



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ZOOTECNIA

EDUARDO LEANDRO MORAES

DOSES DE GESSO AGRÍCOLA NO SOLO E SUA CORRELAÇÃO COM A
PRODUTIVIDADE DE SOJA EM ÁREA INOCULADA OU NÃO COM
Azospirillum brasilense

Ilha Solteira - SP
Fevereiro 2022.

EDUARDO LEANDRO DE MORAES

**DOSES DE GESSO AGRÍCOLA NO SOLO E SUA CORRELAÇÃO COM A
PRODUTIVIDADE DE SOJA EM ÁREA INOCULADA OU NÃO COM
*Azospirillum brasilense***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Zootecnista.

Marcelo Andreotti
Orientador

Ilha Solteira
Fevereiro 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Moraes, Eduardo Leandro.

M827d Doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade de soja em área inoculada ou não com Azospirillum brasilense / Eduardo Leandro Moraes. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
45 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Bactérias diazotróficas. 2. Efeito residual. 3. Condicionador do solo. 4. Glycine max. 5. Gessagem.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ZOOTECNIA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade de soja em área inoculada ou não com *Azospirillum brasilense*

ALUNO: *Eduardo Leandro Moraes*

RA: 181050889

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora

Comissão Examinadora:




Prof. Dr. Marcelo Andreotti

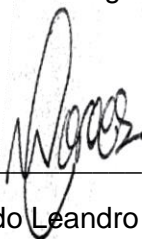
Presidente (Orientador)



Dra. Viviane Cristina Modesto



Me. Izabela Rodrigues Sanches



Eduardo Leandro Moraes

Ilha Solteira, 04 de fevereiro de 2022.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus e toda minha família.

E meus companheiros de estágio da Equipe Andreotti, que me ajudaram em momentos que mais precisei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e minha família, por sempre estarem ao meu lado me apoiando em minhas decisões e me corrigindo quando necessário.

A todos os integrantes da Equipe Andreotti, em especial meu orientador Dr. Marcelo Andreotti e a Dr^a. Viviane Modesto, pela oportunidade que me deram, pela paciência e sabedoria para lidar com as situações no decorrer do experimento, e principalmente por poder aprender tanto com duas pessoas que admiro muito como pessoa e como grandes profissionais.

RESUMO

A utilização de gesso agrícola tem se tornado cada vez mais frequente em sistemas de produção agrícola, pois agrega melhorias na fertilidade do solo, a curto prazo em camadas mais superficiais e a longo prazo em camadas mais profundas. Outra tecnologia que tem ganhado espaço nos sistemas agrícolas é a utilização de bactérias promotoras de crescimento, como *Azospirillum brasilense*, com intuito de aumentar a produtividade e reduzir custos. Portanto, o trabalho teve por objetivo avaliar o residual de doses de gesso (aplicados em novembro de 2017), segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), com 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 vezes a dosagem recomendada, em áreas inoculadas ou não por *A. brasiliense*, na cultura antecessora (aveia preta) sobre a produtividade da soja em sucessão. O experimento foi desenvolvido em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico do Cerrado, no município de Selvíria-MS, com delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial de 5x2, na safra 2020/2021 (40 meses após a gessagem), em áreas inoculadas ou não por *A. brasiliense* nas gramíneas utilizadas na rotação de culturas desde a instalação do experimento de longa duração. Foram analisados teores de macronutrientes nas folhas da soja no estágio R1, e na colheita foram avaliados os componentes da produção e produtividade da soja, e a fertilidade do solo nas camadas de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m. A inoculação de gramíneas antecessoras ao cultivo da soja, proporcionou um aumento de 16 sacas de soja por hectare em relação às áreas não inoculadas. Houve melhora nos indicadores de fertilidade do solo, mesmo após 40 meses da gessagem, com efeito positivo nos teores de S a partir de 0,10 m de profundidade, em Ca a partir de 0,20 m de profundidade, e SB e V% na camada mais profunda de 0,40-0,60 m, demonstrando o efeito condicionante do gesso no solo 40 meses após sua aplicação.

