

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**PEDRO HENRIQUE TELLES ZANIN**

**EFEITO DA REAPLICAÇÃO DE GESSO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA  
DA SOJA**

**PATO BRANCO**

**2022**

**PEDRO HENRIQUE TELLES ZANIN**

**EFEITO DA REAPLICAÇÃO DE GESSO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA  
DA SOJA**

**Effect of gypsum reapplication on soybean crop development**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Luís César Cassol, Prof. Dr.

**PATO BRANCO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**PEDRO HENRIQUE TELLES ZANIN**

**EFEITO DA REAPLICAÇÃO DE GESSO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA  
DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia  
do *Campus* Pato Branco da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2022

---

Luís César Cassol  
Prof. Doutor  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

José Ricardo da Rocha Campos  
Prof. Doutor  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Cassiano Conte  
Mestrando  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PATO BRANCO**

**2022**

Dedico este trabalho principalmente a  
minha mãe pela ajuda incondicional  
durante todos os momentos da minha  
graduação, minha família e a minha  
namorada, pelo tempo que estive longe.

## AGRADECIMENTOS

Com toda clareza sei que esses pequenos parágrafos não serão o suficiente para agradecer a todos que tiveram importantes papéis nesta minha caminhada durante a graduação. Com isso, desde já, peço minhas sinceras desculpas pelos que não irão ser citados, mas que estejam certos que estarão presentes em meu pensamento e sentimento de gratidão a todos.

Primeiramente agradeço a meu orientador, Professor Doutor Luís César Cassol, por ter me prestado ajuda em momentos de dúvida, e ter me passado clareza em momentos de dúvida.

Agradeço minha mãe por toda dedicação e esforços realizados para que este momento possa ser concretizado.

A minha namorada que sempre esteve junto a mim nos momentos de dificuldade e alegrias.

A todos os colegas de sala.

Aos amigos que conquistei, no qual compartilhamos muitas atividades e momentos festivos que sempre levarei comigo em meus pensamentos.

Ao LABSOLOS pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

E, por fim, gostaria de agradecer a minha família por todo apoio dedicado a mim e a todos que participaram de alguma forma para realização desta pesquisa.

## RESUMO

O gesso agrícola é capaz de reduzir a atividade do alumínio tóxico e favorecer a mobilidade de cátions como o cálcio, magnésio e potássio, carreando estes nutrientes para subsuperfície, razão pela qual vem crescendo seu uso com o objetivo de corrigir o perfil do solo, de forma a aprofundar mais as raízes em busca de água e nutrientes, fatores que contribuem para o aumento da produtividade e maior segurança das lavouras em épocas de veranicos. No entanto, quando utilizadas elevadas doses deste produto é comumente observada a lixiviação de magnésio e em alguns casos também o potássio para além da zona de absorção das raízes, podendo reduzir a produtividade dos cultivos. Este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da reaplicação de doses crescentes de gesso, dois anos e meio após a aplicação inicial, sobre o desempenho da cultura da soja, em Latossolo com textura muito argilosa. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com um total de cinco tratamentos, sendo as doses de 0, 2, 4, 6 e 8 t ha<sup>-1</sup>, reaplicados em superfície e com quatro repetições. As doses de gesso foram reaplicadas em junho de 2021, antecedendo a cultura do trigo. A cultivar de soja utilizada foi a BMX ZEUS IPRO, semeada no sistema plantio direto sobre a palhada do trigo. Foram avaliados os componentes de rendimento (número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG)), os caracteres morfológicos (altura de planta (AP) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV)) e o rendimento de grãos (RG). A reaplicação de gesso dois anos e meio após a aplicação inicial não afetou nenhuma das variáveis analisadas, mesmo com período de déficit hídrico durante a fase vegetativa da cultura.

Palavras-chave: Condicionador de solo; Rendimento; Lixiviação.

## ABSTRACT

Agricultural gypsum is capable of reducing the activity of toxic aluminum and favoring the mobility of cations such as calcium, magnesium and potassium, taking these nutrients to the subsoil, for which reason its use has been increasing with the aim of correcting the soil profile. , in order to further deepen the roots in the search for water and nutrients, factors that contribute to greater productivity and greater crop safety in summer periods. However, when high rates of this product are used, leaching of magnesium, and in some cases also potassium, beyond the root uptake zone is commonly observed, which can reduce crop productivity. The objective of this work is to evaluate the effects of the reapplication of increasing doses of gypsum, two and a half years after the initial application, on the behavior of the soybean crop, in an Oxisol with a very clayey texture. The experimental design was randomized blocks with a total of five treatments, with doses of 0, 2, 4, 6 and 8 t ha<sup>-1</sup>, reapplied on the surface and with four repetitions. The gypsum doses were reapplied in June 2021, preceding the wheat harvest. The soybean cultivar used was BMX ZEUS IPRO, planted in a zero tillage system on wheat straw. Yield components (number of pods per plant (NVP), number of grains per pod (NGV) and thousand grain mass (MMG)), morphological characters (plant height (AP) and first pod insertion height ( AIPV)) and grain yield (GR). The reapplication of the plaster two and a half years after the initial application did not affect any of the variables analyzed, even with a period of water deficit during the vegetative phase of the crop.

Keywords: Soil Conditioner; Yield; Leaching.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação pluviométrica no local do experimento durante os meses de condução do trabalho.....	23
Figura 2 – Altura de planta (A) e inserção da primeira vagem (B) em resposta a reaplicação de gesso na cultura da soja.....	28
Figura 3 – Número de vagem por planta (A), Número de grãos por vagem (B) e Massa de mil grãos (C) em resposta a reaplicação de gesso na cultura da soja.....	29
Figura 4 – Rendimento de grãos em resposta a reaplicação de gesso na cultura da soja.....	30



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas, em três camadas, antes da primeira aplicação de gesso no experimento.....	23
Tabela 2 – Quadrados médios da análise da variância, incluindo as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV), para as variáveis altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de soja em resposta a reaplicação de doses de gesso.....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIPV	Altura de inserção de primeira vagem
AP	Altura de planta
cm	Centímetros
CONAB	Companhia nacional de abastecimento
CTC	Capacidade de troca de cátions
CV	Coeficiente de variação
dm	Decímetro
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FV	Fontes de variação
GL	Graus de liberdade
ha	Hectare
Kg	Quilogramas
m	Metros
M.O	Matéria orgânica
MAP	Fosfato monoamônico
mm	Milímetros
MMG	Massa de mil grãos
NG	Necessidade de gessagem
NGV	Número de grãos por vagem
ns	Não significativo
NVP	Número de vagens por planta
PR	Paraná
RG	Rendimento de grãos
t	Tonelada
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

AL	Aluminio
Ca	Cálcio
K	Potassio
Mg	Magnesio
P	Fosforo
pH	Potencial hidrogenionico
S	Enxofre

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Importância da cultura da soja (<i>Glycine max</i>).....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Características e funções do gesso agrícola.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Atributos para recomendação de gesso.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Respostas das culturas ao gesso agrícola.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Efeitos da reaplicação de gesso sobre os caracteres morfológicos da soja.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Efeito da reaplicação de gesso sobre os componentes de rendimento da soja.....</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Efeito da reaplicação de gesso sobre o rendimento de grãos da soja.....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja vem ganhando espaço ano a ano, sendo o principal produto da agricultura brasileira. O principal destino da soja brasileira (grãos) e seus derivados (farelo e óleo) é a exportação, tendo na China a maior compradora. A expansão está consolidada num sólido mercado internacional e por ser uma oleaginosa importante para o fornecimento de proteína vegetal, transformando-a numa grande commodity (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

No entanto, à luz das mudanças climáticas, cada vez mais os sistemas produtivos vêm sofrendo com problema de falta de água, oriundas de períodos de estiagens em determinados momentos do crescimento das culturas, ameaçando a atividade agrícola. Com a soja não é diferente e esses períodos de déficit hídrico apresentam maiores danos nas lavouras quando o solo não está propício para o aprofundamento das raízes, limitando assim a área de atuação na procura por nutrientes e água que estão presentes no sistema.

