

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

**MATHEUS LUIS WACHTMANN**

**ÓXIDOS: UMA ALTERNATIVA AO CALCÁRIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO  
SOLO**

**CERRO LARGO**

**2023**

**MATHEUS LUIS WACHTMANN**

**ÓXIDOS: UMA ALTERNATIVA AO CALCÁRIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO  
SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

**CERRO LARGO**

**2023**

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

Wachtmann, Matheus Luis

ÓXIDOS: UMA ALTERNATIVA AO CALCÁRIO NA CORRECÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO / Matheus Luis Wachtmann. -- 2023.  
52 f.

Orientador: Ciência do solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Renan Costa Beber Vieira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2023.

1. Calagem. 2. Plantio direto. 3. Zea mays. I. Vieira, Renan Costa Beber, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

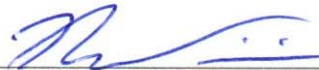
**MATHEUS LUIS WACHTMANN**

**ÓXIDOS: UMA ALTERNATIVA AO CALCÁRIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

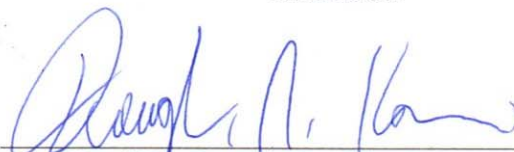
Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 23/11/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS  
Orientador



---

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser - UFFS  
Avaliador



---

Dr. Odair José Schmitt – UFFS  
Avaliador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a Deus pela vida e pela minha força de vontade para alcançar meus objetivos e chegar até esse momento tão importante em minha vida.

Agradeço ao meu pai Romar Luiz Wachtmann, minha mãe Eliane Terezinha Hermes Wachtmann e meu irmão Artur Henrique Wachtmann pelo apoio nos momentos difíceis, juntamente com a execução deste projeto a campo nas mais diversas tarefas e por tornar possível cursar esta graduação e executar este projeto com tantos gastos financeiros que foram necessários.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira, por todas as orientações recebidas e trocas de ideias durante a execução deste projeto, as conversas “jogadas fora” nos mais diversos momentos em que foi passado nos trabalhos laboratoriais.

A todos os professores da Universidade Federal da Fronteira Sul que de uma forma ou de outra passaram pela minha formação acadêmica ou também auxiliaram neste trabalho.

Aos meus colegas de curso que proporcionaram que estes 5 anos de graduação fosse um momento de muita descontração e parceria, fazendo assim o tempo “passar voando”, talvez sendo os 5 melhores anos da minha vida. Em especial aos colegas do laboratório que de uma forma ou outra me deram uma força para este trabalho.

Ao engenheiro agrônomo Rafael Andre Kupske pela ideia e sugestão deste trabalho.

## RESUMO

A maioria dos solos brasileiros é naturalmente ácido devido ao processo de intemperismo ao longo do tempo. Para correção desta acidez geralmente é utilizado calcário, que é aplicado na superfície do solo em áreas sob plantio direto, corrigindo apenas os primeiros centímetros de solo. O objetivo foi avaliar a eficiência de óxidos em relação ao calcário na correção da acidez do solo. O experimento foi realizado em Giruá, RS, em um Latossolo Vermelho. Utilizou-se 5 tratamentos em delineamento blocos ao acaso (sem corretivo, ¼ SMP calcário, 1 SMP calcário, ¼ SMP óxido e 1 SMP óxido) aplicados superficialmente em solo sob sistema plantio direto há quase 30 anos. O calcário utilizado foi o calcário dolomítico PRNT 78% e o óxido possui PN 170. Após a aplicação dos corretivos foi implantado a cultura do milho (*Zea mays*). Na colheita da cultura foi avaliado a produtividade, o peso de mil grãos (PMG) e o pH do solo nas camadas 0–5 e 5–10 cm. O tratamento ¼ SMP óxido foi o que apresentou maior produtividade e o tratamento ¼ SMP calcário foi o que apresentou maior PMG, porém ambos não diferiram significativamente do tratamento sem corretivo. Após a colheita do milho, a aplicação de 1 SMP óxido e 1 SMP calcário aumentou o pH do solo da camada de 0-5 cm de 5,1 para 6,2 e 5,8, respectivamente. Nenhum dos tratamentos foi eficiente para corrigir a acidez na camada 5–10 cm durante o ciclo da cultura. A aplicação de corretivos aumentou em média 1175 kg ha<sup>-1</sup> a produtividade do milho em relação ao sem corretivo, entretanto, não diferindo significativamente. A aplicação de óxido proporcionou retorno financeiro superior em comparação a aplicação de calcário dolomítico. A utilização do óxido foi mais eficiente no aumento do pH do solo em relação ao calcário, porém não influenciou na produtividade do milho. No aumento do pH ao longo do tempo o óxido se mostrou superior até os 19 dias de incubação, aos 89 dias não houve diferença estatística entre óxido e calcário dolomítico.

Palavras-chave: Calagem. Plantio direto. *Zea mays*.

## ABSTRACT

Most Brazilian soils are naturally acidic due to the weathering process over time. To correct this acidity, limestone is generally used, which is applied to the surface of the soil in areas under direct planting, correcting only the first few centimeters of soil. The objective was to evaluate the efficiency of oxides in relation to limestone in correcting soil acidity. The experiment was carried out in Giruá, RS, in a Red Oxisol. 5 treatments were used in a randomized block design (without amendment,  $\frac{1}{4}$  SMP limestone, 1 SMP limestone,  $\frac{1}{4}$  SMP oxide and 1 SMP oxide) applied superficially to soil under a direct planting system for almost 30 years. The limestone used was PRNT 78% dolomitic limestone and the oxide has PN 170. After applying the correctives, corn (*Zea mays*) was planted. At crop harvest, productivity, thousand grain weight (PMG) and soil pH were evaluated in layers 0–5 and 5–10 cm. The  $\frac{1}{4}$  SMP oxide treatment was the one that showed the highest productivity and the  $\frac{1}{4}$  SMP limestone treatment was the one that showed the highest PMG, but both did not differ significantly from the treatment without corrector. After corn harvest, the application of 1 SMP oxide and 1 SMP lime increased the soil pH of the 0-5 cm layer from 5.1 to 6.2 and 5.8, respectively. None of the treatments were efficient in correcting acidity in the 5–10 cm layer during the crop cycle. The application of correctives increased corn productivity by an average of 1175 kg ha<sup>-1</sup> compared to that without corrective, however, it did not differ significantly. The application of oxide provided a higher financial return compared to the application of dolomitic limestone. The use of oxide was more efficient in increasing soil pH compared to limestone, but did not influence corn productivity. In the increase in pH over time, the oxide was superior until 19 days of incubation, at 89 days there was no statistical difference between oxide and dolomitic limestone.

Keywords: Liming. No tillage. *Zea mays*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Precipitação e irrigação (mm) durante o período de condução do experimento, Giruá – RS, 2022/23. ....	27
Figura 2 - Óxido agregado em campo, Giruá - RS, 2023. ....	31
Figura 3 - Incremento do pH do solo ao longo do tempo com o uso de diferentes doses e corretivos em relação ao solo sem correção. ....	38
Figura 4 - Evolução da acidez ativa do solo (pH H <sub>2</sub> O) ao longo de 89 dias de incubação com diferentes corretivos e doses. ....	38



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos das camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm do solo da área do experimento. ....	24
Tabela 2 – Tratamentos e quantidade de corretivo aplicada por hectare.....	25
Tabela 3 - Preço do milho e dos corretivos utilizados no experimento em duas datas distintas para análise econômica. ....	28
Tabela 4 – Tratamentos e quantidade de corretivos utilizada na incubação. ....	29
Tabela 5 – Produtividade de grãos e PMG da cultura do milho em função de diferentes corretivos e doses, Giruá – RS, 2023. ....	33
Tabela 6 – Acidez ativa do solo (pH em H <sub>2</sub> O) após 7 meses da aplicação de diferentes corretivos e doses, Giruá – RS, 2023. ....	34
Tabela 7 - Análise econômica da aplicação de corretivos da acidez do solo na cultura do milho com as cotações de mercado do dia 29/07/2022. ....	36
Tabela 8 - Análise econômica da aplicação de corretivos da acidez do solo na cultura do milho com as cotações de mercado do dia 14/11/2023. ....	37
Tabela 9 - pH H <sub>2</sub> O após 89 dias de incubação com diferentes corretivos e doses. ....	39
Tabela 10 - Poder de neutralização dos diferentes corretivos. ....	41
Tabela 11 - Granulometria dos diferentes corretivos utilizados no experimento.....	42

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
3.1	ACIDEZ DO SOLO E PH .....	13
3.2	ORIGEM DA ACIDEZ DO SOLO .....	14
3.3	CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO .....	17
<b>3.3.1</b>	<b>Calcários.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Óxidos.....</b>	<b>21</b>
3.4	CORREÇÃO DO PH NA CULTURA DO MILHO.....	22
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
4.1	EXPERIMENTO A CAMPO .....	24
<b>4.1.1</b>	<b>Análise econômica .....</b>	<b>28</b>
4.2	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE CORREÇÃO DO SOLO EM LABORATÓRIO .....	28
4.3	DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORRETIVOS .....	30
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUÇÃO.....</b>	<b>33</b>
5.1	EXPERIMENTO A CAMPO .....	33
<b>5.1.1</b>	<b>Análise econômica .....</b>	<b>36</b>
5.2	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE CORREÇÃO DO SOLO EM LABORATÓRIO .....	37
5.3	DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORRETIVOS .....	40
	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>
	<b>APÊNDICE A – Análise química da área do experimento profundidade 0 - 10.....</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE B - Análise química da área do experimento profundidade 10 - 20.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros é naturalmente ácido devido ao processo de intemperismo ao longo do tempo. A acidez do solo influencia a disponibilidade de nutrientes para as plantas, afetando sua absorção e utilização pelas raízes e em solos muito ácidos ocorre toxidez de alumínio ( $Al^{3+}$ ). Além disso, a acidez pode influenciar a atividade microbiana, o número de cargas elétricas a estabilidade dos agregados e várias reações que ocorrem no solo (ERNANI, 2016).

Compreender a relação entre a acidez do solo e o crescimento das plantas é fundamental para implementar práticas de correção do solo que busquem o equilíbrio entre a eficiência dos sistemas de produção agrícola juntamente com o uso sustentável dos recursos naturais (SOUZA et al., 2007).

Desde meados dos anos 1925 já se tem registros de recomendações do uso de calcário com base na análise de solo para corrigir a acidez (WIETHÖLTER, 2000). Inicialmente os corretivos de solo eram aplicados com posterior incorporação no solo, com aração e gradagem. Com o estabelecimento do sistema plantio direto, juntamente com a aplicação de corretivos majoritariamente na superfície do solo, notou-se que está técnica gerou novos problemas na eficiência da correção da acidez do solo (AMARAL et al., 2004).

Com a aplicação de calcário em superfície as frações granulométricas consideradas médias (0,3 até 0,84 mm) e grossas (0,84 até 2 mm) encontram-se em uma condição desfavorável para sua dissolução (Brasil, 2016). Esses grânulos mais grosseiros de calcário para exercer sua função de correção da acidez, precisam de um maior contato com o solo, demandando assim de vários anos para serem solubilizados. As frações médias e grossas do calcário podem representar até 50% do total do corretivo, reduzindo assim esse percentual da ação imediata. Desta forma, a aplicação de calcário de forma superficial em sistema plantio direto não favorece a solubilidade das frações médias e grossas deste corretivo, além de formar um gradiente de alcalinidade nos primeiros centímetros do solo, elevando o pH destas camadas superficiais e reduzindo a solubilidade inclusive da fração fina ( $<0,84mm$ ) (RODRIGUERO et al., 2015).

Neste contexto a aplicação de corretivos a base de óxidos de cálcio e magnésio pode ser uma alternativa eficiente para este tipo de manejo, pois os óxidos são corretivos de alta solubilidade e alto poder de neutralização (PN), garantindo assim correção da acidez do solo em menos tempo, apresentando respostas expressivas em produtividade já no primeiro cultivo

após aplicação. Além disso, o efeito corretivo dos óxidos pode atingir camadas mais profundas do solo, devido a sua granulometria mais fina quando comparada ao calcário.

Devido ao elevado poder de neutralização (PN) dos óxidos, a quantidade de corretivo a ser utilizada é menor para corrigir solos ácidos se comparado ao calcário. Isso os torna uma excelente alternativa para otimizar a eficiência operacional das aplicações, uma vez que é preciso menos corretivo por área a ser corrigida.