Palavras-chave: bactérias diazotróficas, efeito residual, condicionador do solo, *Glycine max*, gessagem

ABSTRACT

The use of gypsum has become increasingly frequent in agricultural production systems, as it adds improvements in soil fertility, in the short term in more superficial layers and in the long term in deeper layers. Another technology that has gained space in agricultural systems is the use of growth-promoting bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, in order to increase productivity and reduce costs. Therefore, the study aimed to evaluate the residual of gypsum doses (applied in November 2017), according to the methodology of Caires and Guimarães (2016), with 0;0,5;1,0; 1.5 and 2 times the recommended dosage, in areas inoculated or not by *A. brasiliense*, in the predecessor culture (black oat) on soybean yield in succession. The experiment was carried out in a Oxisol, in the municipality of Selvíria-MS, Brazil, with an experimental design of randomized blocks in a 5x2 factorial scheme, in the 2020/2021 harvest (40 months after plastering), in areas inoculated or not by *A. brasiliense* in grasses used in crop rotation since the installation of the long-term experiment. Macronutrient contents were analyzed in soybean leaves at the R1 stage, and at harvest the components of soybean production and productivity, and soil fertility in layers from 0 to 0.10 were evaluated; 0.10 to 0.20; 0.20 to 0.40 and 0.40 to 0.60 m. The inoculation of grasses that preceded soybean cultivation provided an increase of 16 bags of soybeans per hectare in relation to the non-inoculated areas. There was an improvement in soil fertility indicators, even after 40 months of plastering, with a positive effect on S contents from 0.10 m depth, Ca from 0.20 m depth, and SB and V% in the deepest layer of 0.40-0.60 m, demonstrating the conditioning effect of gypsum on the soil 40 months after its application.

Keywords: diazotrophic bacteria, residual effect, soil conditioner, Glycine max, Gypsum.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Temperaturas médias, umidade relativa média e precipitação durante a condução do experimento na safra 2020/2021.....	22
Figura 2	- Aplicação de gesso seguindo a metodologia de Caires e Guimarães (2016). Selvíria- MS.....	24
Figura 3	- Semeadura da soja sob palhada de aveia preta.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Recomendação de gesso agrícola (15 % de S) em função da classificação textural do solo para culturas anuais e perenes.....	16
Tabela 2	- Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m antes da aplicação do gesso (setembro de 2017), em área de sequeiro. Selvíria, 2017.....	23
Tabela 3	- Atributos químicos do solo nas camadas de 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 m antes da semeadura do milho inoculado com <i>Azospirillum brasilense</i> em consórcio com o capim Massai em área de sequeiro. Selvíria, 2018.....	25
Tabela 4	- Médias dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S da soja, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por <i>A. brasilense</i> e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.....	28
Tabela 5	- Médias para o número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (M100), população de plantas (POP) e produtividade da soja (12 % de umidade), em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por <i>A. brasilense</i> e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.....	29
Tabela 6	- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,0-0,10 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por <i>A. brasilense</i> e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.....	34
Tabela 7	- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,10-0,20 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por <i>A. brasilense</i> e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.....	35
Tabela 8	- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,20-0,40 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por <i>A. brasilense</i> e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.....	36
Tabela 9	- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,40-0,60 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por <i>A. brasilense</i> e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	IMPORTÂNCIA DO GESSO AGRÍCOLA NOS SOLOS DE CERRADO...	12
2.2	APLICAÇÃO DE GESSO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD)	13
2.3	CRITÉRIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE GESSO.....	14
2.4	<i>Azospirillum</i> NO CRESCIMENTO OU DESENVOLVIMENTC RADICULAR.....	18
2.5	IMPORTÂNCIA DA SOJA.....	19
3	OBJETIVO.....	21
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
6	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira nas últimas décadas tem passado por diversas mudanças, com inovações tecnológicas, uso de irrigação, aprimoramento de técnicas de nutrição das plantas e melhoramento genético, sendo importantes aspectos responsáveis por esse salto de desenvolvimento. Considerando este cenário, o sistema plantio direto (SPD) e a integração lavoura-pecuária (ILP), tem contribuído e muito para a sustentabilidade e aumento de produtividade da agricultura e/ou da pecuária.

Sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), tem se tornado uma alternativa para melhorar a produção, uma vez que, sistemas tradicionais têm apresentado menor eficiência, quando grande desafio do cenário agropecuário mundial, está sendo aumentar a oferta de produtos para suprir a demanda crescente da população, sem afetar o meio ambiente (ASSIS, 2019).

Os solos de Cerrado possuem baixa fertilidade, elevada capacidade de adsorção de fósforo e acidez. Assim, o gesso agrícola, é alternativa como condicionador do solo, por ser fonte de Ca e S, e com capacidade de atenuar a toxicidade por Al^{3+} (ROSSATO *et al.*, 2017). Em sistema plantio direto (SPD), e integração lavoura-pecuária (ILP), o gesso tem mostrado resultados favoráveis, dando condições para maior exploração das raízes no perfil do solo e, conseqüentemente, maior absorção dos nutrientes para as culturas e para a pastagem em sucessão (VILELA *et al.*, 2003; BORGES *et al.*, 2018).