Alguns fatores diminuem o crescimento do sistema radicular, entre eles a presença de Al tóxico disponível para as plantas (SORATTO; CRUSCIOL, 2008a). Outro fator é a baixa disponibilidade de Ca abaixo de 20 cm, pois este nutriente tem ação na divisão celular e é quase imóvel na planta (HAWKESFORD *et al.*, 2012), sendo assim o Ca absorvido por raízes superficiais não atende a necessidade das raízes mais profundas que estão em um ambiente com baixa disponibilidade do nutriente (PAULETTI *et al.*, 2014).

Na maioria dos solos brasileiros podem ser observados altos teores de Al tóxico e acidez subsuperficial. Devido a esses problemas, o uso de corretivos e condicionadores de solo, que apresentam reações no solo que melhoram este ambiente, é de fundamental importância para o desenvolvimento das plantas. O corretivo de maior uso na agricultura brasileira é o calcário, que neutraliza o efeito tóxico do Al trocável (ZAMBROSI; ALLEONI; CAIRES, 2007), aumenta pH (PÁDUA; SILVA; DIAS, 2008), fornece Ca e Mg e eleva a saturação por bases (SORATTO; CRUSCIOL, 2008b), porém com limitações quanto a profundidade atingida, tendo maior efetividade até 20 cm quando não incorporado a maiores profundidades.

Buscando uma movimentação dos cátions básicos, acompanhados de alguns ânions, para camadas mais profundas, o uso do gesso agrícola vem

crescendo na agricultura. O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), um subproduto da fabricação do ácido fosfórico, é classificado como condicionador de solo, tem maior solubilidade quando comparado ao calcário e capacidade de atingir profundidades abaixo de 20 cm, adicionando  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  no sistema, que reagem com outros nutrientes como o  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , e também com o  $\text{Al}^{3+}$ , formando o  $\text{AlSO}_4^+$  que é menos tóxico as plantas e os pares iônicos neutros  $\text{K}_2\text{SO}_4^0$  e  $\text{MgSO}_4^0$ , além do  $\text{CaSO}_4^0$ , compostos com maior mobilidade, apresentando mais facilidade em chegar até a subsuperfície do solo, disponibilizando para as plantas um maior perfil de solo para a atuação das raízes (ALCORDO; RECHCIGL, 1993).

Atualmente têm-se muitas informações sobre os efeitos positivos decorrentes da aplicação de gesso agrícola, porém, ainda existem dúvidas e questionamentos sobre qual o tempo de persistência deste produto no solo e como definir as dosagens corretas em uma possível reaplicação. Em face ao exposto, o objetivo desse trabalho é analisar os efeitos resultantes de uma reaplicação de gesso em doses crescentes, dois anos após a aplicação inicial, sobre o desenvolvimento da cultura da soja.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar o efeito da reaplicação de doses crescentes de gesso, dois anos após sua aplicação inicial, sobre o desempenho da cultura da soja.

### **2.2 Específicos**

Quantificar o rendimento de grãos de soja em resposta ao uso de doses crescentes de gesso reaplicadas num Latossolo muito argiloso.

Medir a altura das plantas e altura de inserção da primeira vagem de soja e realizar a contagem de número de vagens por planta, número de grãos por vagem e determinação da massa de mil grãos de soja em resposta ao uso de doses crescentes de gesso reaplicadas num Latossolo muito argiloso.

Comparar diferentes doses de gesso somadas a uma aplicação no ano de 2019 no desenvolvimento geral da cultura da soja.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Importância da cultura da soja (*Glycine max*)

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas mais cultivadas no mundo, ocupando extensas áreas no Brasil (41,4 milhões de hectares) que manteve o país como o maior produtor do grão no mundo, no ano agrícola 2021/2022, mesmo com uma produção de 125,5 milhões de toneladas, representando um decréscimo de 9,9% comparado com a safra anterior, redução devida principalmente pelos efeitos causados pelo fenômeno La Niña no sul do Brasil, ainda assim o país continua como maior produtor do grão no mundo (CONAB, 2022a).

Na região Sul do país, foi observado aumento na área plantada de 2,4% em comparação a safra anterior, totalizando 12.375,3 mil hectares plantados. No estado do Paraná as condições climáticas adversas durante o ciclo da cultura reduziram a produção, mas em contrapartida nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina o desempenho da cultura foi muito bom. Mesmo com o estado do Paraná tendo menores produções, a região sul atingiu produção recorde com 43.031,5 mil toneladas, incremento de 21,9% em relação ao ano anterior.

A soja é uma planta leguminosa e apresenta vantagens na sua composição quando comparada com outras, sendo uma grande fonte de proteína e óleo (SILVA *et al.*, 2006), podendo ser utilizada para o consumo humano e também para compor dietas animais. Seu uso está consolidado em indústrias, por compor diversos produtos de consumo (MELLO FILHO *et al.*, 2004).

Por ser a principal commodity brasileira, ocupando extensas áreas e fazendo uso de tecnologias modernas que resultaram em altas produtividades dos cultivos, os cuidados com o solo, especialmente no tocante a correção de perfil, como forma a propiciar condições de maior resistência das plantas ao estresse hídrico, são de fundamental importância.

A soja é uma cultura altamente exigente em macronutrientes, sendo grande exportadora de nitrogênio e potássio. No entanto, no sul do Brasil a disponibilidade hídrica ao longo do ciclo da cultura tem sido o principal fator limitante à obtenção de maiores produtividades, tal como aconteceu com o Paraná na safra passada. Numa condição de estresse hídrico existe a necessidade de aprofundamento do sistema



radicular de forma a buscar parte da água do subsolo numa tentativa de resistência a falta dela.

O maior consumo de água pela soja ocorre na fase de floração/enchimento de grãos, quando a planta apresenta um maior índice de área foliar e altura. Estima-se um consumo de água entre 450 a 800 mm por ciclo para expressão do máximo potencial produtivo, quantidade esta que é dependente das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo (FARIAS; NEPOMUCENO; NORMAN, 2007). Esses mesmos autores demonstram que na região de Londrina, avaliando 15 safras e testando várias cultivares e condições de deficiência hídrica, os maiores rendimentos foram obtidos com 650 a 700 mm de chuva, bem distribuídos ao longo do ciclo.

Nesse contexto, por ter alta solubilidade, o gesso agrícola aparece como uma opção química para melhorar o ambiente radicular e a distribuição das raízes entre nas camadas subsuperficiais do solo, sem a necessidade de revolvimento do solo que poderia danificar o sistema plantio direto, promovendo o crescimento do sistema radicular, especialmente importante em situações de déficit hídrico.

### **3.2 Características e funções do gesso agrícola**

O gesso tem sua origem em materiais minerais e pode ser originado como um subproduto da fabricação de ácido fosfórico (ALCORDO; RECHIGL, 1993), utilizado para produção fertilizantes fosfatados. O gesso, oriundo da produção de ácido fosfórico é o mais utilizado nas pesquisas desenvolvidas sobre o seu efeito no solo e nas plantas, sendo conhecido como gesso agrícola.

O gesso é um composto de sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), classificado como um subproduto industrial. Para a produção do ácido fosfórico as indústrias de fertilizantes utilizam como matéria prima a rochas fosfáticas (apatitas e mais comumente a fluorapatita), que quando atacada por ácido sulfúrico e água, gera um subproduto, sendo o sulfato de cálcio e o ácido fluorídrico (DIAS, 1992).

Os teores gerais e concentrações de gesso, são de 30,9% de CaO (17–22% de Ca), 17,7% de S, 0,7% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0,2% de F, e tem a presença de outros micronutrientes e elementos (DIAS, 1992).

De acordo com (CAIRES, E. F. *et al.*, 2003), a presença de  $\text{Al}^{3+}$  no solo tem efeito tóxico para as plantas, pois estas não conseguem desenvolver livremente as raízes, ficando com um sistema radicular mais superficial. O gesso que tem em sua composição  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , provoca o aumento nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  do solo, causando o deslocamento do  $\text{Al}^{3+}$  para a solução, onde posteriormente é imobilizado pelo ânion sulfato (PAVAN; BINGHAM; PRATT, 1984), através da formação do par iônico  $\text{AlSO}_4^+$ .

A redução da atividade do  $\text{Al}^{3+}$  pelo efeito do  $\text{SO}_4^{2-}$ , especialmente nas camadas subsuperficiais do solo, favorece o crescimento do sistema radicular das plantas, sendo de fundamental importância em anos de déficit hídrico.

