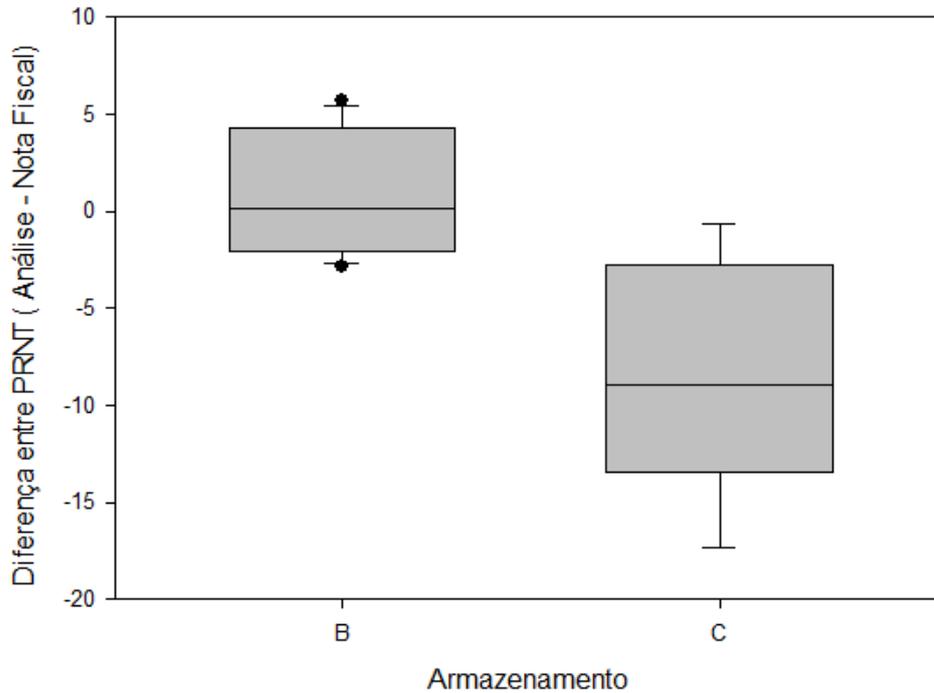
Figura 5 - Valores do PRNT dos corretivos obtidos na nota fiscal e na análise laboratorial das amostras armazenadas em big bag e à campo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando avaliado a diferença entre a reatividade analisada e a fornecida pela nota fiscal (Figura 6), observa-se que a mediana do armazenamento em Big Bag ficou em 0,1; o valor extremo mínimo foi de 2,1. O armazenamento à campo apresenta mediana de -9,0; e todos os seus valores são negativos, demonstrando que os resultados das análises deram menores que os dados descritos nas notas fiscais. Pode-se dizer então, que o PRNT é afetado nas duas formas de armazenamento, mas de forma mais significativa no armazenamento à campo.

Figura 6 – Gráfico do PRNT dos resultados da análise menos o PRNT da nota fiscal das amostras dos corretivos divididas pelo tipo de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das análises referentes ao PRNT variaram de 53,9% a 69,3%, com valor médio de 61,6%; mostrando bastante variabilidade entre as amostras, o que representa eficiências variadas na capacidade de neutralização da acidez do solo. Quando comparados aos resultados de (SANTOS, 2003), que encontrou valor médio do PRNT de 81,1%, pode-se dizer que os materiais deste trabalho têm potencial de correção da acidez reduzida. A qualidade inferior desses materiais quando comparados à nota fiscal, acarreta problemas na recomendação da dose a ser aplicada, o que pode ocasionar perda da eficiência desses materiais.

#### 4.6. COMPARATIVO DOS TEORES DE CaO e MgO POR AMOSTRA

Os resultados das análises de determinação de CaO e MgO não foram avaliadas com os teores dos mesmos descritos em nota fiscal por meio estatístico, pelo fato de não terem sido

realizadas duplicadas das análises desses teores, os dados apenas servem para comparativo sem definir assim a qualidade dos corretivos por este parâmetro químico.

Tabela 5 – Comparação dos resultados da determinação dos teores de CaO e MgO de cada amostra.

AMOSTRA	CaO (%)			MgO (%)		
	Nota Fiscal	Análise	Diferença	Nota fiscal	Análise	Diferença
1	28	27	-1	17	15	-2
2	25	31	6	14	17	3
3	26	39	13	13	10	-3
4	27	27	0	14	8	-6
5	29	23	-6	14	18	4
6	28	37	9	15	13	-2
7	29	32	3	16	13	-3
8	25	33	8	14	9	-5
9	33	28	-5	19	16	-3
10	25	28	3	15	19	4
11	28	22	-6	15	12	-3
12	28	22	-6	17	14	-3
13	27	25	-2	16	21	5
14	29	53	24	14	28	14
15	28	34	6	17	18	1
16	29	23	-6	16	14	-2
17	27	48	21	15	34	19
18	29	34	5	17	16	-1
19	36	41	5	19	13	-6
20	35	36	1	18	10	-8

Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior diferença no teor de CaO encontrado foi de 6% a menos quando comparado os dados da nota fiscal com o resultado da análise, podemos ressaltar também que foram encontrados teores maiores na análise do que na nota fiscal, como o caso da amostra 14 que obteve 21% a mais do que o valor descrito na nota fiscal.