A calagem é utilizada como forma de neutralizar H^+ e Mn e fornecer Ca e Mg. Entretanto, o Ca tem baixa mobilidade no solo, restringindo sua ação nas camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo. Portanto, a utilização do gesso se torna complementar ao uso do calcário, pois o gesso não neutraliza os íons H^+ da solução, não alterando o pH do solo. Com a aplicação de gesso, há uma maior movimentação de bases e aumento de concentração de Ca e Mg, para o subsolo (profundidade abaixo de 0,20 m) onde também ocorrem liberação de enxofre e neutralização do Al trocável (AMARAL *et al.*, 2017).

A gessagem pode ser empregada como forma de melhorar os atributos químicos do perfil do solo, e estimular o aprofundamento do sistema radicular. Uma das grandes vantagens em se ter raízes ao longo do perfil, está na eficiência de absorção de água e de alguns nutrientes que não são móveis (P) e outros que são

facilmente lixiviados, como N, além de manter as plantas menos vulneráveis a déficit hídrico (SOUZA,2019).

O crescimento e desenvolvimento radicular também pode ser estimulado pelo uso de bactérias promotoras de crescimento, em diferentes estágios do ciclo.

Bactérias da espécie *Azospirillum brasilense* são comumente empregadas na agricultura para inoculação em sementes de gramíneas. No entanto, existem evidências que há interação positiva entre as bactérias formadoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas de vida livre, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, auxiliando na fixação biológica de nitrogênio (FBN), pois potencializam a nodulação nas leguminosas e maior crescimento radicular nas culturas inoculadas (FERLINI, 2006).

Visando a redução dos custos de produção e aumento da absorção de água e nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuários (SIPAs) tem sido testado o uso de bactérias diazotróficas e/ou promotoras de crescimento vegetal como inoculantes das sementes. Neste sentido, estudos que visam a rotação de culturas, mínima movimentação do solo e produção de palhada, surgem como alternativa de baixo impacto ambiental, com maior produtividade e melhor custo-benefício.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DO GESSO AGRÍCOLA NOS SOLOS DE CERRADO

A formação do solo é resultante de transformações complexas, onde numa camada biologicamente ativa, a formação do solo envolve o intemperismo de rochas e mineiras, ciclagem de nutrientes e a produção e decomposição de biomassa (LOPES; GUILHERME, 2007), portanto, as características químicas do solo vão estar ligadas diretamente com a qualidade da sua rocha de formação e o quanto e como foi o intemperismo no tempo.

Em solos de Cerrado é notável a alta intemperização, por conta do clima característico deste bioma. Sendo suas principais características o clima tropical sazonal com duas estações bem definidas, uma chuvosa compreendida entre os meses de outubro e abril, e outra seca, entre maio e setembro. O intemperismo acentuado proporciona solos com baixos teores de nutrientes, elevada capacidade de adsorção (fixação) de fósforo e acidez intensa (COSTA et al., 2015).

Cerca de 70% da área agricultável do Cerrado, apresenta na subsuperfície, camada abaixo de 0,20 m, saturação por alumínio (m%) acima de 10%, valor este considerado prejudicial para o crescimento radicular das plantas. Além do alumínio (Al^{3+}), cerca de 86% destas áreas apresentam teores de cálcio (Ca) inferiores a 4 mmolc dm^{-3} na subsuperfície, prejudicando o desenvolvimento das raízes, o que compromete a absorção de água e nutrientes (SOUSA et al., 2005).

O gesso agrícola ou fosfogesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) é um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados, com composição predominantemente de 20% de Ca e 15% de S- SO_4 , produzidos através das rochas fosfáticas ígnea (PIENIZ, 2020). Normalmente este subproduto é utilizado como condicionador do solo, por ser considerado fonte de Ca, e com capacidade de atenuar a toxicidade do Al^{3+} . No entanto, como não é uma substância neutralizadora de ácido, o impacto no pH é mínimo (ROSSATO et al., 2017).

O gesso agrícola, apresenta grande mobilidade no perfil do solo, sendo esta cerca de 150 vezes mais eficaz que a solubilidade do calcário (calcário PRNT 100%) (PIENIZ, 2020). De acordo com Caires et al. (1999 e 2003), o movimento do gesso agrícola no perfil do solo se dá sob a influência da percolação da água, tendo como consequência aumento no suprimento de Ca e diminuição da toxidez de Al no subsolo.