Além do efeito de redução da atividade do íon  $\text{Al}^{3+}$ , considerado tóxico para as plantas, o gesso também é uma importante fonte de  $\text{Ca}^{2+}$ , pois conforme observado por (NORA *et al.*, 2013) com a adição de gesso em diferentes dosagens (0,0; 1,0; 3,0 e 5,0 t ha<sup>-1</sup>) em Latossolo Vermelho distrófico, na cidade de Carazinho (RS), verificou-se um expressivo incremento de  $\text{Ca}^{2+}$  em todas as camadas analisadas até 60 cm de profundidade, principalmente nas parcelas com presença da maior dose (5 t ha<sup>-1</sup>).

O Ca é um nutriente importante na divisão celular das raízes, porém apresenta baixa mobilidade na planta (HAWKESFORD *et al.*, 2012), não sendo levado para locais que não estão próximos ao local de absorção. O uso de calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) corrige deficiências de Ca na superfície do solo, mas não atinge maiores profundidades, onde as raízes profundas acabam sofrendo com a falta deste nutriente (PAULETTI *et al.*, 2014), especialmente no sistema plantio direto onde este corretivo é aplicado e mantido na superfície do solo.

Pelo princípio da troca iônica, a adição  $\text{Ca}^{2+}$  no solo através do gesso, desloca cátions como o  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  para a solução do solo, que posteriormente se ligam ao  $\text{SO}_4^{2-}$  formando  $\text{AlSO}_4^+$  que é menos tóxico as plantas e os pares iônicos neutros  $\text{K}_2\text{SO}_4^0$  e  $\text{MgSO}_4^0$ , além do  $\text{CaSO}_4^0$ , compostos com maior mobilidade, apresentando mais facilidade em chegar até a subsuperfície do solo, disponibilizando para as plantas um maior perfil de solo para a atuação das raízes (PAVAN; BINGHAM; PRATT, 1984).

Estas funções do gesso em proporcionar às plantas uma maior área de exploração por parte das raízes em subsuperfície, tem como principal objetivo

diminuir os efeitos de um possível período de déficit hídrico para as culturas, que conseguem chegar até maiores profundidades em busca de água, diminuindo os efeitos negativos que interferem no desenvolvimento das plantas em momentos de stress (CARDOSO; PERES; LAMBERT, 2014).

Porém, a adição de elevadas doses de gesso no solo pode diminuir a fertilidade do mesmo, por ocorrer uma grande movimentação, principalmente de  $Mg^{2+}$ , para maiores profundidades (mais que 40 cm) e lixiviação deste nutriente, que acaba não estando ao alcance das raízes para ser absorvido Nora *et al.*, (2013). Nesse contexto, é fundamental a definição de doses corretas de gesso, bem como do intervalo para uma nova reaplicação.

### 3.3 Atributos para recomendação de gesso

Para se definir sobre a necessidade de aplicação de gesso é fundamental amostrar o solo em diferentes profundidades do perfil. As recomendações de Sousa, Lobato e Rein (2005) sugerem realizar amostragens de solo nas profundidades 20 a 40 e de 40 a 60 cm e, em culturas perenes também de 60 a 80 cm.

Existem pontos de divergência na utilização do gesso e um destes é sobre os critérios para definição das doses. Diversos autores formularam alguns parâmetros para esta recomendação (MALAVOLTA, 1992) sugere aplicar gesso quando o teor de  $Ca^{2+}$  for menor que  $4 \text{ mmolc dm}^{-3}$  e a saturação por alumínio maior que 40%. Sousa, Lobato e Rein (2005), consideram que os teores de  $Ca^{2+}$  devem estar abaixo de  $5 \text{ mmolc dm}^{-3}$  e saturação por alumínio maior do que 20%.

Estes mesmos autores consideram o teor de argila do solo para calcular a dose de gesso, aplicando as fórmulas 1 e 2.

$$\text{Culturas anuais: (Kg ha}^{-1}\text{) = 50 X Argila (\%)} \quad (1)$$

$$\text{Culturas perenes: (Kg ha}^{-1}\text{) = 75 X Argila (\%)} \quad (2)$$

Mesmo o teor de argila sendo um fator importante para a recomendação de gesso, este método pode ser considerado incompleto, por não considerar a profundidade de ação do gesso e a natureza da fração argila (VAN RAIJ, 2008), e

em momentos pode não estimar com precisão a real quantidade que deve ser aplicada.

Cientes dessa limitação, outro método de recomendação de gesso foi proposto por Caires e Guimarães, (2018), usando um algoritmo que apontou a saturação de  $\text{Ca}^{2+}$  na CTC efetiva como o atributo mais importante para estimar a necessidade de gesso. Concluíram que quando a saturação por  $\text{Ca}^{2+}$  na CTC efetiva for inferior a 54%, na camada diagnóstica de 20-40 cm, o gesso deve ser recomendado com o intuito de elevar esse valor para 60%, conforme fórmula 3.

$$\text{NG (t ha}^{-1}\text{)} = [(0,6 \times \text{CTCe}) - (\text{Teor de Ca (cmolc dm}^{-3}\text{)})] \times 6,4 \quad (3)$$

onde:

NG = Necessidade de gesso, em  $\text{t ha}^{-1}$

0,6 = Valor correspondente a 60% de cálcio na CTC efetiva

CTCe = CTC efetiva

6,4 = Quantidade de gesso necessária para elevar  $1 \text{ cmolc dm}^{-3}$  de Ca.

Por sua vez, (CASTRO PIAS *et al.*, 2020), através de uma meta-análise que reuniu 43 publicações científicas em diferentes regiões do Brasil e também do Paraguai, totalizando 930 pares de observação, constatou que a indicação de gesso se justifica em solos com saturação por Al no subsolo (0,20–0,40 m) superior a 5 e 10% para os cereais e soja, respectivamente.

Independente dos critérios para a tomada de decisão, o que é consenso diz respeito a camada diagnóstica, não devendo ser usada a camada superficial, mas sim aquela de 0,20–0,40 m, uma vez que a intenção de uso de gesso agrícola é para corrigir perfil de solo.

### 3.4 Respostas das culturas ao gesso agrícola

Existem muitos trabalhos no Brasil que avaliaram respostas das culturas a aplicação de gesso. Os resultados são diversos, desde situações de ausência de respostas, respostas positivas ou mesmo a perda de rendimento pela aplicação do gesso. Além de algumas características de solo, especialmente na camada de 20-40

cm, a resposta ao gesso está muito ligada as condições de clima durante os cultivos, especialmente na questão precipitação.

Nora *et al.*, (2013) obtiveram respostas positivas na produtividade das culturas de milho e soja em todas as safras observadas, sendo consequência das melhorias químicas proporcionada pelo gesso no perfil do solo. A cultura do milho teve uma elevação nas produtividades de 6% em primeira safra e de 17% na segunda safra, resultados semelhantes a cultura da soja que quando exposta a um severo déficit hídrico teve incrementos de 13 e 17%.

Os dados encontrados por (CHERUBIN, 2010), num Latossolo Vermelho distrófico, mostraram que a cultura da soja não apresentou respostas positivas com a aplicação de gesso, sendo discutido que o maior motivo para esse resultado foi a não ocorrência de déficit hídrico, limitando os efeitos do gesso na cultura. Já em experimento realizado por Cardoso, Peres e Lambert (2014) os resultados foram inversos, quando teve um grande período de déficit hídrico durante o desenvolvimento da soja. Na condição de déficit hídrico os resultados do gesso são mais visíveis, pois proporciona às plantas o ambiente de subsuperfície adequado para o aprofundamento das raízes, as quais têm maior capacidade em absorver água e suportar maiores períodos de stress pela sua falta, o que explica os resultados positivos nos tratamentos que tinham a presença de gesso.

Em trabalho realizado no Oeste do PR com a cultura do trigo cultivar CD 150, Bartzen e Oliveira (2020) não foram observadas diferenças em produtividade, comparando as doses de 2.400 e 4.800 kg ha<sup>-1</sup> de gesso. Porém, a aplicação da maior dose, mesmo que sem diferenças estatísticas, promoveu aumento de 18,89% na produtividade do trigo e esta foi superior à produtividade média do Oeste paranaense no ano de 2019, que ficou em 2.201 kg ha<sup>-1</sup>.