Dessa forma, devido à falta de informações para os solos da região, torna -se necessário gerar dados experimentais para ver a eficiência de diferentes corretivos de acidez, para serem utilizados nos Latossolos argilosos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a correção da acidez do solo com a utilização de óxido de cálcio e magnésio em relação ao calcário dolomítico.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar o aumento do pH ao longo do tempo do óxido em relação ao calcário.

Avaliar a eficiência de correção da acidez ativa do solo, com o uso de óxido e de calcário dolomítico.

Determinar a produtividade do milho utilizando óxido e calcário para a correção da acidez do solo.

Avaliar a qualidade dos corretivos utilizados e possíveis perdas por carbonatação.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ACIDEZ DO SOLO E pH

A acidez do solo pode afetar negativamente o crescimento e a saúde das plantas, pois a disponibilidade de nutrientes no solo varia conforme o equilíbrio químico com o  $H^+$  na solução do solo. A acidez do solo é geralmente dividida em dois componentes principais: acidez ativa e acidez potencial. (Malavolta, 2006).

A acidez ativa do solo refere-se à quantidade de íons hidrogênio ( $H^+$ ) presentes no solo. A escala de pH é usada para medir a acidez do solo, variando de 0 a 14, onde pH 7 é considerado neutro. Solos com pH abaixo de 7 são ácidos, enquanto solos com pH acima de 7 são alcalinos. Quanto menor o valor de pH, mais ácido é o solo, ou seja, mais  $H^+$  está disponível na solução do solo (SPOSITO, 2008).

A acidez potencial refere-se à soma da acidez ativa (H da solução) com a acidez trocável representada pelos íons de alumínio ( $Al^{3+}$ ) presentes no solo. O alumínio é tóxico para as plantas em concentrações elevadas e pode afetar negativamente o crescimento das raízes. Portanto, a acidez potencial é uma medida mais abrangente da acidez do solo, levando em consideração tanto os íons de hidrogênio quanto os de alumínio (ECHART et al., 2001).

O pH do solo pode ser considerado como uma “variável mestre do solo”, pois está diretamente ligado a vários processos que ocorrem no solo, dentre estes podemos citar, processos biológicos, processos físicos e químicos que afetam de forma direta o rendimento dos diferentes componentes de produtividade de uma planta (NEINA, 2019).

A maior parte dos solos brasileiros estão ácidos, apresentando pH em  $H_2O$  inferior que 5,5 (VELOSO, 1992). Associado a acidez, estes solos apresentam toxicidade de alumínio e manganês, juntamente com deficiência de cálcio, magnésio e fósforo refletindo em baixa produtividade das culturas (HALISKI, 2018).

O alumínio (Al) é um elemento químico presente no solo, principalmente em solos ácidos em ambiente tropical. Quando o pH do solo é menor que 5,5, o Al se torna disponível na solução do solo, podendo se tornar tóxico para as plantas. Isso ocorre porque o Al em excesso nas raízes das plantas interfere na absorção de nutrientes, água e na sua respiração. Os sintomas de toxidez de alumínio incluem raízes curtas e grossas, menor crescimento das raízes, menor crescimento da parte aérea das plantas e menor produção (ECHART et al., 2001).

A acidez do solo é um fator importante a ser considerado no plantio direto, pois neste sistema de cultivo não há revolvimento em profundidade, sendo os corretivos aplicados somente em superfície, estes que são pouco móveis ou imóveis, criando o problema de não correção da acidez nas camadas mais profundas do solo, se o sistema não for bem manejado (QUAGGIO et al., 1993).

Em um levantamento feito em 2016 nas regiões norte do Rio Grande do Sul (55 municípios) e Sudoeste de Santa Catarina (9 municípios) em um período de 7 anos (2009 – 2015), com um total de 35.362 amostras, constatou que 6% das amostras estavam com pH menor que 5; 24% entre 5,1 e 5,4; 50% entre 5,5 e 6,0; 15% entre 6,0 e 6,5; e 5% maior que 6,5 (TIECHER et al., 2016).

Já em outro levantamento feito por FIORIN, (2018), realizado com base nos dados do Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal da CCGL, Cruz Alta – RS, foi considerado um total de 14.636 amostras de análises de solo, predominantemente obtidas de lavouras de cultivo de grãos, distribuídas em 256 municípios e 13.795 produtores, que foram coletadas na camada de 0 a 15 cm no período de 2010 a 2018. Foi constatado que 13,8% estavam com pH menor que 5,1; 27,6% com o pH entre 5,1 e 5,4; 46% com o pH entre 5,5 e 6; 11,8% com o pH entre 6,1 e 6,5; e 0,8% com pH maior que 6,5.

CQFS (2016), determina que o pH em H<sub>2</sub>O ideal para a maioria das culturas de grãos é 6. Se for considerar o levantamento feito por TIECHER et al., 2016, 80% dos solos da região amostrada precisam de correção da acidez do solo. Já no levantamento feito por FIORIN 2018, 87,4% dos solos amostrados necessitam de correção.

As primeiras recomendações de calcário com base em análise de solo utilizando o teor de alumínio (Al) trocável como referência de acidez surgiram por volta do ano de 1925 (WIETHÖLTER, 2000). Após quase cem anos, do início da utilização de corretivos da acidez do solo, ainda se tem grande parte dos solos utilizados para a agricultura com acidez elevada, sendo está uma característica química com grande potencial de redução da produtividade das culturas agrícolas (WEIRICH NETO, 2000).

### 3.2 ORIGEM DA ACIDEZ DO SOLO

A geologia do local desempenha um papel importante na determinação da acidez do solo. Por exemplo, solos formados a partir de rochas graníticas tendem a ser mais ácidos, enquanto solos formados a partir de calcário tendem a ser mais alcalinos. Isso ocorre porque

diferentes tipos de rochas têm composições minerais distintas, e essas composições podem influenciar os íons presentes no solo (RODRIGUES, 2018).

A composição mineral do solo, que está diretamente relacionada à geologia do local, também pode afetar a acidez. Alguns minerais presentes no solo, como feldspatos e silicatos, podem liberar íons hidrogênio ( $H^+$ ) quando sofrem intemperismo químico. Esses íons contribuem para a acidez do solo, diminuindo seu pH (KÄMPF et al., 2009).

Argilominerais silicatados, como a caulinita, a montmorilonita e a illita, são compostos de silicatos de alumínio hidratados. Esses minerais podem contribuir para a acidez do solo através da ionização de grupos hidroxila e troca catiônica (SOUSA et al., 2007).

A principal fonte de acidificação é a liberação de íons hidrogênio ( $H^+$ ) na solução do solo. Essa liberação ocorre principalmente devido à decomposição de matéria orgânica, ao uso excessivo de fertilizantes nitrogenados e à lixiviação de íons (como o cálcio e o magnésio) do solo pela água da chuva ou irrigação (REETZ, 2017).

A decomposição da matéria orgânica é uma das principais fontes de acidez do solo. Quando a matéria orgânica, como restos de plantas, animais ou resíduos vegetais, se decompõe, ocorre a liberação de diversos compostos, incluindo ácidos orgânicos. Os ácidos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica, como o ácido húmico e o ácido fúlvico, possuem grupos funcionais carboxílicos que liberam íons hidrogênio ( $H^+$ ) no solo, contribuindo para a acidez. Esses íons hidrogênio podem substituir cátions, como cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e potássio ( $K^+$ ), nos sítios de troca de cátions nas partículas do solo. Além disso, a decomposição da matéria orgânica também pode liberar dióxido de carbono ( $CO_2$ ) no solo, que reage com a água formando ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), aumentando ainda mais a acidez do solo. A quantidade de acidez gerada pela decomposição da matéria orgânica depende de vários fatores, como a quantidade e qualidade da matéria orgânica presente, as condições ambientais (temperatura, umidade, pH) e a atividade dos microrganismos decompositores (CALDEIRA, 1997).

O ácido húmico é formado a partir da decomposição da lignina e da celulose, esse ácido tem a capacidade de se ligar a íons de alumínio e ferro presentes no solo, formando compostos altamente solúveis e que contribuem para a acidez do solo (JUNIOR, 2011).

Na decomposição da matéria orgânica, ocorre também a liberação de amônia, que pode ser convertida em nitrato pelos microrganismos do solo. Esse processo de nitrificação também pode liberar ácido nítrico, que contribui para a acidificação do solo (VIEIRA, 2017).



Solos ácidos são comuns em regiões tropicais devido à grande quantidade de precipitação pluviométrica que leva à lixiviação de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , das camadas superiores do solo, esses elementos são substituídos pelos íons  $\text{H}^+$  nos coloides (RONQUIM, 2010).

A chuva ácida pode aumentar a acidez do solo ao depositar ácidos inorgânicos, como o ácido sulfúrico e o ácido nítrico, no solo. Esses ácidos podem reagir com os minerais do solo, liberando íons de hidrogênio e aumentando a acidez do solo (HAMA, 2001).

Os fertilizantes nitrogenados, como ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio, podem contribuir para o aumento da acidez do solo devido à sua reação com a água no solo. Quando esses fertilizantes são aplicados ao solo, eles se dissolvem na água presente no solo e liberam íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) durante a reação de nitrificação do amônio. Esses íons  $\text{H}^+$  aumentam a acidez do solo, diminuindo o pH. A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados pode acelerar a decomposição da matéria orgânica no solo e aumentar a liberação de íons  $\text{H}^+$  (MELÉM, 2001).

A hidrólise do alumínio é um processo químico que ocorre no solo quando o alumínio reage com a água para produzir íons de alumínio e hidrogênio. Essa reação pode contribuir significativamente para a acidez do solo. Em solos ácidos, o alumínio dissolvido na água do solo pode se hidrolisar para formar íons de alumínio e hidrogênio (ECHART et al., 2001).

A maioria dos fertilizantes fosfatados solúveis em água é acidificante, pois eles liberam íons  $\text{H}^+$  (íons de hidrogênio) quando dissolvidos no solo. O fosfato presente nos fertilizantes, como o superfosfato simples (SSP) ou o fosfato diamônico (DAP), reage com a água do solo, formando íons fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) e íons  $\text{H}^+$ . Esses íons  $\text{H}^+$  podem substituir cátions básicos, como cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ), nas partículas de solo, resultando em um aumento da acidez (ERNANI, 2016).

A exportação ou remoção de nutrientes das culturas cultivadas pode contribuir para a acidificação do solo. Quando as plantas são colhidas, elas levam consigo nutrientes que foram absorvidos do solo durante o seu crescimento, como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e outros elementos. Esses nutrientes são geralmente encontrados em formas catiônicas no solo, o que significa que eles estão associados a cargas positivas. Quando as plantas são removidas, especialmente em sistemas agrícolas intensivos, esses nutrientes são exportados do sistema, levando a uma diminuição da concentração de cátions no solo. Consequentemente, a proporção de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) em relação aos nutrientes aumenta, resultando em um desequilíbrio iônico e uma maior acidez do solo (BATISTA et al., 2018).

A oxidação do enxofre pode contribuir para a acidez do solo através da formação de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Isso ocorre quando compostos de enxofre, como o enxofre elementar

ou sulfetos, são oxidados em presença de água e oxigênio. Esses compostos podem estar naturalmente presentes no solo ou podem ser adicionados como fertilizantes contendo enxofre (SOUSA et al., 2007).

### 3.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

Quando se faz a aplicação de corretivos da acidez do solo, esses materiais, quando em contato com a água do solo, sofrem uma reação química que resulta na liberação de íons hidroxila  $\text{OH}^-$  que reagem com os íons  $\text{H}^+$  presentes na solução do solo formando água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Este processo contribui para elevar o pH e neutralizar a acidez (SOUSA et al., 2007).

Corrigir a acidez do solo é um processo importante para melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade das culturas. Ao elevar o pH do solo com o uso de corretivos é possível aumentar a disponibilidade de alguns nutrientes e reduzir a presença de elementos tóxicos. A presença de elementos tóxicos (alumínio e manganês) em solos ácidos pode ser prejudicial para muitas plantas, reduzindo a capacidade de absorção de nutrientes e limitando o seu crescimento e desenvolvimento (LOPES et al., 2002).

Existem vários materiais de reação alcalina que podem ser utilizados como corretivos da acidez do solo, dentre eles podemos citar: calcários agrícolas, cal virgem, cal apagada, calcário calcinado, conchas marinhas moídas, cinzas, resíduos industriais etc. Cada material possui suas próprias características e níveis de eficácia como corretivos de acidez do solo, e a escolha do melhor material dependerá das condições específicas do material, do solo e das plantas que serão cultivadas (CQFS-RS/SC, 2016).

A reatividade de partículas do calcário agrícola está relacionada à sua granulometria, ou seja, ao tamanho das partículas presentes no material. Os corretivos de solo, como o calcário, possuem partículas de diferentes tamanhos, variando desde pó até grânulos com diâmetro igual ou superior a 2,0 mm. Os calcários agrícolas são pouco solúveis, o que significa que eles não se dissolvem facilmente na água ou no solo. Por esse motivo, é necessário moê-los em partículas finas para aumentar a superfície de contato entre as partículas do calcário e o solo. Quanto maior a superfície de contato, mais rápida é a reação entre o calcário e o solo (CQFS-RS/SC, 2016).