O comportamento de gesso e calcário é diferente nas reações químicas que acontecem no solo. O gesso não neutraliza os íons H^+ da solução, não alterando o pH do solo como o calcário. O gesso tem como principais vantagens a capacidade de reduzir a toxicidade do Al que está associada a acidez do solo, onde em pH abaixo de 5,0 o Al se encontra na forma de Al^{3+} solúvel, que é tóxico às raízes das plantas, tendo como consequências, a redução do alongamento, engrossamento e pouca ramificação radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (CAIRES e GUIMARÃES, 2016).

A prática da gessagem também pode ser utilizada como condicionador de compostos orgânicos, correção de solos sódicos, e auxilia no aumento da CTC efetiva, mas o principal problema de solos tropicais ainda é a acidez, pois pode afetar significativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas de interesse agrônomo (PROCHNOW; CAIRES; RODRIGUES, 2016).

Tanto em sistema plantio direto (SPD), como na integração lavoura-pecuária (ILP), o uso do gesso tem mostrado resultados favoráveis, dando condições para maior exploração das raízes no perfil do solo e, conseqüentemente, maior ciclagem dos nutrientes, melhorando a eficiência de uso, pelos cultivos sucessivos.

Culturas como soja, trigo e milho em latossolos apresentaram efeitos positivos pela aplicação do gesso em conjunto ou não da calagem na maioria das culturas. Quando associada com o calcário, a aplicação de gesso proporcionou aumento na produção de grãos, com um impacto mais expressivo em anos com período de seca mais pronunciado (NORA et al., 2017). Zandoná et al. (2015) constataram incremento de produtividade de soja e de milho, de 11,3 e 9,3% respectivamente, para uma dose de $2 t ha^{-1}$ de gesso, muito em função da mitigação do déficit hídrico

2.2 APLICAÇÃO DE GESSO NO SPD

O manejo do solo adotado pelo produtor tem interferência direta no sucesso da sua produção, e as melhorias das características químicas, físicas e biológicas do solo nas camadas subsuperficiais, são fatores importantes quando se busca atingir altas produtividades das culturas, especialmente em períodos de déficit hídrico.

Em sistemas de plantio convencional, onde há maior revolvimento do solo, para atenuar a acidez, realiza-se a incorporação do calcário por meio do preparo do solo com arações e gradagens, o que resulta em alterações nas características físicas do solo, com destruição dos canais decorrentes do crescimento radicular e da atividade

biológica, diminuindo a infiltração de água e contribuindo para a formação de erosões (HERMANI et al., 1999; STONE e SILVEIRA, 1999).

Em contrapartida, no SPD, há o revolvimento do solo apenas no sulco de semeadura, portanto a aplicação do calcário é realizada na superfície sob a palhada da cultura colhida, aproveitando-se dos bioporos resultantes das rotações de culturas e atividade biológica pelo maior conteúdo de matéria orgânica no solo.

O SPD também tem mostrado algumas adversidades, como por exemplo, a presença de gradiente de fertilidade no perfil do solo (NEIS et al. 2010), com teores maiores de nutrientes nas camadas superficiais em relação às subsuperficiais (SORATTO e CRUSCIOL, 2008, NEIS et al. 2010, SCHLINDWEIN et al. 2013), o que pode interferir no aprofundamento do sistema radicular, o que é desejável para conferir maior tolerância às plantas aos déficits hídricos, comuns em condições de Cerrado.

Comparando o SPD com o sistema convencional, nota-se que os diferentes manejos podem interferir na distribuição de cátions no perfil do solo, pois no SPD ocorrem maiores teores desses cátions em superfície no curto prazo, e no sistema convencional é notado uma melhor distribuição ao longo do perfil devido ao revolvimento do solo (PAVINATO et al. 2009). Além disso, em SPD a palhada proporciona maiores teores de matéria orgânica (M.O.) na superfície do solo, que posteriormente, esta fração orgânica aumenta a capacidade de complexar cátions, inclusive o alumínio (VANCE et al., 1996) e lixiviá-los em profundidade.

A gessagem vem sendo uma alternativa para reduzir o gradiente de distribuição de nutrientes no sistema SPD, responsabilizando pela lixiviação para as camadas subsuperficiais, além de levar o alumínio tóxico em profundidade. Outra característica é o fornecimento de Ca e S, melhorando a química do solo no seu perfil (CAIRE e GUIMARÃES, 2016), assim com esses benefícios, estimula o aprofundamento das raízes de culturas em sucessão. Com esta ação das raízes, aumenta-se a eficiência de absorção de alguns nutrientes que são pouco móveis no solo, como o P, e de outros que são lixiviados facilmente, como o N (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005), além de aumentar também a resistência das plantas aos déficits hídricos.