Rampim *et al.* (2011), concluíram que a aplicação de gesso só apresenta aumento de produtividades em gramíneas como a cultura do trigo quando a mesma está em condições de presença de altas concentrações de Al<sup>3+</sup>; verificando também que gramíneas são mais responsivas que leguminosas como a soja. Resultados semelhantes foram verificados por Bartzen e Oliveira (2020) que foi analisado em solo sem a presença de Al, assim não tendo respostas do trigo as dosagens de gesso e não teve influência na produtividade da soja tanto em solo com presença de Al<sup>3+</sup> quando em solo com ausência de Al<sup>3+</sup>.

Em estudo feito por Schmidt Filho *et al.*, (2016), realizado em solo de textura muito argilosa, não ocorreu influência significativa com a utilização de gesso na cultura do trigo, destacando que o gesso não tem bons resultados a curto prazo.

Rampim *et al.* (2011) relataram que doses de 1000 a 5000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso resultaram em um aumento nos teores de Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> em profundidades de 0-40 m, após um ano da aplicação de gesso e ocorreu a redução no teor de Al trocável quando aplicado a dosagem de 3000 kg ha<sup>-1</sup>, em um Latossolo Vermelho eutrófico. Foi constatado que ocorreu a redução de nutrientes, com a diminuição de K<sup>+</sup> até 0,10 m e de Mg<sup>2+</sup> até 0,40 m de profundidade. O gesso influenciou no aumento de Ca, Mg, K e Al na cultura da soja e não influenciou nos valores de pH, resultado (CAIRES, E. F. *et al.*, 2003). A adição de gesso resultou em aumento na produtividade de trigo quando utilizado em solo com presença de Al<sup>3+</sup> e não resultou em aumento de produtividade na soja em solo com e sem Al<sup>3+</sup>.

Quando considerada a utilização do gesso na cultura do milho, esta apresentou resposta quadrática nas aplicações, sendo a dosagem de maior eficiência de 9,34 Mg ha<sup>-1</sup>, aumento este que representou uma produtividade 39% a maior em comparação a aplicação de calcário (PAULETTI *et al.*, 2014).

Pauletti *et al.*, (2014), não verificaram efeitos do gesso na cultura da soja, não resultando em diferenças na produtividade. Este resultado concorda com a maioria de trabalhos envolvendo a gessagem na cultura da soja, que mesmo em momentos de déficit hídrico, não respondeu positivamente as aplicações, tendo em alguns casos redução na produtividade em doses superiores a 3,19 Mg ha<sup>-1</sup>. Eventual queda na produtividade de soja pelo uso de altas doses de gesso provavelmente está relacionada a redução na disponibilidade de Mg no solo, uma vez que este nutriente fica mais suscetível a lixiviação e também pela elevada competição que este nutriente tem com o Ca (VITTI; LIMA, 2006). A produtividade do milho e do trigo foi aumentada com a aplicação de gesso e a soja só teve aumentos na produtividade quando exposta a períodos de déficit hídrico. Em momentos sem déficit hídrico o gesso em altas dosagens apresentou efeito negativo na produtividade da soja (PAULETTI *et al.*, 2014).

Resultado semelhante em relação a lixiviação de Mg<sup>2+</sup> com altas doses de gesso (NORA *et al.*, 2013), devido a formação do par iônico MgSO<sub>4</sub><sup>0</sup>, que tem elevada mobilidade no solo (ZAMBROSI; ALLEONI; CAIRES, 2007).

Resposta positiva do uso de gesso na cultura da soja foi encontrada por ASCARI; MENDES (2018), em um Latossolo Vermelho distrófico, onde a aplicação de 2 t/ha<sup>-1</sup> proporcionou melhor desempenho da cultura, atingindo uma produtividade de 3422 kg/ha<sup>-1</sup> de grãos.

Quando o gesso agrícola foi analisado por Zandoná *et al.* (2015), em um Latossolo Vermelho distrofico típico, as culturas de milho e soja mostraram um acréscimo no rendimento de grãos, onde a cultura do milho teve incrementos de 9,3% e a soja 11,3%. Entretanto, em outros trabalhos a aplicação de gesso não teve resultados significativos na produtividade da soja (MASCHIETTO *et al.*, 2009; NEIS *et al.*, 2010).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

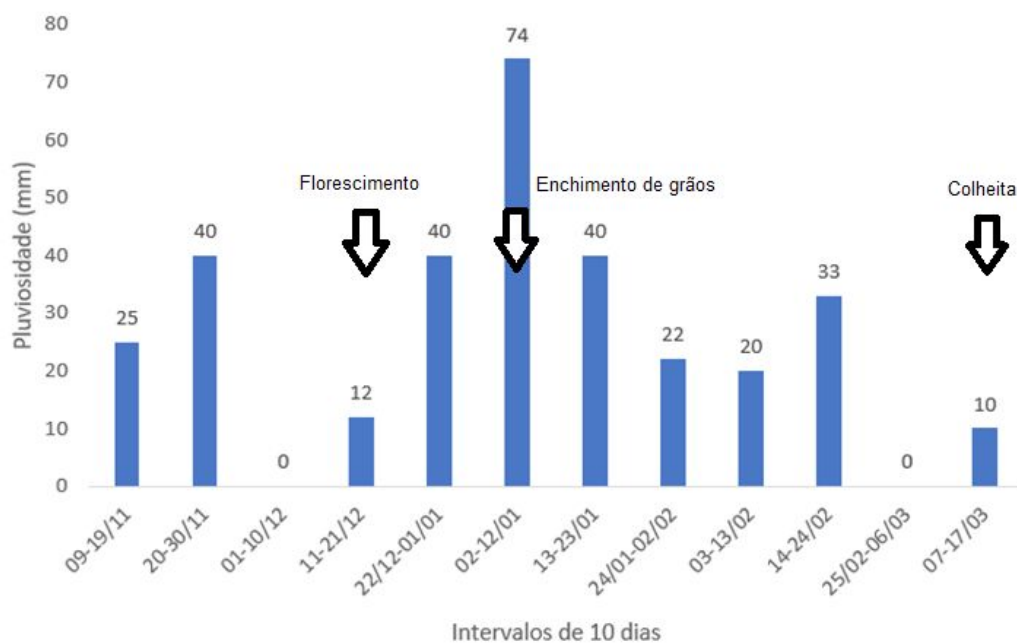
O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, nas coordenadas geográficas 26°10'12" S e 52°40'68" W e com altitude de 760 m. O solo é oriundo de rochas basálticas, com textura muito argilosa e classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (SANTOS, 2013). As características químicas presentes no início do experimento, antes da primeira aplicação de gesso estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Características químicas, em três camadas, antes da primeira aplicação de gesso no experimento**

Camada	pH	MO	-----cmolc dm <sup>-1</sup>					P	V	m
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K <sup>+</sup>			
cm	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	3-----					mg dm <sup>-3</sup>	-----%	
0-10	4,7	42,9	3,3	2,2	0,05	6,21	0,5	7,2	49,1	0,8
10-20	4,4	40,2	1,9	2,1	0,45	7,2	0,2	2,4	36,8	9,7
20-40	4,4	32,2	2	1,8	0,39	6,69	0,18	1,3	37,3	8,9

Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 1 – Precipitação pluviométrica no local do experimento durante os meses de condução do trabalho**



Fonte: Autoria própria (2022).



O clima é do tipo Cfa, segundo classificação de Köppen, com temperatura média, em Pato Branco, de 18,5 °C. A média anual de pluviosidade é de 1931 mm, com chuva moderada, distribuída o ano todo. A pluviosidade presente durante a condução do experimento está presente na Figura 1.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, tendo cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais, com dimensões de 3,75 x 8 metros, somando 30 m<sup>2</sup> por unidade experimental.

O experimento teve início em janeiro de 2019 com a aplicação, em superfície, de cinco doses de gesso (0, 2, 4, 6 e 8 t/ha<sup>-1</sup>). Cerca de dois anos e meio após a primeira aplicação do gesso as doses foram reaplicadas, nas mesmas parcelas, antecedendo a semeadura da cultura do trigo, no dia 01/06/2021. Quando, o início do experimento, as doses foram definidas conforme equação proposta por Caires e Guimarães, (2018), de acordo com as características químicas presentes no solo no momento da aplicação inicial.