Pesquisas de campo indicaram que partículas de calcário com tamanho menor que 0,053 mm (que passam pela peneira ABNT nº 270) reagem completamente em menos de um mês. Isso significa que essas partículas se dissolvem e interagem com o solo de forma eficiente em um curto período de tempo. Por outro lado, partículas de calcário com tamanho entre 2,00 e

0,84 mm (que ficam retidas na peneira ABNT nº 20, mas passam pela peneira ABNT nº 10) necessitam de um prazo maior que 60 meses para completa reação. Isso significa que essas partículas levam mais tempo para se dissolver e reagir com o solo, devido ao seu tamanho maior e menor superfície de contato em relação às partículas menores (Pandolfo & Tedesco, 1996).

O fator reatividade (RE) é uma medida utilizada para o cálculo da eficiência do corretivo, que está relacionada ao tamanho das partículas presentes nele. A legislação atual estabelece diferentes valores de reatividade para diferentes faixas granulométricas. Esses valores são: 1,0 para partículas com diâmetro menor que 0,30 mm; 0,6 para partículas com diâmetro entre 0,30 e 0,84 mm; 0,2 para partículas com diâmetro entre 0,84 e 2,00 mm e Zero para partículas com diâmetro maior que 2,00 mm. Esses valores indicam a eficiência relativa das frações granulométricas do corretivo. A separação das partículas em diferentes faixas granulométricas permite estimar a reatividade do corretivo, com base nos índices de eficiência de cada fração (Brasil, 2006).

A eficiência de um corretivo depende tanto da qualidade física quanto da qualidade química do produto. O teor e o tipo de compostos que neutralizam a acidez do solo são importantes porque determinam a quantidade de nutrientes que estarão disponíveis para as plantas. Além disso, a velocidade de reação de neutralização também é importante, pois afeta a velocidade com que os nutrientes ficarão disponíveis para as plantas (CQFS-RS/SC, 2016).

O poder de neutralização (PN) é uma medida da capacidade de um corretivo em neutralizar ácidos e é expresso como a porcentagem de equivalente carbonato de cálcio ( $\text{ECaCO}_3$ ). Quanto maior o PN de um corretivo, maior será sua capacidade de neutralização de ácidos. Dessa forma, se um corretivo tiver um PN baixo, significa que sua capacidade de neutralização é menor, o que implicará na necessidade de utilizar uma quantidade maior do corretivo para corrigir a mesma quantidade de ácidos no solo. Por outro lado, corretivos com alto PN exigirão uma quantidade menor para realizar a mesma neutralização (CQFS-RS/SC, 2016).

O valor de PN 100% é atribuído ao carbonato de cálcio puro e outros corretivos são comparados a ele. O carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ) tem um valor de equivalência de 119%, o óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) tem um valor de 179%, o óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ) tem um valor de 248%, o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) tem um valor de 135% e o hidróxido de magnésio ( $\text{Mg(OH)}_2$ ) tem um valor de 172% (MENEGETI, 2018).

É importante notar que os corretivos podem conter impurezas, como sílica, argila, alumina e água, que não contribuem para a neutralização da acidez do solo. Portanto, essas impurezas podem diminuir a qualidade do corretivo (BELLINGIERI, 1983).

A calagem é uma técnica agrícola que consiste na aplicação de calcário ( $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ ) ao solo para corrigir a acidez e aumentar o pH. A correção pode reduzir a toxidez do Al no solo, tornando-o um ambiente mais favorável para o crescimento das plantas e ajuda a aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo e a melhorar a estrutura do solo (PESSONI, 2012).

A necessidade de correção depende do pH do solo e das culturas que serão cultivadas. Para culturas de grãos, solos com pH abaixo de 6,0 geralmente requerem correção para aumentar o pH e corrigir a acidez do solo. A quantidade de corretivo a ser aplicada depende da acidez potencial do solo, sendo estimada via índice SMP. A saturação por bases e de alumínio auxiliam na tomada de decisão, de se fazer ou não a correção do solo e a forma de aplicação, superficial ou incorporado (CQFS-RS/SC, 2016).

No entanto, é importante notar que a aplicação excessiva de corretivos pode ter efeitos negativos no solo, como o aumento do pH para valores que podem ser prejudiciais para certas culturas, além de ser um custo adicional para o produtor. Portanto, é importante realizar uma análise do solo e uma avaliação adequada da necessidade de aplicação de corretivos antes de sua utilização (SALDANHA et al., 2016).

A correção da acidez do solo é uma medida importante para melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade das culturas, permitindo a incorporação desses solos ao processo produtivo de forma mais eficiente. É importante ressaltar que a correção da acidez do solo deve ser realizada de forma adequada, levando em consideração as características do solo, as características do corretivo e as necessidades nutricionais das plantas cultivadas, para garantir os melhores resultados (PRIMAVESI et al., 2004).

### **3.3.1 Calcários**

O calcário agrícola é um material mineral carbonático extraído de minas e é usado como corretivo de acidez do solo na agricultura. A maioria dos calcários agrícolas são submetidos apenas ao processo físico de moagem, que consiste em triturar o material bruto para reduzir o tamanho das partículas. A moagem é uma etapa importante na produção do calcário agrícola, pois aumenta a área superficial do material e melhora a eficiência da reação com o solo, permitindo uma maior disponibilidade de íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) para as plantas (PRIMAVESI et al., 2004).

Segundo a Instrução Normativa N° 35, de 4 de julho de 2006, para ser considerado um calcário agrícola o material precisa ter PN (% E  $\text{CaCO}_3$ ) mínimo de 67%, soma da %  $\text{CaO}$  + %  $\text{MgO}$  mínimo de 38% e PRNT mínimo de 45%.

O calcário agrícola ainda pode ser classificado em três tipos de acordo com seu teor de  $\text{MgO}$ : Calcário Calcítico: É o tipo de calcário com menor teor de  $\text{MgO}$ , contendo menos de 5% de  $\text{MgO}$ . Além disso, apresenta de 45% a 55% de  $\text{CaO}$  (óxido de cálcio). Calcário Magnesiano: Este tipo de calcário contém entre 5% a 12% de  $\text{MgO}$  e de 40% a 42% de  $\text{CaO}$ . O teor de  $\text{MgO}$  é maior do que no calcário calcítico, mas ainda menor do que no calcário dolomítico. Calcário Dolomítico: É o tipo de calcário com o maior teor de  $\text{MgO}$ , contendo mais de 12% de  $\text{MgO}$ . Além disso, apresenta de 25% a 35% de  $\text{CaO}$ . O calcário dolomítico é assim chamado devido à presença predominante do mineral dolomita, composto de carbonato de cálcio e magnésio ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) (PRIMAVESI et al., 2004).

O processo de correção da acidez do solo com o uso de calcário ocorre por meio da liberação de íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  na solução do solo. Quando o calcário é colocado em contato com a água do solo, íons hidroxila  $\text{OH}^-$  são liberados e reagem com os íons  $\text{H}^+$  da solução, diminuindo sua concentração e aumentando o pH do solo (ALCARDE, 2005).

Os íons  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$  formados durante a dissolução do calcário são bases fracas, com constantes de ionização  $K_{b1}$  e  $K_{b2}$ , respectivamente. Isso significa que a formação de  $\text{OH}^-$  é relativamente lenta. No entanto, a liberação de íons  $\text{OH}^-$  pelo calcário é suficiente para neutralizar os íons  $\text{H}^+$  da solução do solo e, assim, diminuir sua acidez (ALCARDE, 2005).

O calcário tem baixa solubilidade em água (aproximadamente 0,00055 g/L), o que significa que leva tempo para se dissolver completamente no solo. Para que ocorra a reação química entre o calcário e as partículas do solo, é necessário um contato efetivo entre eles. A solubilidade limitada do calcário faz com que a reação ocorra lentamente ao longo do tempo. Ao aplicar o calcário em superfície sem incorporá-lo ao solo, sua reatividade é reduzida ainda mais. Isso ocorre porque o contato entre o calcário e as partículas do solo é minimizado. A reação química necessária para neutralizar a acidez e corrigir o pH do solo é dificultada, uma vez que o calcário não é incorporado nas camadas mais profundas do solo, onde seria mais eficaz (PRIMAVESI et al., 2004).

Quando se faz a incorporação do calcário, tem-se uma condição mais favorável para a reação mais rápida das partículas da fração média e grossa, estas que em aplicação superficial demorariam vários anos para se dissolver completamente no solo e cumprirem o seu papel na correção da acidez. Deve-se fazer a incorporação do calcário, quando for diagnosticado através

de análise de solo que pH na camada 10 a 20 cm está abaixo de 5,5 e apresenta uma saturação de alumínio maior que 30% (CQFS-RS/SC, 2016).

O efeito do calcário aplicado na superfície do solo é satisfatório, porém os resultados após aplicação são lentos, podendo chegar de 3 a 6 meses para apresentar significância na correção da acidez do solo. A descida no perfil do solo, ou seja, a penetração de partículas ou dos componentes do calcário ao longo das camadas do solo, também ocorre de forma lenta devido à baixa solubilidade (ALLEONI et al., 2005; AMARAL et al., 2004; RODRIGUERO et al., 2015). Os íons liberados pelo calcário se movem através da água presente no solo, mas esse processo pode levar tempo para atingir camadas mais profundas, ou nem atingir se o solo em questão tiver um alto grau de compactação (CAIRES et al., 2003).

### 3.3.2 Óxidos

Os óxidos de cálcio, também conhecido como cal virgem, são altamente solúveis em água ( $\text{CaO} = 1,65 \text{ g/L}$  e  $\text{MgO} = 0,0086 \text{ g/L}$ , ambos a  $25^\circ\text{C}$ ) e podem ter uma mobilidade mais eficiente no solo em comparação com os carbonatos, fornecem uma maior velocidade na correção da acidez do solo e aumentam o pH do solo mais rapidamente do que os calcários tradicionais (DELFIN, 2020).

Comparados aos carbonatos de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), os óxidos de cálcio e magnésio são significativamente mais solúveis em água. A solubilidade desses óxidos é cerca de 100 vezes maior do que a dos carbonatos correspondentes. Essa maior solubilidade facilita a dissolução dos óxidos no solo, permitindo que os íons cálcio e magnésio sejam liberados mais prontamente (ALCARDE et al., 1996).

Os óxidos são produtos obtidos industrialmente por meio da calcinação ou queima completa do calcário. Durante o processo de calcinação, o calcário é aquecido em altas temperaturas (aproximadamente  $900$  a  $1200^\circ\text{C}$ ) em fornos específicos, resultando na decomposição térmica do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) presente no calcário. Isso leva à formação de óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ), que são os principais constituintes dos óxidos utilizados para correção de solo (SOARES, 2007).

Os óxidos apresentam-se na forma de um pó fino e branco, com elevado teor de cálcio e magnésio e elevado poder de neutralização (PN) quando comparado com um carbonato, logo a quantidade a ser aplicada será relativamente menor, este podendo ser um fator tanto negativo quanto positivo, pois facilita o operacional, mas pode resultar em desuniformidade de aplicação

em função da pequena quantidade a ser aplicada em grande extensão de área (PRIMAVESI et al., 2004).

São compostos químicos altamente reativos que, ao entrar em contato com a água, libera  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$  e calor. Esse processo é conhecido como hidratação e ocorre devido à reação exotérmica entre o óxido de cálcio e a água. A liberação de íons  $\text{OH}^-$  reagem com os íons  $\text{H}^+$  da solução do solo formando  $\text{H}_2\text{O}$  e assim reduzindo a acidez do solo (ALCARDE, 2005).

A liberação de  $\text{OH}^-$  durante a hidratação dos óxidos é rápida e total, o que lhes conferem o caráter de bases fortes. Ao ser dissolvido em água, a cal virgem forma uma solução básica com pH elevado, capaz de neutralizar ácidos e reagir com outras substâncias ácidas (PRIMAVESI et al., 2004).

Os óxidos têm uma maior eficiência quando comparados ao calcário em aplicações superficiais, devido a sua solubilidade e granulometria, no qual estão prontamente disponíveis para corrigir acidez logo após o contato com a água, favorecendo também a correção em camadas mais subsuperficiais (PRIMAVESI et al., 2004; ALCARDE, 2005).

### 3.4 CORREÇÃO DO pH NA CULTURA DO MILHO

O pH do solo é um fator importante para o desenvolvimento adequado da cultura do milho (*Zea mays*), pois influencia a disponibilidade de nutrientes e a absorção de água pelas raízes das plantas. O pH ideal para a cultura do milho segundo CQFS-RS/SC, (2016), é 6,0. Quando o pH estiver abaixo de 5,5 é necessário corrigi-lo para obter uma boa produtividade da cultura.