Nos teores de MgO, podemos destacar a amostra 17 que demonstrou ter 19% a mais no resultado quando comparado ao descrito na nota fiscal. Resultados menores na análise quando comparado a nota fiscal chegou a até 8% menos, como se pode ver na amostra 20.

## 5 CONCLUSÕES

A reatividade apresentou valores superiores e/ou equivalentes na comparação análise com a nota fiscal. Os resultados do PN mostram que 65% das amostras são de qualidade duvidosa, e 35% apresentaram ser de qualidade aceitável. Em relação ao PRNT, 70% das amostras são de qualidade duvidosa, e 30% apresentaram ser de qualidade aceitável.

O armazenamento à campo apresentou qualidade inferior quando comparado ao armazenamento em big bag nos resultados do PN e PRNT. A reatividade não sofre influência negativa por nenhum dos tipos de armazenamento.

## REFERÊNCIAS

ALCARDE, José Carlos. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 1992.

ABRACAL – **Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola**, 2009. Site institucional. Disponível em [http://www.sindical.com.br/fram\\_abracal.htm](http://www.sindical.com.br/fram_abracal.htm), acessado em 17-05-2019.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 35, de 04 de julho de 2006**. Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados a agricultura D.O.U., 12/07/2006 – Seção 1. 2006.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 10**. Aprova as disposições sobre a classificação e os registros de estabelecimentos e produtos, as exigências e critérios para embalagem, rotulagem, propaganda e para prestação de serviço D. O. U., 06/05/2004 – Seção 2. 2004.

COLEMAN, N.T. & G.W. THOMAS, 1967. **The Basic Chemistry of Soil Acidity**. Em: Soil Acidity and Liming. Editado por R.W. Pearson & F. Adams. American Soc. of Agronomy Inc. Publishers. Madison. Wisconsin. USA. pp. 1-41.

CQFS-RS/SC, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 376 p., 2016.

ALBUQUERQUE, Jackson Adriano et al. **Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetadas pela calagem**. Revista brasileira de ciência do solo. Campinas. Vol. 24, n. 2, p. 295-300, 2000.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2006. **Anuário Mineral Brasileiro 2006**. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=789>, acessado em 17-05-2019.

EMBRAPA, **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**, 2ª Edição. Cap. 3. Análises de fertilizantes minerais, organominerais e corretivos. 624 pág., 2009.

PRIMAVESI, Ana Cândida; PRIMAVESI, Odo. **Características de corretivos agrícolas**. Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.

Pereira, C. de M., 2002. **Caracterização da produção e consumo de calcário para uso agrícola no estado de São Paulo**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000240106>, acessado em 17-06-2019.

VAN RAIJ, Bernardo. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2009. **Economia Mineral - Produção e Comercialização: Goiás - 6º Distrito**. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/go/conteudo.asp?IDSecao=525>, acessado em 17-05-2019.

PANDOLFO, Carla Maria; TEDESCO, Marino José. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 10, p. 753-758, 1996.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Emater/RS, 2008. 222p.

MME – Ministério de Minas e Energia, 2007. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). **Prévia da Indústria Mineral 2006**. Disponível em [http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Sinopse/Sinopse\\_Minerao\\_e\\_Transformacao\\_Mineral\\_2006-2006.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Sinopse/Sinopse_Minerao_e_Transformacao_Mineral_2006-2006.pdf), acessado em 25-05-2019.

SANTO, OD. E, 2003; **Qualidade dos calcários agrícolas produzidos no estado do Mato Grosso**. 2003. 45 p. Dissertação de Mestrado; Universidade Federal do Mato Grosso. Disponível em : <https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%3%a7%c3%b5es-Teses/Disserta%3%a7%c3%b5es/2003/OZ%3%8dRIS%20DO%20ESPIRITO%20SANTO.pdf>, acessado em 15-10-2019.

ALCARDE, J.C. & RODELLA, A.A. Avaliação química de corretivos de acidez para fins agrícolas: uma nova proposição. **Scientia Agrícola**, v.53, n.:2//3, p.211-216, (1996).

SINDICALC – **Sindicato da Indústria de Calcário no Rio Grande do Sul, 2009**. Site institucional. Disponível em <http://www.sindicalc.com.br>, acessado em 17-05-2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Inspecção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes e biofertilizantes destinados à agricultura** – Legislação e Fiscalização. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Divisão de Fertilizantes e Corretivos. Brasília, DF., 1982, 88p. Portaria 01 de 04/03/83; Portaria 03/06/86.