A semeadura do trigo (cultivar Audaz), foi realizada no dia 02/07/2021, numa densidade de 350 plantas finais por m<sup>2</sup> e espaçamento de 0,17 m. A adubação de base recebeu 280 kg/ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 08-30-15. Ao término da safra de trigo foi semeada a cultura da soja usando uma semeadora adubadora, no dia 09 de novembro de 2021, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e com densidade de semeadura de 320.000 plantas ha. A cultivar de soja utilizada é a BMX ZEUS IPRO, da empresa Brasmax Genética, que apresenta alto potencial produtivo, precocidade, excelente adaptação em regiões de maior altitude e porte controlado com resistência ao acamamento. As sementes foram tratadas com o fungicida Derosal Plus (Carbendazim e Tiram), inseticida Shelter (Fipronil), Booster MO (Zinco e molibdenio) e CMZ infinity (Zinco, Molibdenio e Cobre).

A cultura da soja foi implantada no sistema plantio direto, sobre a palhada de trigo. A adubação consistiu em 350 kg/ha do NPK 05-29-24, o qual foi resultado da mistura de ureia, cloreto de potássio e MAP, aplicado no momento do plantio, e os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades, sendo feito três aplicações de herbicidas, cinco de inseticidas e cinco de fungicidas. Em algumas aplicações foram realizadas misturas de tanque, com o intuito de aumentar o número de princípios ativos, assim melhorando controle e o operacional nas aplicações.

Para avaliar a resposta da cultura da soja a reaplicação de gesso foram avaliados os seguintes parâmetros:

**Componentes de rendimento:** Número de vagens por planta (NVP): Contando o total de vagens de 10 plantas escolhidas aleatoriamente em cada unidade, e posteriormente dividindo por 10.

Número de grãos por vagem (NGV): Contando o total de grãos em 10 plantas escolhidas aleatoriamente, dividindo por 10 e posteriormente sendo dividido pelo número de vagens por planta.

Massa de mil grãos (MMG): Foram contadas oito repetições de 100 grãos, pesando as suas massas e ajustando para umidade de 13%.

**Caracteres morfológicos:** Altura de plantas (AP) (cm): Medindo da base da planta até a extremidade apical, em 10 plantas e posteriormente dividindo o valor obtido por 10.

Altura de inserção da primeira vagem (AIPV) (cm): Da base da planta rente ao solo até o ponto de inserção, usando uma trena graduada, em 10 plantas e posteriormente dividindo por 10 para obter a média.

**Rendimento de grãos:** Foram colhidas três linhas centrais da parcela de soja, descontando 1 m de cada extremidade da unidade experimental, totalizando assim 8,1 m<sup>2</sup> de área colhida para cada unidade. A colheita foi realizada manualmente no dia 17 de março de 2022, posteriormente foi utilizado um batedor para debulha das plantas. Com o peso de parcela obtido, realizou-se a correção de umidade para 13% e os descontos de impureza, e com estes dados a extrapolação para kg/ha.

Os dados foram submetidos a análise de variância e não foi observado efeito significativo para nenhuma das variáveis observadas, assim não sendo necessária a realização da análise de regressão a 5% de significância.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve efeito da reaplicação de gesso sobre os caracteres morfológicos: altura de planta (AP) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV); componentes do rendimento: número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG); e rendimento de grãos (Tabela 1). Nas condições do estudo, a cultura da soja não foi influenciada pelas diferentes doses de gesso, mesmo tendo ocorrido precipitação abaixo do normal no período de desenvolvimento vegetativo da cultura (Figura 1).

**Tabela 2 – Quadrados médios da análise da variância, incluindo as fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e coeficiente de variação (CV), para as variáveis altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de soja em resposta a reaplicação de doses de gesso**

FV	GL	AP	AIPV	NVP	NGV	MMG	RG
Blocos	3	9,38450	829,075593	37,241833	0,000588	11,4397	4178595,495
Tratamentos	4	6,65675 <sup>ns</sup>	717,63812 <sup>ns</sup>	50,023 <sup>ns</sup>	0,000184 <sup>ns</sup>	29,0616 <sup>ns</sup>	1531527,077 <sup>ns</sup>
Resíduo	12	8,15575	1132,890875	54,451	0,000276	43,7297	1420067,711
Média		87,20500	135,089	63,195	0,407565	174,7505	3575,6735
CV (%)		3,27480	24,91576	11,6767	4,0742	3,784164	9,620686

ns= não significativo.

Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com Castro Pias *et al.*, (2020), em uma meta-análise avaliando 43 publicações científicas sobre gesso, a cultura da soja somente responde positivamente em ambientes com alta probabilidade de deficiência hídrica. No presente trabalho houve déficit hídrico no período vegetativo de desenvolvimento da cultura, mas isso não foi suficiente para diferenciar as doses de gesso.

Esta ausência de resposta, pode ser explicada pela fase com que a cultura da soja se encontrava no momento de maior estresse hídrico, que foi no estágio vegetativo. Gava *et al.*, (2015) relataram maior perda de produtividade de soja quando o estresse hídrico ocorreu na fase de enchimento de grãos e não obtiveram diferença de produtividade quando o estresse hídrico ocorreu na fase vegetativa.

Outro fator que pode explicar a falta de resposta ao gesso, pode ser a matéria orgânica (M.O.) presente no solo onde foi realizado o experimento, pois este

se encontra em região subtropical, de textura muito argilosa. Bayer e Mielniczuk, (2008), discorrem que a M.O. interfere na disponibilização de nutrientes as plantas, CTC e complexação de elementos tóxicos, diminuindo a disponibilidade de alumínio ( $Al^{3+}$ ), através da ligação com substâncias húmicas e ácidos orgânicos simples. A matéria orgânica mais humificada apresenta alta superfície, quando comparada as argilas dos solos tropicais e subtropicais, que são basicamente formadas por óxidos de ferro e de alumínio, os quais apresentam baixa concentração de grupos funcionais de carga negativa. O efeito da matéria orgânica na CTC, aumenta o poder tampão do solo devido à presença de ácidos fracos presentes, minimizando as variações na reação do solo (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015). Portanto, a presença da M.O. no solo, disponibilizando nutrientes e complexando alumínio, pode reduzir os resultados da aplicação de gesso nas culturas.

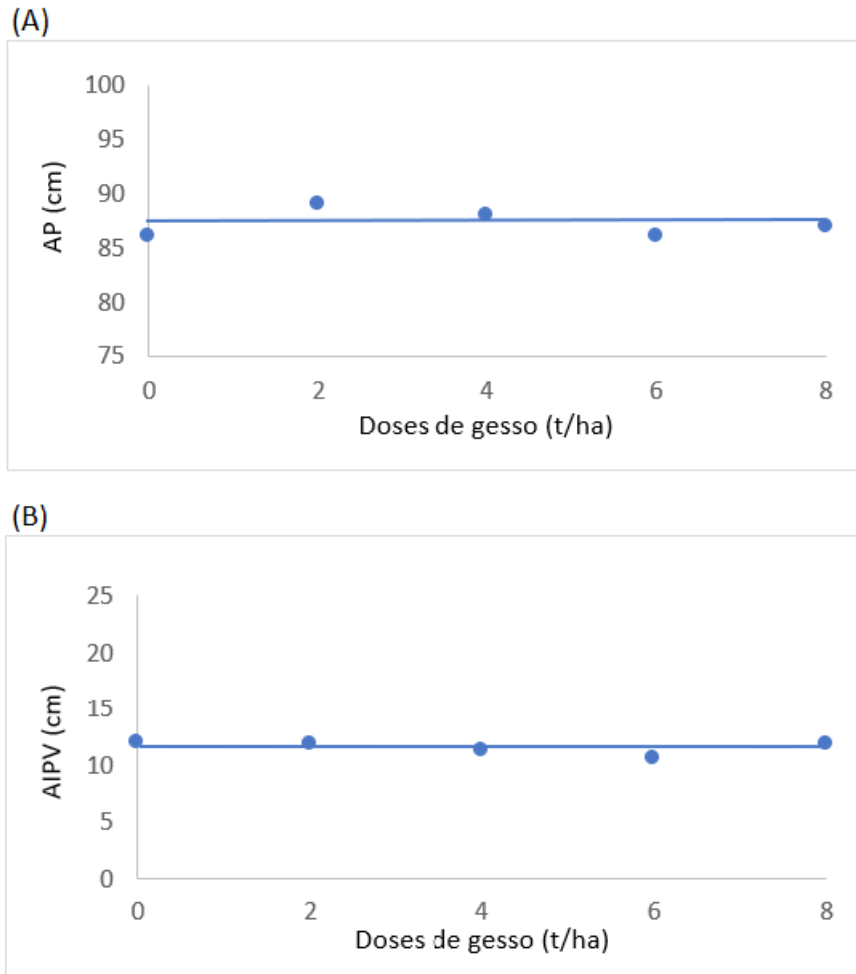
Mesmo sem ocorrer resposta aos tratamentos de doses de gesso, no presente trabalho serão apresentados os resultados em forma gráfica, de forma a beneficiar o leitor com uma melhor percepção dos resultados.