Considerando as espécies cultivadas de interesse econômico o milho apresenta classificação de tolerância mediana a solos ácidos e com presença de alumínio tóxico. Solos que tem CTC efetiva com mais de 20% de saturação de alumínio, podem apresentar sérias restrições de produtividade para a cultura do milho, podendo variar de acordo com as condições de déficit hídrico, híbrido de milho escolhido e teores de matéria orgânica e fósforo no solo (COELHO, 2006).

PRADO (2001), em um ensaio com 7 cultivares de milho na cidade de Uberaba, MG, em solo classificado como Latossolo Vermelho, muito argiloso, verificou que a produtividade média geral das 7 cultivares foi 25% menor quando o solo estava com pH em  $\text{H}_2\text{O}$  4,9 em relação ao que estava com pH em  $\text{H}_2\text{O}$  5,4.

Em um experimento realizado em Carazinho – RS por NORA et al., (2014), com um solo com pH em H<sub>2</sub>O, 5,6 na camada 0 a 10 e 5,0 na camada 10 a 20, obteve-se uma produtividade de 11935 kg ha<sup>-1</sup> (8,65% maior que a testemunha) quando aplicado 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso + 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e 12074 kg ha<sup>-1</sup> (9,92% maior que a testemunha) quando aplicado 5 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso + 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário.

Já em outro trabalho conduzido por FAGERIA, (2001), em um solo do cerrado brasileiro com pH em H<sub>2</sub>O 5,3 onde aplicou-se 6 doses de calcário com posterior incorporação com grade e implantou-se uma sucessão de culturas de arroz, feijão, milho e soja respectivamente. O milho respondeu significativamente a calagem alcançando o nível econômico (90% da produção máxima) como a dose de 8 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, com aumento de 23% da produção em relação a testemunha. Também foi elencando a tolerância das culturas a acidez no solo no qual obedeceu a seguinte ordem: arroz > feijão > milho > soja.

Os resultados destacam a importância de corrigir a acidez do solo para o desenvolvimento do milho, mesmo que existam materiais genéticos mais tolerantes. Altas produtividades têm sido alcançadas em solos com um perfil de fertilidade favorável nos primeiros 40 cm, sem problemas de saturação de alumínio acima de 20% e com uma boa saturação de bases na faixa de 50 a 60%. (COELHO, 2006).



## 4 METODOLOGIA

### 4.1 EXPERIMENTO A CAMPO

O experimento foi conduzido na propriedade do senhor Romar Luiz Wachtmann, em uma área de 0,7 hectares, localizada no distrito de Cândido Freire no município de Giruá no estado do Rio Grande do Sul. O local apresenta latitude 27°56'21.75"S e longitude 54°22'24,01"O, com altitude de 368 metros acima do nível do mar. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho da unidade de mapeamento Santo Ângelo (EMBRAPA, 2018). A área utilizada para o experimento estava sendo utilizada no sistema plantio direto há 29 anos (desde 1994).

No dia 25/04/2022 foi feito a coleta de solo na área do experimento, em 10 locais aleatórios, com o auxílio da pá-de-corte, sendo estratificada em duas camadas 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, formando assim duas amostras para serem analisadas separadamente como descrito em CQFS-RS/SC, (2016). As amostras foram encaminhadas ao laboratório de solos da CCGL (Cooperativa Central Gaúcha LTDA) em Cruz Alta RS.

Após a interpretação da análise de solo (tabela 1), verificou-se que a área necessitava de correção da acidez do solo, pois apresentava  $\text{pH} < 6,0$  ( $\text{pH} 6,0$  é o ideal para a cultura do milho) e saturação por bases menor que 65%, podendo assim a cultura ter uma boa resposta econômica a aplicação de corretivos (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 1 - Atributos químicos das camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm do solo da área do experimento.

Prof.	Argila %	pH H <sub>2</sub> O	Índice SMP	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	M.O. %	Al <sub>troc.</sub> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
0 - 10	60	5,4	5,9	24,7	373	3,9	0,1
10 - 20	76	5,4	5,9	4,7	223	2,4	0,2

Prof.	Ca <sub>troc.</sub> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg <sub>troc.</sub> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H + Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	% SAT da CTC BASES	Al Al	S mg dm <sup>-3</sup>
0 - 10	5,9	2	4,9	13,8	64,2	1,1	29,3
10 - 20	6,5	1,8	4,9	13,8	64,3	2,2	32,4

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso (DBC), com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas ou unidades experimentais (UE). Os tratamentos foram compostos, pela aplicação de duas doses de óxido (Fertimacro RF 170) e duas doses de calcário dolomítico, além de um tratamento sem corretivo.

O óxido utilizado possuía 46% de CaO e 33% de MgO (33% de Ca e 20% Mg). Já o calcário dolomítico possuía em torno de 25 a 35% de Ca (35 a 49% de CaO) e 25 a 35% de Mg (41,7 a 58,3% de MgO).

As doses de corretivos usadas foram  $\frac{1}{4}$  SMP, (dose recomendada pelo CQFS-RS/SC, 2016 para aplicação em superfície em plantio direto) e 1 SMP, ambos para pH em H<sub>2</sub>O 6,0. O calcário dolomítico utilizado possuía PRNT de 78% e o óxido PN 170 (para óxidos não há classificação de PRNT, apenas PN), ambos informados na compra dos corretivos pela revenda. Para a determinação das doses de óxido e calcário foi utilizado o índice SMP conforme CQFS-RS/SC, (2016).

Tabela 2 – Tratamentos e quantidade de corretivo aplicada por hectare.

Tratamento	Dose kg ha <sup>-1</sup>
Sem corretivo	0
$\frac{1}{4}$ SMP pH 6,0 Calcário dolomítico PRNT 78%	1185,90
1 SMP pH 6,0 Calcário dolomítico PRNT 78%	4743,59
$\frac{1}{4}$ SMP pH 6,0 Óxido PN 170%	544,12
1 SMP pH 6,0 Óxido PN 170%	2176,47

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Os corretivos foram aplicados manualmente, em superfície, no dia 30/07/2022. A semeadura da cultura do milho ocorreu 42 dias após a aplicação dos corretivos (10/09/2022), com o auxílio de uma semeadoura adubadora de precisão de 8 linhas, com espaçamento entre linhas de 45 cm. A semeadora foi regulada para distribuir 3,2 sementes por metro linear, totalizando 71.111,11 sementes por hectare. A população final observada foi de entorno de 65.000 plantas por hectare.

Na adubação da semeadura foram utilizados 300 kg do fertilizante NPK mistura 10.30.20, totalizando 30 kg de nitrogênio, 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg de K<sub>2</sub>O. Na adubação de cobertura foi utilizado 450 kg de ureia + NBPT com 40% de nitrogênio, parcelado em 2 aplicações nos estádios V5 e V8 respectivamente (11/10/2022 e 19/10/2022). As dosagens de fertilizantes foram calculadas de acordo com o manual de calagem e adubação com base na

análise de solo da área com expectativa de rendimento de 12.000 kg ha<sup>-1</sup> da cultura do milho (CQFS-RS/SC, 2016).

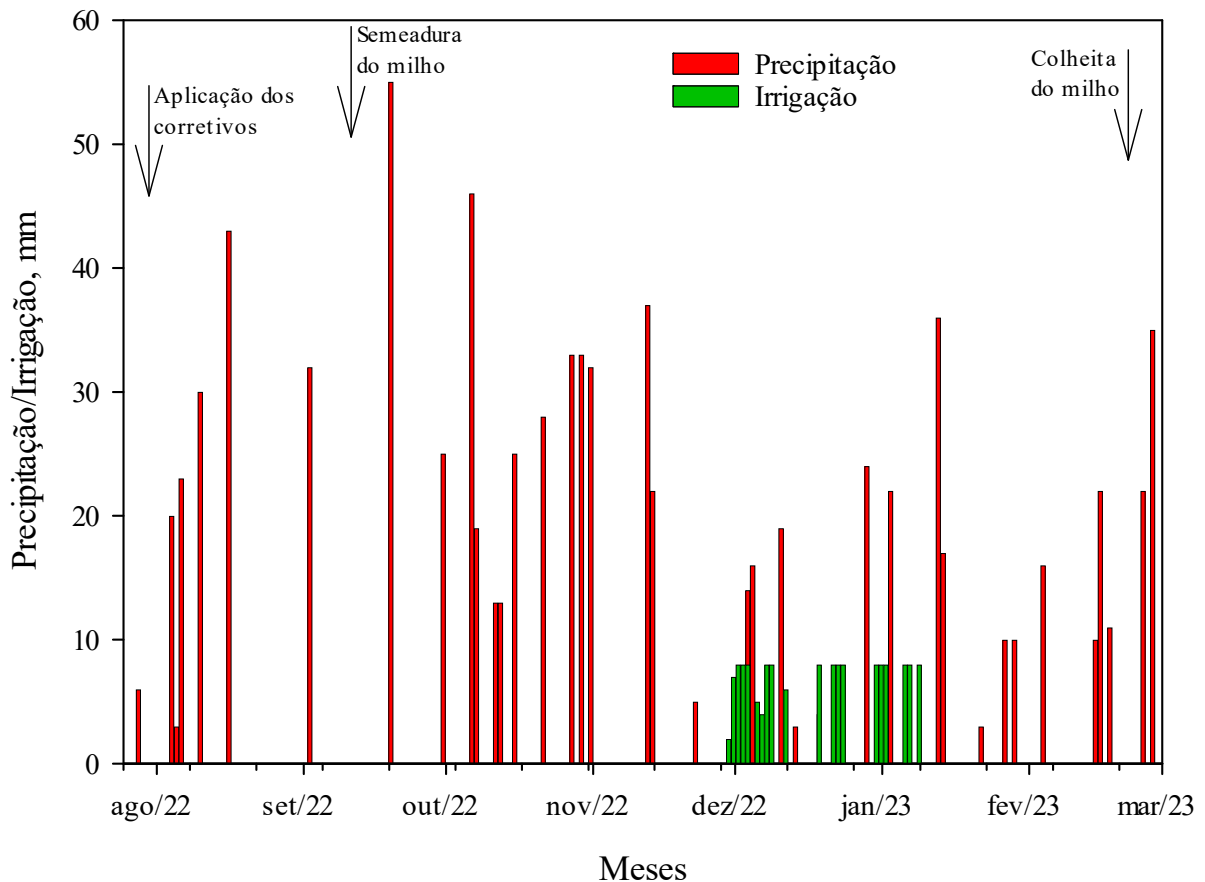
A cultivar de milho utilizada no experimento foi a KWS K9606 VIP3, com aptidão para silagem e produção de grãos e com recomendação para a região no qual foi conduzido o experimento. Possui ciclo precoce, altura de planta de 225 a 240 cm, 16 a 18 fileiras de grãos, arquitetura semiereta, grão alaranjado semi-duro com peso de mil grãos (PMG) em torno de 360 gramas (KWS, 2023).

O experimento foi implantado em uma área de 25 x 20 metros (500 m<sup>2</sup>), onde cada parcela possuía 5 metros de comprimento e 5 metros de largura. Anteriormente a implantação do experimento o solo estava em pousio, porém com grande quantidade de azevém (*Lolium multiflorum*) de ressemeadura natural.

Durante o ciclo da cultura, foi feito o controle de plantas daninhas e insetos com possibilidade de causar dano ao experimento. A falta de chuvas (déficit hídrico) também afetou a cultura, sendo necessário o uso de irrigação para assegurar o potencial produtivo do experimento. Como método de irrigação foi utilizado a aspersão, totalizando 4 aspersores instalados entre as parcelas.

Em todo o ciclo a cultura recebeu 623 mm via precipitação e 144 mm via irrigação, totalizando 767 mm. Desde a aplicação dos corretivos até a amostragem do solo realizada posteriormente a colheita do milho, o total acumulado de precipitação e irrigação foi de 975 mm (figura 1).

Figura 1 - Precipitação e irrigação (mm) durante o período de condução do experimento, Giruá – RS, 2022/23.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Ao final do ciclo do milho foi avaliado a produtividade e PMG. A colheita da cultura ocorreu no dia 21/02/2023, 164 dias após a sementeira e 206 dias após a aplicação dos corretivos, de forma manual, considerando como área de avaliação três linhas centrais com três metros de comprimento, totalizando 4,05 m<sup>2</sup> de área de avaliação da produtividade. Após a colheita e debulha manual, uma amostra de cada parcela foi levada a estufa a 105°C até peso constante das amostras para a determinação do teor de umidade dos grãos de milho. O PMG foi obtido a partir da metodologia descrita nas Regras para análise de sementes (BRASIL, 2009).

A coleta de solo para análise de pH após o final do ciclo da cultura foi realizada na parte central da parcela, com o auxílio da pá de corte das camadas 0 a 5 e 5 a 10 cm, no dia 28/02/2023, 213 dias após a aplicação dos corretivos. As avaliações do pH do solo foram realizadas conforme a metodologia descrita por Tedesco et al., (1995).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, quando ocorreu diferença significativa as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade com o auxílio do software SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

#### 4.1.1 Análise econômica

Quando é necessário fazer a correção da acidez do solo, na hora da tomada de decisão de qual corretivo utilizar, a viabilidade econômica desta aplicação deve ser considerada, pois o manejo para corrigir a acidez do solo, busca uma maior lucratividade nos cultivos a serem implantados.

O óxido por ser um produto de maior valor agregado, terá que apresentar um resultado de correção da acidez do solo maior por kg aplicado e também apresentar maior produtividade das culturas a serem implantadas para ser economicamente viável em comparação ao calcário dolomítico.

Para a análise econômica deste trabalho foram utilizadas duas situações, um cenário com os preços dos corretivos e da cultura do milho no dia da aquisição dos corretivos (29/07/2022) e outro cenário simulado no dia 14/11/2023, quando o preço da saca da cultura do milho teve menor valor de mercado. Os preços dos corretivos e do milho foram obtidos juntos a loja agropecuária COOPERMIL na cidade de Giruá – RS conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Preço do milho e dos corretivos utilizados no experimento em duas datas distintas para análise econômica.

Grãos e insumos	29/07/2022	14/11/2023
Milho (saca 60 kg)	R\$ 80,00	R\$ 55,00
Fertimacro RF 170 (big bag 1000 kg)	R\$ 1040,00	R\$ 1150,00
Calcário dolomítico (big bag 1000 kg)	R\$ 240,00	R\$ 225,00

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

#### 4.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE CORREÇÃO DO SOLO EM LABORATÓRIO

Para a determinação do tempo necessário para a alteração do pH do solo com o uso de diferentes tipos e quantidades dos corretivos, foi incubado solo em laboratório, para assim fazer avaliações frequentes do pH do solo e determinar o tempo com que o óxido e o calcário dolomítico elevam o pH do solo.

Para este experimento inicialmente se coletou solo na camada 0 a 10 cm, ao lado do local onde se implantou a cultura do milho no dia 09/09/2022. O pH em H<sub>2</sub>O deste solo segundo análise de solo coletada anterior a implantação do experimento era 5,4. O solo foi encaminhado

até o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e seco em temperatura ambiente.

Após seco, o solo foi desagregado até o mesmo passar na peneira 2 mm, conforme indica Tedesco et al. (1995), para análises de pH em H<sub>2</sub>O. Juntamente com o pH em H<sub>2</sub>O, também foi determinado o índice SMP via solução TSM (TOLEDO et al., 2012), para quantificar a acidez potencial do solo e assim obter a dose de calcário a ser utilizada.

A densidade do solo no local de coleta foi avaliada, por meio de anéis de aço inox para assim com este valor fazer o cálculo da quantidade de corretivo a ser incubado, simulando em laboratório a situação no qual se encontrava a área do experimento. Para a determinação da capacidade de campo (CC), utilizou-se o solo desagregado com o método da mesa de tensão. Ambas as metodologias estão descritas em Teixeira et al., (2017). O solo do experimento apresentou densidade de 1,36 g cm<sup>-3</sup> e capacidade de campo de 0,34 cm<sup>3</sup>cm<sup>-3</sup>%.

Utilizou-se 9 tratamentos com 3 repetições, totalizando 27 unidades experimentais organizadas em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os 9 tratamentos juntamente com as doses utilizadas estão descritos na tabela 4.

Tabela 4 – Tratamentos e quantidade de corretivos utilizada na incubação.

Tratamento	Dose kg ha <sup>-1</sup>
Sem corretivo	0
¼ SMP pH 6,0 Calcário dolomítico PRNT 78%	1538
1 SMP pH 6,0 Calcário dolomítico PRNT 78%	6154
¼ SMP pH 6,0 Fertimacro RF 170 PN 170	706
1 SMP pH 6,0 Fertimacro RF 170 PN 170	2824
¼ SMP pH 6,5 Calcário dolomítico PRNT 78%	2244
1 SMP pH 6,5 Calcário dolomítico PRNT 78%	8974
¼ SMP pH 6,5 Fertimacro RF 170 PN 170	1029
1 SMP pH 6,5 Fertimacro RF 170 PN 170	4118

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Inicialmente pesou-se 300 gramas de solo desagregado e peneirado em sacos plásticos de 3 kg. Posteriormente adicionou-se os corretivos, com a dose indicada para cada tratamento, homogeneizando o solo com o corretivo. Após adicionou-se água para atingir 70% da capacidade de campo do solo.

As amostras permaneceram nos sacos parcialmente fechados para não ocorrer perda excessiva de umidade, mas com possibilidade de trocas gasosas com o ambiente. O controle de umidade foi feito semanalmente através da pesagem dos sacos, adicionando a quantidade de água necessária para manter o solo com 70% da capacidade de campo.

Para as medidas de pH em H<sub>2</sub>O, retirava-se em torno de 15 gramas de solo de cada saco, onde ele era acondicionado em placas de Petri, e levado até a estufa de ar forçado com a temperatura de 60°C por 6 horas, para a secagem do solo e posteriormente medir o pH em H<sub>2</sub>O.

As medidas de pH em H<sub>2</sub>O foram feitas com 5, 12, 19, 26, 33, 47, 68 e 89 dias após a incubação do solo. Para determinação do período entre uma medida e outra foi considerado a taxa de alteração e a estabilização do pH ao longo do tempo.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, quando ocorreu diferença significativa as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade com o auxílio do software SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORRETIVOS

Ao final do experimento a campo e da incubação foi realizada a análise de qualidade dos corretivos que foram utilizados (PN e PRNT). Também se observou que em alguns locais da aplicação do excedente do óxido (o que não foi utilizado no experimento), onde ele estava em uma quantidade maior, houve uma agregação deste corretivo (Figura 2).

Figura 2 - Óxido agregado em campo, Giruá - RS, 2023.



Fonte: autor (2023).

Para a análise dos corretivos foi utilizada a metodologia prevista por DA SILVA et al., (2009). As amostras utilizadas para a determinação do PRNT, PN e umidade foram: calcário dolomítico (utilizado no experimento), Fertimacro RF 170 (adquirido em 29/07/2022), Fertimacro RF 170 (adquirido em 05/06/2023), Fertimacro RF 170 (coletado a campo).

A amostra que foi coletada a campo e estava com formação de agregados, passou por um processo de limpeza manual para retirada de impurezas e posterior moagem com passagem em peneira de abertura de 1 mm, para as amostras ficarem com uma granulometria similar.

Ambas as amostras do óxido Fertimacro RF 170, passaram por calcinação, processo térmica em mufla a 900°C por 45 minutos como descrito por SOARES et al., (2007), para determinar perda do poder de neutralização (PN) ocorrido por carbonatação, seja este por elevado tempo de armazenagem ou por agregação a campo. As amostras tiveram sua massa registrada anterior e posteriormente ao processo térmico para poder determinar tudo aquilo que foi perdido durante a exposição ao calor de 900 °C.



Assim totalizou-se 7 amostras para determinação do PN: (I) calcário dolomítico, (II) óxido com maior tempo de armazenagem, (III) óxido agregado coletado no campo, (IV) óxido com menor tempo de armazenagem, (V) óxido com maior tempo de armazenagem calcinado, (VI) óxido agregado coletado no campo calcinado e (VII) óxido com menor tempo de armazenagem calcinado. A amostra de óxido com maior tempo de armazenagem teve seu PN analisado 328 dias após sua aquisição junto a revenda, já a amostra de óxido com menor tempo de armazenagem teve seu PN analisado aproximadamente 100 dias após a sua fabricação.

A fração granulométrica do calcário dolomítico foi avaliada para a posterior determinação do PRNT de acordo com a metodologia prevista por Da Silva et al., (2009). A fração granulométrica do óxido também foi analisada, porém está não é considerada pois segundo a empresa o produto é 100% solúvel.

## 5 RESULTADOS E DISCUÇÃO

### 5.1 EXPERIMENTO A CAMPO

A produtividade de milho e o peso de mil grãos (PMG) não apresentaram diferença significativa em função dos corretivos de acidez do solo e suas doses (Tabela 5).

Tabela 5 – Produtividade de grãos e PMG da cultura do milho em função de diferentes corretivos e doses, Giruá – RS, 2023.

Tratamento	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	PMG (g)
Sem corretivo	8376	310,3
¼ SMP Calcário	9695	339,5
1 SMP Calcário	9157	323,3
¼ SMP Óxido	10216	328,5
1 SMP Óxido	9136	323,2
C.V. %	7,39	3,24

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Apesar de não ser observado uma diferença estatística, os tratamentos que receberam a aplicação de corretivos tiveram um aumento de produtividade média de 1175 kg ha<sup>-1</sup>. Estes resultados podem ter ocorrido em função do pH do solo do experimento ser muito próximo ao fator de tomada de decisão para o uso de corretivos, apresentando pequena resposta ao uso de corretivos. Também pode ter contribuído na variabilidade do experimento uma possível desuniformidade na irrigação.

O pH do solo na camada 0 a 10 anterior ao experimento era 5,4, o teor de alumínio na forma trocável era de 0,1 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> e a saturação de bases era de 64,2%. Segundo CQFS (2016), o fator de tomada de decisão para a aplicação de corretivos para a cultura do milho é de pH menos que 5,5, presença de alumínio na forma trocável e saturação de bases menor que 65%. Observa-se que os valores de tomada de decisão para a aplicação de corretivos estão muito próximos da situação encontrada anteriormente ao experimento, podendo assim não se esperar um resultado tão significativo em relação a aplicação dos corretivos.

Durante o ciclo da cultura, a mesma recebeu 623 mm via precipitação, sendo complementado com 144 mm de irrigação, totalizando 767 mm, podendo ser considerado uma

boa quantidade de chuva para esta cultura. Porém conforme demonstra a figura 1, esta precipitação concentrou-se na fase inicial e final da cultura, no qual no momento de definição dos componentes de rendimento da cultura, houve déficit hídrico, justificando assim o complemento com a irrigação.

Os tratamentos que receberam a maior dose de corretivo (1 SMP Calcário e 1 SMP Óxido) apresentaram produtividade e PMG menor que os que receberam a menor dose ( $\frac{1}{4}$  SMP Calcário e  $\frac{1}{4}$  SMP Óxido), porém ainda produziram mais que o tratamento que não recebeu corretivo, sugerindo que a calagem excessiva, mesmo não sendo recomendada, é menos prejudicial à planta que não fazê-la, como observado por SILVA et al., 2005.

Segundo CQFS (2016), a dose de corretivo correspondente a 1 SMP quando aplicada deve ser posteriormente incorporada no solo na camada de 0 a 20 cm, pois está dose é calibrada para a correção total desta camada. Quando não se faz a incorporação e o corretivo fica totalmente na superfície devido a sua baixa mobilidade no solo, ocorre uma elevada correção nos primeiros centímetros de solo (VIERO, 2015).

Com relação ao pH do solo avaliado ao final do experimento, o tratamento 1 SMP Óxido obteve o maior pH do solo na camada 0 a 5 cm diferindo significativamente dos demais tratamentos. O tratamento sem corretivo apresentou o menor pH não diferindo significativamente dos tratamentos com as duas doses de calcário ( $\frac{1}{4}$  e 1 SMP) e do tratamento  $\frac{1}{4}$  SMP Óxido conforme a tabela 6.

Tabela 6 – Acidez ativa do solo (pH em H<sub>2</sub>O) após 7 meses da aplicação de diferentes corretivos e doses, Giruá – RS, 2023.

Tratamentos	pH em H <sub>2</sub> O	
	0 a 5 cm	5 a 10 cm
Sem corretivo	5,12 b*	4,64 <sup>ns</sup>
$\frac{1}{4}$ SMP Calcário	5,36 b	4,69
1 SMP Calcário	5,58 b	4,64
$\frac{1}{4}$ SMP Óxido	5,14 b	4,66
1 SMP Óxido	6,22 a	4,67

\*Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. <sup>ns</sup> não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Mesmo após 7 meses da aplicação dos corretivos, em nenhum dos tratamentos se observou diferença significativa de alteração do pH do solo na camada 5 a 10 cm, demonstrando o quão baixa é a mobilidade dos corretivos no solo. Mesmo com óxido sendo exposto na literatura (PRIMAVESI et al., 2004; ALCARDE, 2005) como um corretivo que tem maior capacidade de correção em profundidade, está não se observou no experimento.