### **5.1 Efeitos da reaplicação de gesso sobre os caracteres morfológicos da soja**

A reaplicação de gesso agrícola em doses crescentes não apresentou efeito nos caracteres morfológicos da soja, obtendo-se valores médios para a altura de planta (AP) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV), de AP= 87,20 cm e AIPV= 11,55 cm, respectivamente (Figura 2).

Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por (SOARES, 2016), analisando doses de gesso no município de Jataí-GO. Esses autores também não observaram efeitos do gesso sobre as variáveis altura de planta e altura de primeira vagem. Cardoso, Peres e Lambert, (2014), realizando experimento na cidade de Itumbiara-GO, com a aplicação de calcário e gesso na soja, também não observaram resposta para gessagem em relação à altura de planta e componentes de rendimento, porém esses autores destacaram o pouco tempo entre a aplicação do produto e a implantação da cultura, não tendo sido suficiente para uma efetiva reação do produto no solo.

**Figura 2 – Altura de planta (A) e inserção da primeira vagem (B) em resposta a reaplicação de gesso na cultura da soja**



Fonte: Autoria própria (2022)

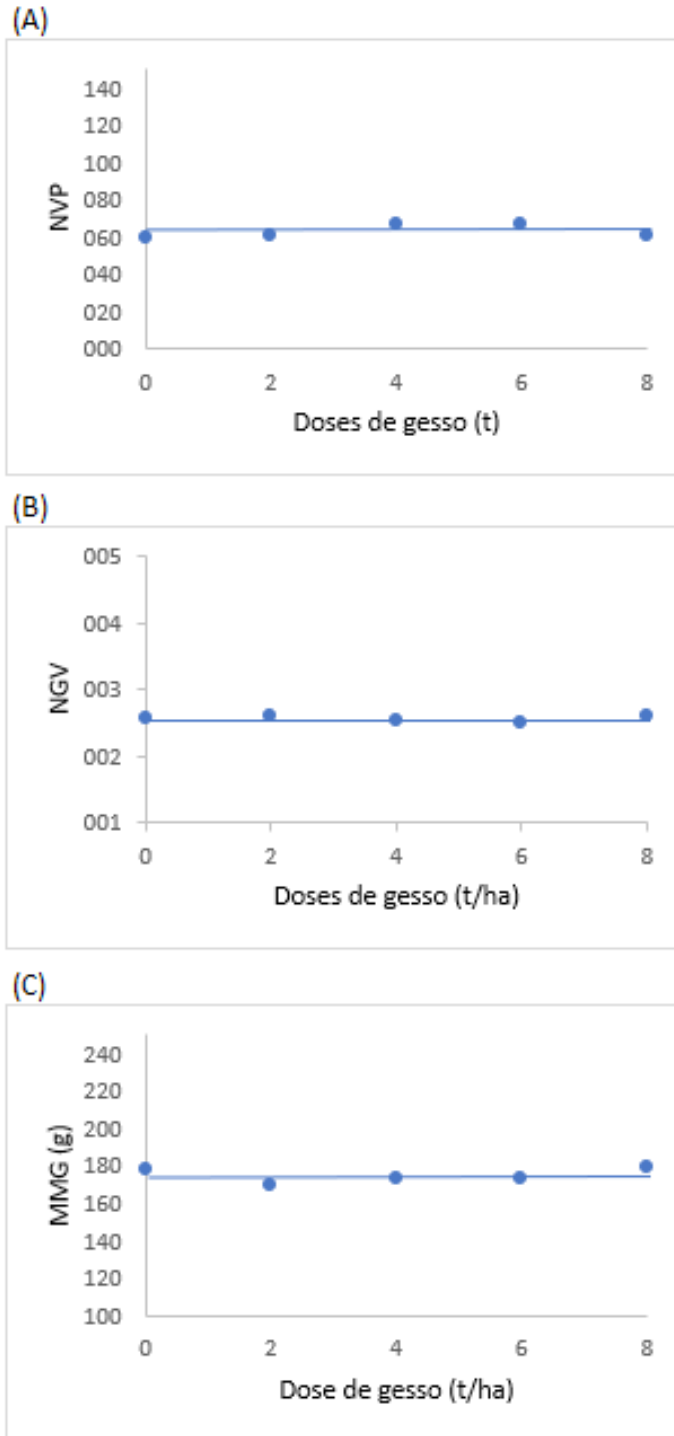
## 5.2 Efeito da reaplicação de gesso sobre os componentes de rendimento da soja

A reaplicação de gesso agrícola dois anos e meio após a aplicação inicial, com as mesmas dosagens crescentes não proporcionou diferença significativa para os componentes de rendimento da soja, sendo eles, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG). Os quais apresentaram as seguintes médias, NVP= 63,06, NGV= 2,56 e MMG= 174,75 g (Figura 3).

Em muitos trabalhos é possível identificar a falta de resposta da soja para os seus componentes de rendimento e produção (FOIS *et al.*, 2018), avaliando

diferentes doses de gesso em um Argissolo e um Latossolo no Paraguai e demonstrando que o número de vagens, número de grãos por vagem e a massa de mil grãos não foram afetados pelo aumento das quantidades de gesso.

**Figura 3 – Número de vagem por planta (A), Número de grãos por vagem (B) e Massa de mil grãos (C) em resposta a reaplicação de gesso na cultura da soja**



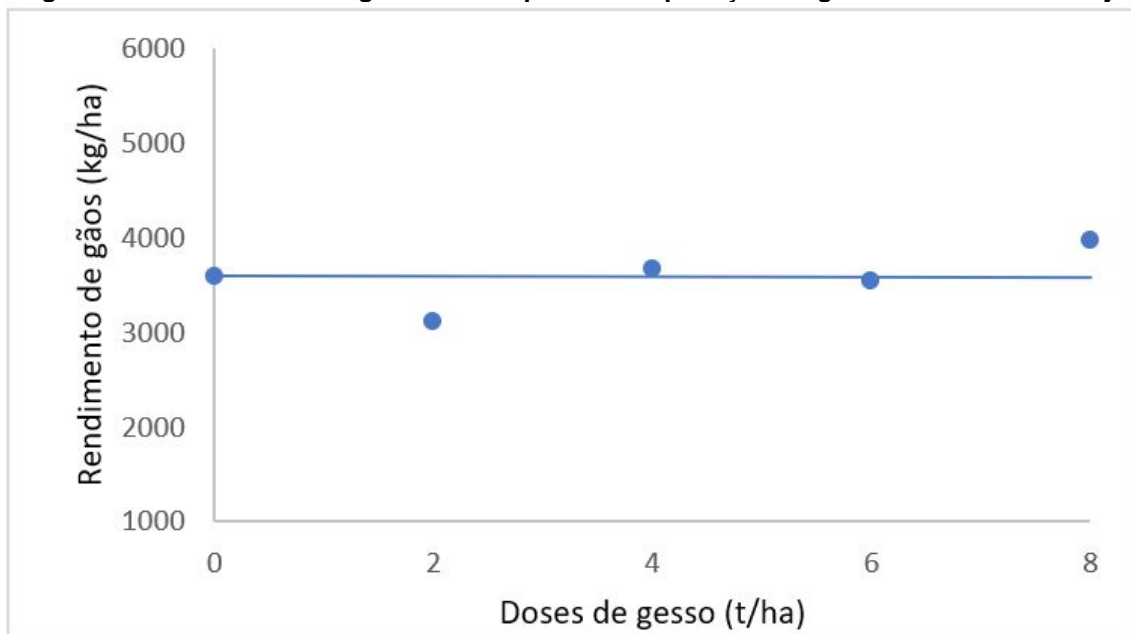
Fonte: Autoria própria (2022)

Considerando a técnica de gessagem em um Latossolo Vermelho distrófico, pode-se concluir que o gesso não afeta os componentes de rendimento da soja (CARDOSO; PERES; LAMBERT, 2014). Observa-se que em outros trabalhos, os componentes de rendimento não são afetados pelo gesso, assim como no atual estudo, sendo possível atribuir isso aos efeitos da M.O e a não ocorrência de déficit hídrico no momento do enchimento de grãos da soja.