Para ocorrer um movimento de partículas do corretivo no perfil de solo, e formar uma frente de correção, é necessário ter um solo com uma boa porosidade, e poros contínuos (AMARAL, et al., 2004). Como a densidade do solo na camada 0 a 10 cm, estava próximo a ser considerada compactada ( $1,36 \text{ g cm}^{-3}$ ), não se tem uma condição favorável para a movimentação das partículas do corretivo no perfil do solo. Além disso, o transporte das partículas de corretivo através da água é um importante mecanismo para a correção da acidez do solo em profundidade. Como foi um ano com déficit hídrico, este pode ter tido grande efeito para não haver correção do solo na camada 5 a 10 cm.

Miyazawa et al (2002) observou que com pH do solo superior a 5,6 pode ocorrer a formação de uma chamada “frente de alcalinização do solo” no qual se tem condições mais favoráveis para a correção do pH em camadas subsuperficiais. A aplicação de doses de corretivo elevadas em superfície pode ser uma estratégia para corrigir o pH em profundidade.

Já Minato et al (2023) observou que os maiores valores de pH do solo também se encontravam na camada 0 a 5 cm do solo e que o aumento do pH nas camadas do solo abaixo de 5 cm só foi notado quando o pH inicial da camada superior estava próximo ou acima de 5,5.

O aumento do pH do solo não influenciou na produtividade da cultura do milho, visando que o tratamento que obteve a maior produtividade ( $\frac{1}{4}$  SMP Óxido:  $10216,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ), não diferiu estatisticamente no pH do tratamento sem corretivo, não sendo um fator limitante neste experimento.

A alcalinidade nos primeiros centímetros do solo pode representar uma abordagem vantajosa para sistemas de cultivo predominantemente compostos por gramíneas, acompanhadas por doses elevadas de nitrogênio. Isso se deve ao fato de que o nitrogênio, possui um potencial acidificante significativo (VIERO, 2015).

### 5.1.1 Análise econômica

Analisando duas cotações distintas de preço da saca de 60 kg da cultura do milho, pode-se fazer separadamente duas situações de análise econômica, uma com o preço do milho mais alto (tabela 7, Milho R\$ 80,00) e outra com o preço inferior (tabela 8, Milho R\$ 55,00).

Tabela 7 - Análise econômica da aplicação de corretivos da acidez do solo na cultura do milho com as cotações de mercado do dia 29/07/2022.

Tratamento	Produtividade média sc ha <sup>-1</sup>	Acréscimo em relação à testemunha sc ha <sup>-1</sup>	Retorno bruto R\$ ha <sup>-1</sup>	Custo com corretivos R\$ ha <sup>-1</sup>	Retorno financeiro R\$ ha <sup>-1</sup>
Testemunha	139,59	0	R\$ 0,00 <sup>a</sup>	R\$ 0,00 <sup>b</sup>	R\$ 0,00
1/4 SMP Calcário	161,59	21,99	R\$ 1.759,46	R\$ 284,62	R\$ 1.474,85
1 SMP Calcário	152,62	13,03	R\$ 1.042,06	R\$ 1.138,46	-R\$ 96,40
1/4 SMP Óxido	170,27	30,68	R\$ 2.454,52	R\$ 565,88	R\$ 1.888,63
1 SMP Óxido	152,27	12,68	R\$ 1.014,15	R\$ 2.263,53	-R\$ 1.249,38

<sup>a</sup> Milho R\$ 80,00 sc 60 kg

<sup>b</sup> Fertimacro RF 170 (big bag 1000 kg) R\$ 1040,00; Calcário dolomítico (big bag 1000 kg) R\$ 240,00.

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na comparação das doses de ¼ SMP para óxido e para calcário obteve-se um retorno financeiro de R\$ 1.888,63 e R\$ 1.474,85 respectivamente, ou seja, a aplicação de óxido proporcionou um retorno financeiro superior de R\$ 413,79 por hectare, sendo este um resultado de grande valor, pois o valor superior investido no óxido trouxe um retorno financeiro maior que investido no calcário já na primeira cultura implantada.

Já quando comparamos o retorno econômico a curto prazo da dose de 1 SMP tanto para óxido quanto para calcário não se tem retorno econômico positivo, porém levando em consideração apenas a primeira cultura. As aplicações de corretivos têm efeito nas culturas sucessoras (Pauletti et al., 2014 e Pandolfo et al., 2007), não sendo um problema tão grande a não obtenção de retorno econômico logo no primeiro cultivo em função da maior dose aplicada.

A grande dificuldade na aplicação do óxido na dose equivalente a ¼ SMP (544 kg ha<sup>-1</sup>) para o solo do experimento em questão seria a aplicação mecânica desta dose por hectare, visando que o óxido por ser um pó fino e de baixa densidade sofre muita ação do vento se aplicado a lança e quando aplicado por equipamentos do tipo “cocho” sobre o solo, dificilmente consegue se fazer regulagem para esta dosagem.

Tabela 8 - Análise econômica da aplicação de corretivos da acidez do solo na cultura do milho com as cotações de mercado do dia 14/11/2023.

Tratamento	Produtividade média sc ha <sup>-1</sup>	Acréscimo em relação à testemunha sc ha <sup>-1</sup>	Retorno bruto R\$ ha <sup>-1</sup>	Custo com corretivos R\$ ha <sup>-1</sup>	Retorno financeiro R\$ ha <sup>-1</sup>
Testemunha	139,59	0	R\$ 0,00 <sup>a</sup>	R\$ 0,00 <sup>b</sup>	R\$ 0,00
1/4 SMP Calcário	161,59	21,99	R\$ 1.209,63	R\$ 266,83	R\$ 942,80
1 SMP Calcário	152,62	13,03	R\$ 716,41	R\$ 1.067,31	-R\$ 350,89
1/4 SMP Óxido	170,27	30,68	R\$ 1.687,48	R\$ 625,74	R\$ 1.061,74
1 SMP Óxido	152,27	12,68	R\$ 697,23	R\$ 2.502,94	-R\$ 1.805,72

<sup>a</sup> Milho R\$ 55,00 sc 60 kg

<sup>b</sup> Fertimacro RF 170 (big bag 1000 kg) R\$ 1150,00; Calcário dolomítico (big bag 1000 kg) R\$ 225,00.

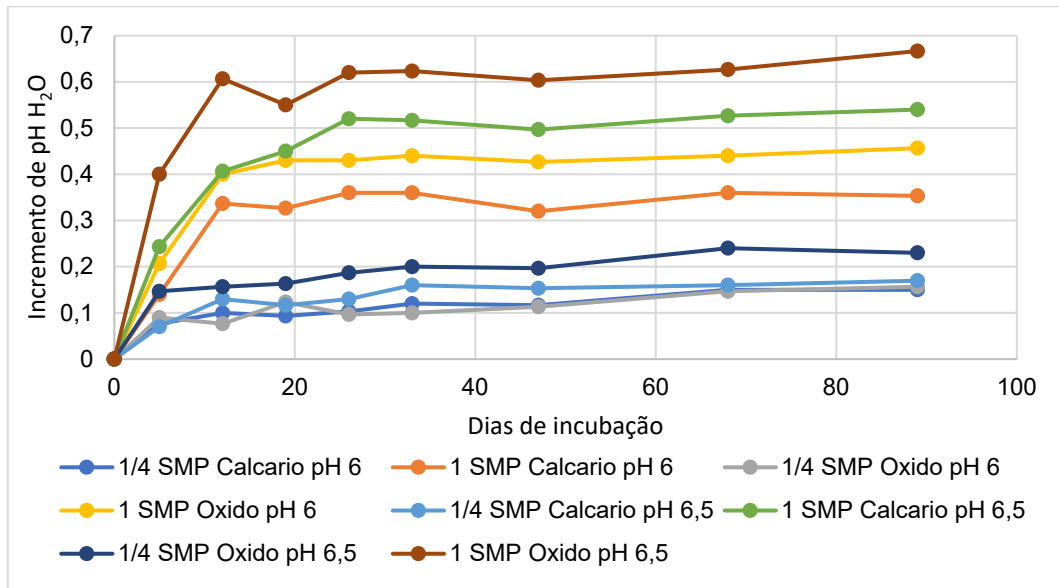
Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Mesmo na condição com o preço na saca de milho menor (R\$ 55,00 sc 60 kg) e o valor do óxido com aumento de R\$ 110,00 a tonelada a aplicação da dose de ¼ SMP óxido ainda trouxe um retorno financeiro considerável maior em função da dose ¼ SMP para calcário (R\$ 118,94) por hectare.

## 5.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE CORREÇÃO DO SOLO EM LABORATÓRIO

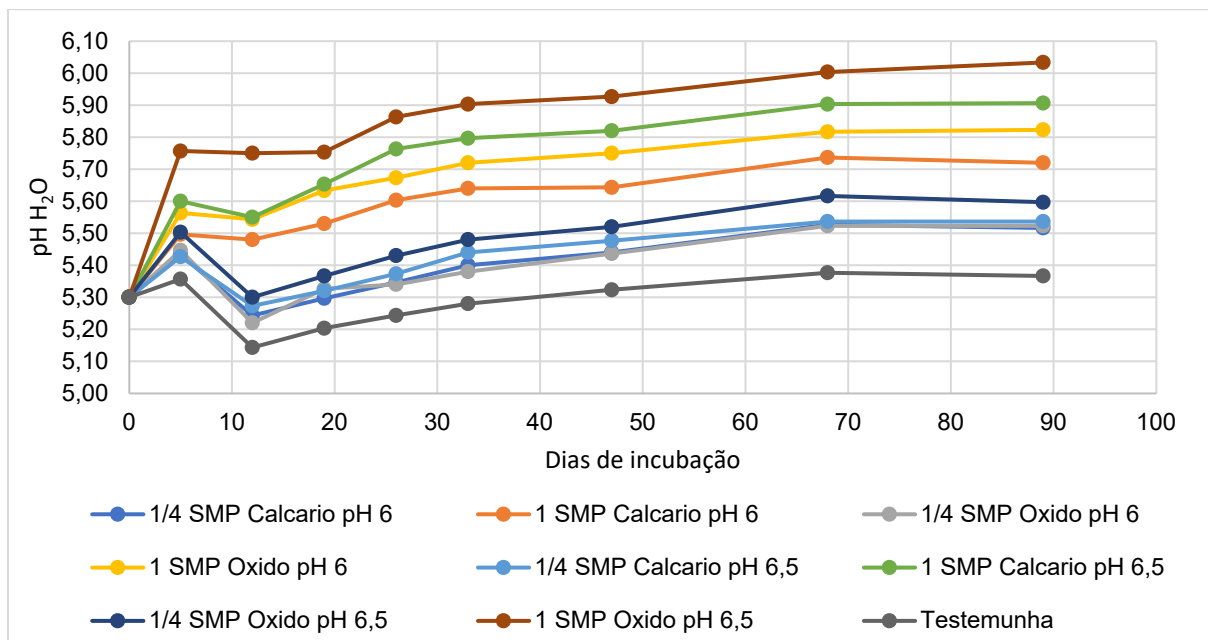
Para a determinação do aumento do pH ao longo do tempo dos corretivos foi utilizado o método de incubação e aferição semanal do pH do solo incubado. O tratamento 1 SMP Óxido pH 6,5 obteve uma maior velocidade de correção diferindo significativamente do tratamento 1 SMP Calcário pH 6,5 até os 19 dias de incubação (Figura 3 e 4; Tabela 9).

Figura 3 - Incremento do pH do solo ao longo do tempo com o uso de diferentes doses e corretivos em relação ao solo sem correção.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Figura 4 - Evolução da acidez ativa do solo (pH H<sub>2</sub>O) ao longo de 89 dias de incubação com diferentes corretivos e doses.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Vale ressaltar que na medição após 10 dias de incubação houve uma queda brusca no aumento do pH (figura 3 e 4). Esta queda pode estar relacionada a uma troca de eletrodo do pHmetro utilizado durante o experimento e um curto período de mineralização de alguns nutrientes que pode ter um potencial acidificante.

Tabela 9 - pH H<sub>2</sub>O após 89 dias de incubação com diferentes corretivos e doses.