### 5.3 Efeito da reaplicação de gesso sobre o rendimento de grãos da soja

O rendimento de grãos da soja não apresentou diferença significativa para a reaplicação de gesso. Apesar da não diferenciação entre as dosagens de gesso analisadas, é importante salientar que a média do rendimento de grãos deste estudo foi de 3575,67 kg/ha-1, com isso sendo 39,5% superior a média do estado do Paraná na safra 21/22, a qual foi de 2161 kg/ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2022b).

Figura 4 – Rendimento de grãos em resposta a reaplicação de gesso na cultura da soja



Fonte: Autoria própria (2022)

O resultado encontrado para rendimento de grãos coincide com resultados também encontrados por MASCHIETTO *et al.*, (2009), em experimento realizado no município de Ponta Grossa PR, onde observaram em dois anos de cultivo

(2006/2007 e 2007/2008) que a produção de grãos de soja não teve efeito significativo em relação a dosagens de gesso.

Em um estudo realizado por Caires *et al.* (2001), testando diferentes dosagens de gesso em sistema plantio direto para a cultura da soja, os autores verificaram que a produção de grãos não apresentou diferença significativa para o aumento das dosagens e atribuíram este resultado ao fato de o crescimento radicular da soja em períodos de ausência de déficit hídrico, não ser influenciado pela diminuição da saturação por Al em maiores profundidades do solo.

A falta de resposta para aumento de produção de grãos com a aplicação de gesso (PAULETTI *et al.*, 2014), que analisando a cultura da soja em período de déficit hídrico, não obteve resposta positiva as aplicações. Em momentos sem déficit hídrico a cultura da soja respondeu negativamente na produtividade quando aplicado altas dosagens de gesso (PAULETTI *et al.*, 2014). Quando a gessagem para a cultura da soja (BARTZEN; OLIVEIRA, 2020), constatou-se que em solo com presença de  $Al^{3+}$  os resultados foram semelhantes aos observados em solo com ausência de  $Al^{3+}$ , onde ambos não se diferiram.

Com estas informações destacadas, o referente trabalho realizado reforçou os resultados obtidos por diversos outros pesquisadores. Deste modo, acredita-se que a produtividade da soja não teve diferença entre as doses de gesso, pela característica da cultura em possuir em sua maioria as raízes presentes em menor profundidade de solo, quando não exposta a estresse hídrico em momentos pontuais do seu desenvolvimento. Assim como pode-se analisar através dos dados obtidos que mesmo com a reaplicação de altas quantidades de gesso, possivelmente não ocorreu a lixiviação de  $Mg^{2+}$ , que pode ser levado para profundidades maiores que 40 cm, ocasionando redução na fertilidade do solo em razão de estar presente em uma profundidade onde as raízes não alcançam para absorver; como observado em trabalhos realizados por Nora *et al.* (2013), os quais observaram redução na produtividade da soja quando cultivada em experimento com altas dosagens de gesso agrícola. Em outro estudo realizado por Pauletti *et al.* (2014) analisaram os efeitos do gesso na cultura da soja e descreveram que o gesso não interferiu positivamente na produtividade da cultura e quando em altas doses apresentou redução na produtividade, efeito ocasionado possivelmente pela lixiviação do  $Mg^{2+}$ .



## 6 CONCLUSÃO

Nas condições do estudo a reaplicação de gesso agrícola não influenciou nenhuma das variáveis observadas, incluindo o rendimento de grãos.

De acordo com estes resultados, considera-se que o método da gessagem apresenta menores efeitos em áreas com elevada quantidade de argila, pelos efeitos mais expressivos da M.O na imobilização do  $Al^{3+}$  e disponibilização de nutrientes, assim como em locais onde a falta de água não seja um fator limitante especialmente na fase de enchimento de grãos.

## REFERÊNCIAS

- ALCORDO, Isabelo S.; RECHCIGL, Jack E. **Phosphogypsum in Agriculture: A Review**. *Advances in Agronomy*. [S. l.]: Elsevier, 1993. v. 49, p. 55–118. DOI 10.1016/S0065-2113(08)60793-2. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065211308607932>. Acesso em: 17 nov. 2022. Acesso em: 19 nov. 2022.
- ASCARI, João Paulo; MENDES, Inês Roeder Nogueira. **Desenvolvimento agrônômico e produtivo da soja sob diferentes doses de gesso agrícola**. *Revista Agrogeoambiental*, v. 9, n. 4, 1 fev. 2018. DOI 10.18406/2316-1817v9n420171014. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1014>. Acesso em: 19 nov. 2022.
- BARTZEN, Bruna Thaina; OLIVEIRA, Paulo Sérgio Rabello de. **Atributos químicos e físicos do solo após a aplicação de doses de gesso agrícola e o rendimento do trigo e soja em sucessão**. 2020. 58 f. Dissertação – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/4818>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- BAYER, Cimélio; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. *Fundamentos da matéria orgânica do solo*, , p. 7–18, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/288935344\\_Dinamica\\_e\\_funcao\\_da\\_materia\\_orgânica](https://www.researchgate.net/publication/288935344_Dinamica_e_funcao_da_materia_orgânica). Acesso em: 20 nov. 2022.
- 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**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 2, p. 275–286, 2003. DOI 10.1590/S0100-06832003000200008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832003000200008&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000200008&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 18 nov. 2022.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. **Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 4, p. 1029–1040, 2001. DOI 10.1590/S0100-06832001000400025. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832001000400025&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832001000400025&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 20 nov. 2022.
- CAIRES, Eduardo F.; GUIMARÃES, Alaine M. **A Novel Phosphogypsum Application Recommendation Method under Continuous No-Till Management in Brazil**. *Agronomy Journal*, v. 110, n. 5, p. 1987–1995, 2018. DOI 10.2134/agronj2017.11.0642. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2017.11.0642>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- CARDOSO, Jorge Alcântara Espíndola; PERES, Graciela Cecilia Marques; LAMBERT, Ricardo Alexandre. **Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. n. Enciclopédia Biosfera, p. 8, 2014.

Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/influencia.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

CASTRO PIAS, Osmar Henrique De; TIECHER, Tales; CHERUBIN, Maurício Roberto; SILVA, Aijanio Gomes de Brito; BAYER, Cimélio. **Does gypsum increase crop grain yield on no-tilled acid soils? A meta-analysis**. *Agronomy Journal*, v. 112, n. 2, p. 675–692, 2020. DOI 10.1002/agj2.20125. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agj2.20125>. Acesso em: 20 nov. 2022.

CHERUBIN, Maurício Roberto. **Influência da aplicação de gesso agrícola na produtividade da cultura de soja em Latossolo**. [S. l.]: CBCS, 2010. . Acesso em: 20 nov. 2022.

CONAB. **12º Levantamento - Safra 2021/22**. Tabela de dados. Paraná: CONAB, 2022a. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/43809\\_b272854397016ef8e493079d1aab89cb](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/43809_b272854397016ef8e493079d1aab89cb). Acesso em: 20 nov. 2022.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **12º levantamento**, v. 9, n. CONAB, p. 88, 2022b. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/44171\\_1d9f893d78f593b07d41887104acc43f](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/44171_1d9f893d78f593b07d41887104acc43f). Acesso em: 20 nov. 2022.

CUNHA, Tony Jarbas da; MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; GIONGO, Vanderlise. **Matéria orgânica do solo**. [S. l.]: Embrapa, 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/Pedro%20Zanin/Documents/UTFPR/10-Periodo\\_2022\\_2/TCC%202/Referencias/Artigos\\_Resultados/1Introdu%C3%A7%C3%A3o\\_Resultados/Materia%20organica%20do%20solo.pdf](file:///C:/Users/Pedro%20Zanin/Documents/UTFPR/10-Periodo_2022_2/TCC%202/Referencias/Artigos_Resultados/1Introdu%C3%A7%C3%A3o_Resultados/Materia%20organica%20do%20solo.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.

DIAS, Luiz Eduardo. **Uso de gesso como insumo agrícola**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1992. v. 7, . Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/623368/1/cot007.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

FARIAS, José Renato Bouças; NEPOMUCENO, Alexandre Lima; NORMAN, Neumaier. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa soja, 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/470308>. Acesso em: 17 nov. 2022.

FOIS, Diego Augusto Fatecha; LANA, Maria do Carmo; ALVAREZ, Jimmy Walter Rasche; FRANDOLOSO, Jucenei; VERA, Laura Raquel Quiñonez; TIECHER, Tales. **Resposta da soja ao gesso agrícola em plantio direto no Paraguai**. *Revista Ceres*, v. 65, n. 5, p. 450–462, 2018. DOI 10.1590/0034-737x201865050010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2018000500450&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2018000500450&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 20 nov. 2022.

GAVA, Ricardo; FRIZZONE, José Antônio; SNYDER, Richard Leslie; JOSE, Jefferson Vieira; JUNIOR, Eusímio Felisbino Fraga; PERBONI, Acácio. **Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja**. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 9, n. 6, p. 349–359, 2015. DOI 10.7127/rbai.v9n600368. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/368>. Acesso em: 20 nov. 2022.

HAWKESFORD, Malcolm; HORST, Walter; KICHEY, Thomas; LAMBERS, Hans; SCHJOERRING, Jan; MØLLER, Inge Skrumtsager; WHITE, Philip. **Functions of Macronutrients**. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. [S. l.]: Elsevier, 2012. p. 135–189. DOI 10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849052000066>. Acesso em: 17 nov. 2022.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**, n. Embrapa, p. 70, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

MALAVOLTA, Euripedes. **Gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta - perguntas e respostas**. n. Ibrafos, 1992. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000824902>. Acesso em: 18 nov. 2022.

MASCHIETTO, Evandro Henrique Gonçalves; CAIRES, Eduardo Fávero; MULLER, Marcelo Marques Lopes; FONSECA, Adriel Ferreira da. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 58 f. Mestrado – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Guarapuava, 2009. Disponível em: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2200>. Acesso em: 16 ago. 2021.

MELLO FILHO, Odilon Lemos de; SEDIYAMA, Carlos Siqueyuki; MOREIRA, Maurílio Alves; REIS, Múcio Silva; MASSONI, Guilherme Augusto; PIOVESAN, Newton Denis. **Grain yield and seed quality of soybean selected for high protein content**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 5, p. 445–450, 2004. DOI 10.1590/S0100-204X2004000500006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2004000500006&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000500006&lng=en&tlng=en). Acesso em: 17 nov. 2022.

NEIS, Lucimeire; PAULINO, Helder Barbosa; SOUZA, Edicarlo Damacena de; REIS, Edésio Fialho dos; PINTO, Flávio Araújo. **Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 2, p. 409–416, 2010. DOI 10.1590/S0100-06832010000200014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000200014&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000200014&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 19 nov. 2022.

NORA, Douglas Dalla; AMADO, Telmo Jorge Carneiro; GIRARDELLO, Vitor Cauduro; MERTINS, Carlos. **Gesso: Alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto**. Revista Plantio Direto, n. Revista Plantio Direto, p. 14, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Telmo-Amado/publication/331174648\\_Gesso\\_Alternativa\\_para\\_redistribuir\\_verticalmente\\_nutrientes\\_no\\_perfil\\_do\\_solo\\_sob\\_sistema\\_plantio\\_direto/links/5c6aaae3a6fdcc404eb7a6c7/Gesso-Alternativa-para-redistribuir-verticalmen](https://www.researchgate.net/profile/Telmo-Amado/publication/331174648_Gesso_Alternativa_para_redistribuir_verticalmente_nutrientes_no_perfil_do_solo_sob_sistema_plantio_direto/links/5c6aaae3a6fdcc404eb7a6c7/Gesso-Alternativa-para-redistribuir-verticalmen). Acesso em: 16 jul. 2021.

PÁDUA, Tullio Raphael Pereira de; SILVA, Carlos Alberto; DIAS, Bruno de Oliveira. **Nutrição e crescimento do algodoeiro em latossolo sob diferentes coberturas vegetais e manejo de calagem**. Ciência e Agrotecnologia, v. 32, n. 5, p. 1481–1490, 2008. DOI 10.1590/S1413-70542008000500019. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542008000500019&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000500019&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 nov. 2022.

PAULETTI, Volnei; PIERRI, Letícia de; RANZAN, Thiago; BARTH, Gabriel; MOTTA, Antonio Carlos Vargas. **Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, n. 2, p. 495–505, 2014. DOI 10.1590/S0100-06832014000200014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832014000200014&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000200014&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 nov. 2022.

PAVAN, Marcos A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. **Redistribution of Exchangeable Calcium, Magnesium, and Aluminum Following Lime or Gypsum Applications to a Brazilian Oxisol**. Soil Science Society of America Journal, v. 48, n. 1, p. 33–38, 1984. DOI 10.2136/sssaj1984.03615995004800010006x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaj1984.03615995004800010006x>. Acesso em: 18 nov. 2022.

RAMPIM, Leandro; LANA, Maria do Carmo; FRANDOLOSO, Jucenei Fernando; FONTANIVA, Silvano. **Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 5, p. 1687–1698, 2011. DOI 10.1590/S0100-06832011000500023. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832011000500023&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000500023&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 18 nov. 2022.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3a edição revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00053080.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2022.

SCHMIDT FILHO, Edison; GASPAROTTO, Francielli; TANIMOTO, Sonia; RAMARI, Thais de Oliveira Iacono; ZANETTI, Maiko Andre. **Influência de diferentes doses de gesso agrícola sobre a produtividade do trigo (*Triticum sativum* L.)**. Revista da universidade vale do Rio Verde, v. 14, n. 2, p. 442–449, 2016. DOI 10.5892/ruvrd.v14i2.2700. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/2700>. Acesso em: 19 nov. 2022.

SILVA, Maria Sebastiana; NAVES, Maria Margareth V.; OLIVEIRA, Rosicler B. de; LEITE, Oneide de S. M. **Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 26, n. 3, p. 571–576, 2006. DOI 10.1590/S0101-20612006000300014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612006000300014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000300014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 17 nov. 2022.

SOARES, Guilherme Figueiras. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha**. 2016. 90 f. Mestrado – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2016. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6365>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SORATTO, Rogério Peres; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. **Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 2, p. 675–688, 2008a. DOI 10.1590/S0100-06832008000200022.

Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000200022&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000200022&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 nov. 2022.

SORATTO, Rogério Peres; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. **Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto.** *Ciência Rural*, v. 38, n. 4, p. 928–935, 2008b. DOI 10.1590/S0103-84782008000400004. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000400004&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000400004&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 nov. 2022.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de; LOBATO, Edson; REIN, Thomaz Adolpho. **Uso do gesso agrícola nos solos do cerrado.** 2. ed. Planaltina: Embrapa, 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/568533>. Acesso em: 18 nov. 2022.

VAN RAIJ, Bernardo. **Gesso na agricultura.** [S. l.]: Instituto Agronomico de Campinas, 2008. . Acesso em: 18 nov. 2022.

VITTI, Godofredo Cesar; LIMA, Elieuzza Aparecida de. **Cálcio, magnésio e enxofre.** Viçosa: Sociedade brasileira de ciências do solo, 2006. v. 1, . Disponível em: [https://scholar.google.com.br/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=pt-BR&user=ZpM\\_UHIAAAAJ&citation\\_for\\_view=ZpM\\_UHIAAAAJ:9yKSN-GCB0IC](https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=ZpM_UHIAAAAJ&citation_for_view=ZpM_UHIAAAAJ:9yKSN-GCB0IC). Acesso em: 16 ago. 2021.

ZAMBROSI, Fernando César Bachiega; ALLEONI, Luís Reynaldo Ferracciú; CAIRES, Eduardo Fávero. **Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto.** *Ciência Rural*, v. 37, n. 1, p. 110–117, 2007. DOI 10.1590/S0103-84782007000100018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782007000100018&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782007000100018&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 nov. 2022.

ZANDONÁ, Renan Ricardo; BEUTLER, Amauri Nelson; BURG, Giovane Matias; BARRETO, Caroline Farias; SCHMIDT, Marcelo Raul. **Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 45, n. 2, p. 128–137, 2015. DOI 10.1590/1983-40632015v4530301. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-40632015000200001&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632015000200001&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 19 nov. 2022.