Tratamentos	Dias de Incubação							
	5	12	19	26	33	47	68	89
1 SMP pH 6,5 Óxido	5,76 a*	5,75 a	5,75 a	5,86 a	5,90 a	5,93 a	6,00 a	6,03 a
1 SMP pH 6,5 Calcário	5,60 b	5,55 b	5,65 b	5,76 a	5,79 a	5,82 a	5,90 a	5,91 a
1 SMP pH 6,0 Óxido	5,56 b	5,54 b	5,63 b	5,67 b	5,72 b	5,75 b	5,82 b	5,82 b
1 SMP pH 6,0 Calcário	5,50 c	5,48 b	5,53 c	5,60 b	5,64 b	5,64 b	5,74 b	5,72 b
1/4 SMP pH 6,5 Óxido	5,50 c	5,30 c	5,37 d	5,43 c	5,48 c	5,52 c	5,62 c	5,60 c
1/4 SMP pH 6,5 Calcário	5,43 d	5,27 c	5,32 d	5,37 c	5,44 c	5,48 c	5,54 c	5,54 c
1/4 SMP pH 6,0 Óxido	5,45 d	5,22 c	5,33 d	5,34 c	5,38 c	5,44 c	5,52 c	5,52 c
1/4 SMP pH 6,0 Calcário	5,43 d	5,24 c	5,30 d	5,35 c	5,40 c	5,44 c	5,53 c	5,52 c
Testemunha	5,36 e	5,14 d	5,20 e	5,24 c	5,28 d	5,32 d	5,38 d	5,37 d

\*Tratamentos com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Vale salientar que os dados encontrados neste experimento simulam a aplicação de corretivos incorporados, no qual se tem os valores de reatividade do calcário calibrados para esta situação. Em uma situação de sistema plantio direto onde se aplica corretivos majoritariamente na superfície do solo o resultado poderia ser completamente diferente visando que a reatividade das diferentes frações granulométricas do calcário não está calibrada para esta situação, deixando o calcário em uma possível desvantagem no que se refere ao aumento do pH ao longo do tempo, pois se tem um menor contato da fração do solo com o corretivo.

Após os 19 dias de incubação o tratamento 1 SMP Óxido pH 6,5 permaneceu com aumento de pH do solo superior, até o final do experimento (89 dias), porém não apresentou mais diferença estatística em relação ao tratamento 1 SMP Calcário pH 6,5 como se tinha observado na parte inicial do experimento.

Após 89 dias de incubação os tratamentos de 1 SMP pH 6,5 para óxido e calcário não diferiram significativamente entre si (Tabela 9). Os tratamentos 1 SMP pH 6,0 para óxido e calcário não diferiram significativamente entre si, porém apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos de 1 SMP pH 6,5 para óxido e calcário. Todos os tratamentos ¼



SMP tanto para pH 6,0 e 6,5 para óxido e para calcário não diferiram significativamente entre si, porém diferiram significativamente do tratamento sem corretivo.

Vale ressaltar que os tratamentos onde foram aplicadas as doses de  $\frac{1}{4}$  SMP para ambos os corretivos e ambos os pHs desejados não diferiram significativamente entre si, mostrando assim o poder tampão do solo resistindo para o aumento do pH. A dose  $\frac{1}{4}$  SMP durante o processo de incubação foi uma dose menor do que o solo requeria, visando que na incubação foi simulado uma situação de corretivo incorporado levando em conta a camada 0 a 20 cm do solo.

Alguns produtos comerciais a base do óxido de cálcio e magnésio quando lançados eram recomendados se trabalhar com uma dose fixa por hectare sem considerar a análise de solo. Esta dose geralmente era inferior a necessidade para a correção do solo em função do alto custo dos óxidos, está não sendo uma boa estratégia em função do poder tampão do solo com baixas doses de corretivos.

### 5.3 DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS CORRETIVOS

Este tópico do trabalho se fez necessário após não se alcançar os resultados almejados na correção da acidez do solo tanto no trabalho a campo como na incubação, onde buscou-se conhecer a qualidade dos corretivos utilizados, buscando o motivo de não alcançar o pH do solo correspondente a quantidade de corretivo aplicada nos experimentos.

O calcário dolomítico foi comprado e utilizado nas recomendações como PRNT 78%, mas não foi possível chegar nem a pH 6,0 ou 6,5 como era o almejado. Após a análise o calcário dolomítico apresentou PN 90,6 (tabela 10) e reatividade (RE) de 85,27, logo apresentou PRNT 77,27%, sendo uma diferença extremamente pequena para os resultados que não foram alcançados.

Tabela 10 - Poder de neutralização dos diferentes corretivos.

Corretivo	PN
Calcário dolomítico	90,6
Óxido 328 dias após compra	143,7
Óxido coletado a campo	88,5
Óxido 100 dias após fabricação	155,3
Óxido 328 dias após compra calcinado	162,9
Óxido coletado a campo calcinado	125,8
Óxido 100 dias após fabricação calcinado	162,1

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O óxido utilizando tanto no experimento a campo quanto na incubação teve seu PN analisado 328 dias após a compra, observando-se redução no seu PN. Este óxido foi vendido e feitos os cálculos de recomendação considerando PN 170, que foi o informado na hora da venda e na embalagem. O PN observado na hora da análise foi de 143,7, constatando uma redução de PN de 26,3 ou 15,5%.

A perda de PN ocorrida durante o passar do tempo possivelmente aconteceu por carbonatação, processo no qual o óxido reabsorve  $\text{CO}_2$ , passando de óxido a carbonato, diminuindo seu PN. Esta carbonatação pode ser indicada devido ao resultado obtido pela amostra deste óxido que passou por calcinação, no qual se obteve PN de 162,9, ficando muito próximo do PN 170, o qual deveria ser o PN do corretivo logo após sua fabricação.

Este óxido passou todo o tempo (328 dias) em embalagem fechada, sem contato com a atmosfera e mesmo assim houve reabsorção de  $\text{CO}_2$  ocorrendo o processo de carbonatação. Para se ter uma maior certeza que o óxido perde PN mesmo dentro de sua embalagem mais trabalhos se fazem necessários, porém já se tem um bom indicativo que este processo ocorre.

O óxido coletado a campo obteve PN 88,5, indicado que o óxido que é vendido por sua alta solubilidade, pode ocorrer problemas de agregação se as condições hídricas não forem adequadas logo após a sua aplicação, sendo um fator a ser considerado na hora da tomada de decisão sobre o uso deste corretivo.

Esta agregação do óxido pode ter ocorrido devido a uma super dosagem do corretivo em um pequeno local de aplicação, acompanhado de um período sem chuvas ou com poucas chuvas logo após a aplicação, não tendo água o suficiente para este corretivo solubilizar assim formando agregados.

A perda de qualidade dos corretivos quando armazenados a campo foi observada por Kotowski (2019), com redução de 9% do PRNT de calcários dolomíticos em relação à nota fiscal, quando armazenado em montes a céu aberto na região das missões do Rio Grande do Sul.

O óxido coletado a campo passou pelo processo de calcinação, no qual obteve PN posterior a este processo de 125,8, indicando que a perda de PN pelo processo de carbonatação foi em torno de 37,5 ou 29,7%. O restante da perda do PN possivelmente foi por o corretivo cumprir o seu papel em corrigir a acidez do solo, no qual apenas 26,3% do corretivo realmente corrigiu a acidez do solo. Vale ressaltar que estes resultados foram obtidos em um local onde ocorreu superdosagem de corretivo, no restante da área não se observou esta agregação do óxido.

O óxido que teve seu PN analisado 100 dias após sua fabricação também teve perda pelo processo de carbonatação no qual o PN observado foi de 155,3, totalizando 8,64% de perda de PN em 100 dias após a fabricação, sendo mais um resultado que indica que o óxido perde PN mesmo dentro de sua embalagem original.

A granulometria dos corretivos indicou que tanto o óxido como o calcário utilizado possuíam uma granulometria muito semelhante (tabela 11), podendo assim observar que os resultados obtidos não foram em função da granulometria do corretivo e sim da sua qualidade química.

Tabela 11 - Granulometria dos diferentes corretivos utilizados no experimento.

Granulometria	Óxido (%)	Calcário dolomítico (%)
Maior que 2 mm	0,00	0,00
0,85 a 2 mm	0,94	3,31
0,3 a 0,85 mm	39,41	30,20
Menor que 0,3 mm	59,65	66,49

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

## CONCLUSÕES

O óxido na dose de 2176 kg ha<sup>-1</sup> foi mais eficiente na correção do pH do solo, porém não interferiu na produtividade da cultura do milho.

Nenhum dos corretivos corrigiu o pH do solo na camada 5 – 10 cm.

O óxido na dose de 544 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou uma maior lucratividade por hectare que o calcário dolomítico na dose de 1186 kg ha<sup>-1</sup>.

O óxido na dose de 4118 kg ha<sup>-1</sup> obteve uma maior capacidade de correção até os 19 dias de incubação. Ao final de 89 dias de incubação o óxido não diferiu significativamente do calcário na dose de 8974 kg ha<sup>-1</sup>.

A correção do pH do solo só foi efetiva quando se utilizou uma dose superior ao recomendado pelo CQFS (2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Possivelmente pode ocorrer perda de PN durante a armazenagem do óxido, porém necessita-se de mais trabalhos para poder concluir com certeza está hipótese.

Necessita-se de mais trabalhos como este para assim analisar os teores de cálcio e magnésio que foram fornecidos por estes corretivos no solo.

Precisa-se de equipamentos adaptados para aplicar doses menores de óxido, mantendo uma boa uniformidade de aplicação.

As recomendações de corretivos do CQFS (2016) podem estar desatualizadas, visando que no experimento de incubação os resultados almejados não foram alcançados nem pelo óxido e nem pelo calcário. Já no experimento a campo o aumento do pH conforme o almejado só foi alcançado quando foi aplicado a dose equivalente a 1 SMP e não  $\frac{1}{4}$  SMP como recomendado. Porém necessita-se de mais trabalhos para concluir está hipótese.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas por JC Alcarde. **São Paulo, ANDA**, 2005.
- ALCARDE, José Carlos; RODELLA, Arnaldo Antonio. O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos da acidez dos solos. **Scientia Agricola**, v. 53, p. 204-210, 1996.
- ALLEONI, Luis Reynaldo Ferracciu; CAMBRI, Michel Alexandro; CAIRES, Eduardo Favero. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 923-934, 2005.
- ALTHAUS, R. A., CANTERI, M. G., GIGLIOTI, E.A. Tecnologia da informação aplicada ao agronegócio e ciências ambientais: sistema para análise e separação de médias pelos métodos de Duncan, Tukey e Scott-Knott. Anais do X Encontro Anual de Iniciação Científica, Parte 1, Ponta Grossa, p. 280 - 281, 2001.
- AMARAL, A. S. et al. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 359-367, 2004.
- AQUINO, Ana Carolina Benites. **Fontes de fertilizantes nitrogenados e fosfatados na dinâmica de fósforo e nitrogênio em solos cultivados com milho**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BATISTA, Marcelo Augusto et al. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. **BRANDÃO-FILHO, JUT; FREITAS, PSL; BERIAN, LOS; GOTO, R. Hortaliças-fruto. Maringá: EDUEM**, p. 113-161, 2018.
- BELAN, H. C., CANTERI, M. G. AGROSTAT - Sistema de Análise e separação de médias em experimentos agrícolas. XIII Encontro Anual de Iniciação Científica, Londrina, 2004.
- BELLINGIERI, Paulo Affonso. **Avaliação em laboratório da eficiência de diferentes frações granulométricas de calcários agrícolas**. 1983. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BRASIL. Instrução Normativa Nº 35, de 4 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 à agricultura. D.O.U., 12/07/2006 - Seção 1. 2006
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- Caires, E.F.; Blum, J.; Barth, G.; Garbuio, F.J. & Kusman, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 27:275–286, 2003.

CALDEIRA, Daniela Soares Alves. **Cinética da degradação de compostos orgânicos no solo**. 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, V.1, N.2, p.18-24. 2001.

COELHO, A. M.; VASCONCELLOS, C. A. Correção da acidez do solo e equilíbrio cálcio/magnésio em cultivos sucessivos de milho e feijão sob irrigação. 1996.

COELHO, Antonio Marcos. *Nutrição e adubação do milho*. 2006.

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

DA SILVA, F. C. et al. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes – 2. ed. rev. ampl.* - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 627 p. 2009.

DA SILVA, VALENTIM. **Variáveis de acidez em função da mineralogia do solo**. 2006. Tese de Doutorado. Tesis de Maestría, Curitiba, Paraná, Brasil (2006).

DELFIN, Jorge. *ANGOLA: ACIDEZ DO SOLO E A CALAGEM*. 2020.

ECHART, Cinara Lima; CAVALLI-MOLINA, Suzana. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. *Ciência Rural*, v. 31, p. 531-541, 2001.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 355p.

ERNANI, Paulo Roberto. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages SC, 2º ed. 2016.

FAGERIA, Nand Kumar. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, p. 1419-1424, 2001.

FAGERIA, Nand Kumar; STONE, Luís Fernando. *Qualidade do solo e meio ambiente*. 2006.

FIORIN, Jackson Ernani. Entendendo a qualidade dos calcários. *Boletim Técnico n° 78*, CCGL, Cruz Alta, 2019.

FIORIN, Jackson Ernani. O estado da arte da acidez do solo no Rio Grande do Sul. *Boletim Técnico n° 59*, CCGL, Cruz Alta, 2018.

HALISKI, Adriano. *Acidez do solo e toxicidade do alumínio em sistema plantio direto de longa duração*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

HAMA, Patrícia. **Estudo da influência da chuva ácida na concentração de alumínio em solos próximos a uma termoeletrica a carvão**. 2001. Tese de Doutorado. Dissertação em Tecnologia Nuclear) São Paulo. IPEN.

JONES JR, J. Benton. **Plant nutrition and soil fertility manual**. CRC press, 2012.

JUNIOR, Có et al. Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar. 2011. ix, 129 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011.

K9606 VIP3. KWS, 2023. Disponível em: <  
<https://www.kws.com/br/pt/produtos/milho/portfolio-completo-milho/k9606-vip3/>>. Acesso em: 14/06/2023.

KÄMPF, N.; CURI, Nilton; MARQUES, João José. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. **Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 333-80, 2009.

KOTOWSKI, Dirceu Leandro. Qualidade do calcário sob diferentes condições de armazenamento na Região das Missões. 2019.

LIMA, Charles Santos. O efeito da calcinação na qualidade do produto final do processo de produção da cal. 2016.

LOPES, C.F.; TAMANINI, C.R.; MONTE SERRAT, B., LIMA, M.R. **Acidez do solo e calagem**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto de Extensão Universitária Solo Planta, 2002. (Folder).

MALAVOLTA, E. e VITTI, Godofredo César e OLIVEIRA, Sebastião Alberto de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS. 1997

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Sao Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARTINS, Carlos Eugênio. Práticas agrícolas relacionadas à calagem do solo. 2005.

MELÉM JÚNIOR, N. J. et al. Efeito de fertilizantes nitrogenados na acidificação de um Argissolo Vermelho Amarelo Latossolico Distrofico cultivado com milho. 2001.

MENEGHETTI, Adriana Maria. Manual de procedimentos de amostragem e análise química de plantas, solo e fertilizantes. Curitiba: EDUTFPR, 2018. 251 p.

MERTEN, Gean Marcos; PATEL, Mauricio; RICHART, Alfredo. Potencial acidificante de diferentes fertilizantes fosfatados aplicados em dois solos do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 3, p. 32-42, 2019.

MINATO, Evandro Antonio et al. Lime and gypsum application to low-acidity soils: Changes in soil chemical properties, residual lime content and crop agronomic performance. **Soil and Tillage Research**, v. 234, p. 105860, 2023.



MIYAZAWA, Mário; PAVAN, Marcos A.; FRANCHINI, Júlio C. Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 251-256, 2002.

MOURA, Cassiano Melo de et al. **Atributos químicos do solo e rendimento de cultivos em experimento de longa duração cultivado com níveis de calcário e de cama de aviário aplicados em superfície**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NEINA, Dora. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. **Applied and environmental soil science**, v. 2019, p. 1-9, 2019.

Nora, Douglas & Amado, Telmo & Bortolotto, Rafael & De Oliveira Ferreira, Ademir & Keller, Cristiano & Kunz, Júnior. (2020). Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. 26. 1.

PANDOLFO, Carla Maria; DA VEIGA, Milton. Alterações em atributos químicos no perfil do solo após 93 meses da aplicação superficial de calcário, em sistema plantio direto. **Agropecuária Catarinense**, v. 20, n. 3, p. 72-75, 2007.

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.

PAULETTI, Volnei et al. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014.

PESSONI, PATRÍCIA TEREZINHA. **Calagem e gessagem na produtividade da soja e do triticale**. 2012. Tese de Doutorado. INSTITUTO AGRONÔMICO.

PRADO, Renato de Mello. Saturação por bases e híbridos de milho sob sistema plantio direto. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 391-394, 2001.

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

QUAGGIO, José Antonio et al. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 375-383, 1993.

REETZ, Harold F. Fertilizantes e o seu uso eficiente. **São Paulo: ANDA**, v. 178, 2017.

RODRIGHERO, Maik Barbosa; BARTH, Gabriel; CAIRES, Eduardo Fávero. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1723-1736, 2015.

RODRIGUES, Renato Augusto Soares. **Ciência do solo : morfologia e gênese – Londrina** : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018. 264 p.

RONQUIM, Carlos César. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2010.

SALDANHA, Carolina Belei et al; Ciência do solo: fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016. 192 p.

SAMPAIO, João Alves; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de. Calcário e dolomito. 2005.

SILVA, Priscila Andrade et al. Estudo mineral de uma supercalagem no milho. **Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**, v. 9, p. 551-553, 2005.

SOARES, Bruno Daniel. Estudo da produção de óxido de cálcio por calcinação do calcário: caracterização dos sólidos, decomposição térmica e otimização paramétrica. 2007. 422 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes et al. V – Acidez do solo e sua correção. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1º ed, p. 205-274, Viçosa – Minas Gerais, 2007.

SPOSITO, Garrison. **The chemistry of soils**. Oxford university press, 2008.

TEDESCO, Marino José. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais – 2. ed rev. e ampl. – Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS. 1995. 174p.

TEIXEIRA, Paulo César et al. Manual de métodos de análise de solo. 2017.

TIECHER, Tales et al. Evolução e estado da fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina. **UFRGS: Porto Alegre, Brazil**, 2016.

TOLEDO, Jaderson dos Anjos et al. Tampão Santa Maria (TSM) como alternativa ao tampão SMP para medição da acidez potencial de solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 427-435, 2012.

VELOSO, C. A. C. et al. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agrícola**, v. 49, p. 123-128, 1992.

VIEIRA, Rosana Faria. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. 2017.

VIERO, Fernando. Características químicas e indicadores de qualidade de solos em sistemas conservacionistas de manejo de longa duração. 2015.

VILLAR, Maria Luiza Perez. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. EMPAER-MT, 2007.

WEIRICH NETO, Pedro Henrique et al. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. **Ciência Rural**, v. 30, p. 257-261, 2000.

WIETHÖLTER, S. Calagem no Brasil. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2000. 104p. (Embrapa Trigo. Documentos, 22).

## APÊNDICE A – Análise química da área do experimento profundidade 0 - 10



LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS  
VINCULADO A REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RS E SC  
**ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO**

Nome: **MATHEUS WACHTMANN**  
Município: **Giruaá**  
Estado: **CANDIDO FREIRE**  
Localidade: **CANDIDO FREIRE**  
CPF/CNPJ:

Remetente: **COOPERMIL - COOPERATIVA MISTA SAO LUIZ LTDA**  
Data de recebimento: **13/05/2022**  
Data de expedição: **26/05/2022**  
Registro: **5572 Completa**

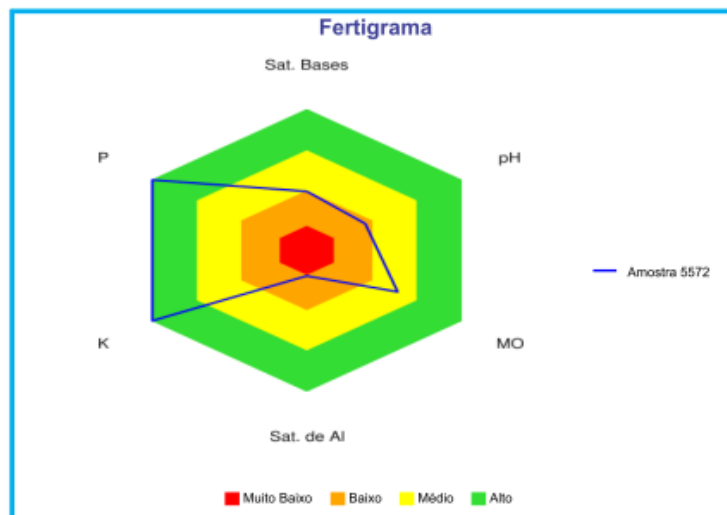
Amostra Nº	Área ha	Matrícula da Área	Prof.	Gleba	Argila %	pH H <sub>2</sub> O	Índice SMP	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	M.O. %	Altroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
-	0,7	-	0-10 cm	-	60	5,4	5,9	24,7	373	3,9	0,1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P, K, Zn e Cu determinados pelo método Mehlich - I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; S-SO<sub>4</sub> extraídos com CaHPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P; 0,1 mol L<sup>-1</sup>; B extraído com água quente.

Amostra Nº	Catroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mgroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H + Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	% SAT da CTC		S mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>	B mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Fe g dm <sup>-3</sup>
					BASES	Al						
-	5,9	2,0	4,9	13,8	64,2	1,1	29,3	10,6	18,8	0,3	124	nd
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CTC a pH 7,0. UNIDADES: % = massa/volume; mg dm<sup>-3</sup> = ppm (peso/volume); cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> = meq 100<sup>-1</sup>ml

Consulte um Engenheiro Agrônomo para obter as Recomendações de Adubação e Calagem.  
CCGL Tec - Tecnologia com Rentabilidade



Assinatura digital

**B8-D9-F6-82-28-51-5D-30-B9-7A-60-D5-6C-F7-DA-D**

Para autenticar, acesse [www.cogl.com.br/tec/solos](http://www.cogl.com.br/tec/solos), em "Autenticar" informe a sequência acima.

**Aline Pegoraro da Rosa**  
Química Responsável  
CRQ 05101733  
CFQ 118.134  
Responsável pelo Laboratório de Análises

## APÊNDICE B - Análise química da área do experimento profundidade 10 - 20



LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS  
VINCULADO A REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RS E SC  
**ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO**

Nome: **MATHEUS WACHTMANN**  
Município: **Giruá**  
Estado: **CANDIDO FREIRE**  
Localidade: **CANDIDO FREIRE**  
CPF/CNPJ:

Remetente: **COOPERMIL - COOPERATIVA MISTA SAO LUIZ LTDA**  
Data de recebimento: **13/05/2022**  
Data de expedição: **26/05/2022**  
Registro: **5573 Completa**

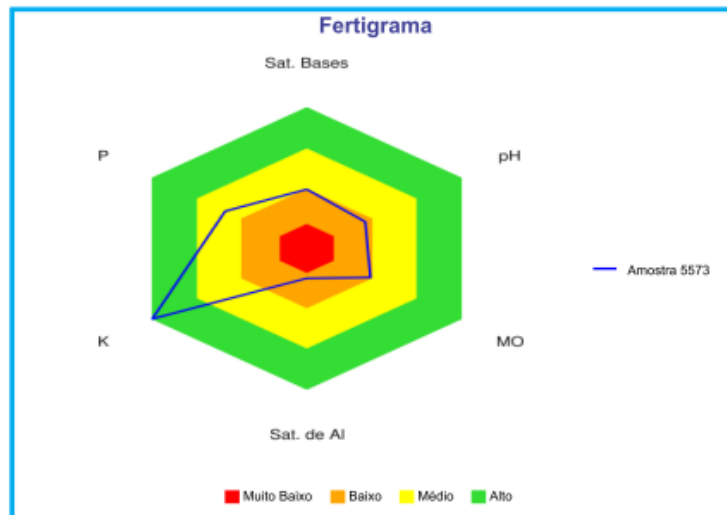
Amostra Nº	Área ha	Matricula da Área	Prof.	Gleba	Argila %	pH H <sub>2</sub> O	Índice SMP	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	M.O. %	Alroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
-	0,7	-	10-20 cm	-	76	5,4	5,9	4,7	223	2,4	0,2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P, K, Zn e Cu determinados pelo método Mehlich - I; M.O. por digestão úmida; Ca, Mg, Al, Mn, e Na trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; S-SO<sub>4</sub> extraídos com CaHPO<sub>4</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P; 0,1 mol L<sup>-1</sup>; B extraído com água quente.

Amostra Nº	Catroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mgroc. cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H + Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	% SAT da CTC		S mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>	B mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Fe g dm <sup>-3</sup>
					BASES	Al						
-	6,5	1,8	4,9	13,8	64,3	2,2	32,4	7,2	19,4	0,6	122	nd
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CTC a pH 7,0. UNIDADES: % = massa/volume; mg dm<sup>-3</sup> = ppm (peso/volume); cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> = meq 100<sup>-1</sup>ml

Consulte um Engenheiro Agrônomo para obter as Recomendações de Adubação e Calagem.  
CCGL Tec - Tecnologia com Rentabilidade



Assinatura digital

56-D9-9A-60-F1-77-E0-A7-A6-40-C8-96-21-48-CF-E5

Para autenticar, acesse [www.cogl.com.br/tec/solos](http://www.cogl.com.br/tec/solos), em "Autenticar" informe a sequência acima.

**Aline Pegoraro da Rosa**  
Química Responsável  
CRQ 05101733  
CFQ 118.134  
Responsável pelo Laboratório de Análises