O enxofre disponibilizado pelo gesso agrícola, sua relevância é notória, uma vez que a maioria dos solos brasileiros apresentam baixos teores. Parte do enxofre disponível provém da matéria orgânica, como por exemplo a palhada gerada pelo SPD.

Assim sendo o gesso agrícola, tem se tornado uma opção para aumentar concentração de Ca e S em profundidade, reduzindo também a toxidade por alumínio (ERNANI, RIBEIRO, BAYER, 2001). A dose a ser utilizada irá depender da finalidade de aplicação (KOST et al., 2014), do tipo de sistema de cultivo e tipo de solo.

2.3 CRITÉRIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE GESSO

Para decidir qual o critério ideal de recomendação de gesso agrícola, deve ser observado algumas características do solo, como a sua textura (% argila) (SOUSA e LOBATO, 2004) e até mesmo sua mineralogia (tipo de argila e conseqüentemente CTC), saturação por bases (V%) e CTC efetiva das camadas subsuperficiais (DEMATTE, 1986; VITTI et al., 2008), teor de matéria orgânica e da espécie vegetal cultivada (LOPES e GUILHERME, 1994). Entretanto, uma metodologia que contemple todas essas variáveis não existe na literatura.

A metodologia de SOUSA, LOBATO e REIN (2005), explica que para culturas anuais, inicialmente deve ser realizada uma diagnose do solo com amostragem nas profundidades de 0,20 a 0,40 m e de 0,40 a 0,60 m, e para as culturas perenes amostrar, também a camada de 0,60 a 0,80 m, porém segundo os autores, caso haja dificuldade na amostragem recomendada, pode-se optar a realizar a amostragem apenas na profundidade de 0,30 a 0,50 m. Após amostragem, as amostras vão para o laboratório para realização da análise química solicitando a determinação do teor de argila, sem levar em consideração sua mineralogia. Após essas etapas, com os resultados analisados, verificar a saturação por alumínio (m %), onde se estiver maior que 20 % ou os teores de Ca forem menores que $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, é recomendada a aplicação de gesso ao solo amostrado, como fonte de Ca ou corretivo de Al, porém sem levar em consideração outros benefícios desta prática.

Assim, a quantidade recomendada da dose de gesso (D.G.) a ser aplicado para as culturas anuais e perenes, vai depender apenas do teor de argila do solo, podendo então ser utilizado as seguintes fórmulas, ou com base nos dados da classificação textural do solo para as culturas anuais e perenes (Tabela 1):

- **Culturas anuais:** $D.G. \text{ (kg/ha)} = 50 \times \text{Argila (\%)}$

- **Culturas perenes:** $D.G. \text{ (kg/ha)} = 75 \times \text{Argila (\%)}$

Os autores afirmam que a recomendação de gesso pelos critérios acima citados, apresentam efeito residual, onde dependendo do solo, poderá se estender até 15 anos.

Tabela 1. Recomendação de gesso agrícola (15 % de S) em função da classificação textural do solo para culturas anuais e perenes

Textura do Solo	Dose de gesso agrícola	
	Culturas anuais	Culturas perenes
	kg ha ⁻¹	
Arenosa	700	1050
Média	1200	1800
Argilosa	2200	3300
Muito argilosa	3200	4800

Fonte: SOUSA, LOBATO E REINZ, 2005

Na literatura outra metodologia de recomendação do gesso é a de SOUSA e LOBATO (2004), baseada na amostragem do solo na camada de 0,20 a 40 m ou 0,30 a 0,50 m, com base na análise química e novamente considerando apenas o teor de argila (%) do solo, sem correção pela CTC advinda de mineralogias distintas, onde recomenda-se aplicar gesso quando a análise de solo indicar teores de Ca menores ou iguais a 0,5 cmol_c dm⁻³ e saturação por Al (m %) for maior ou igual a 20%, considerando a seguinte fórmula em função do teor de argila do solo:

$$\text{NG (kg/ha)} = 50 \times \text{argila (\%)} \text{ ou } 5 \times \text{argila (g kg}^{-1}\text{)}$$

Vitti et al. (2008), propõem que a necessidade de aplicação de gesso é determinada pela análise de solo de amostragem nas profundidades de 0,20 a 40 m e 0,40 a 0,60 m para as culturas anuais, e de 0,60 a 0,80 m para culturas perenes, sendo necessário, em função do método de recomendação, também a determinação do teor de argila. Haverá grande possibilidade de resposta ao gesso quando essas análises revelarem as seguintes características:

- Teores de Ca menores que 5 mmol_c dm⁻³, ou
- Teores de Al maiores que 5 mmol_c dm⁻³ ou m% maior que 20 %, ou
- Saturação por bases menor que 35 %

Se as análises realizadas obedecerem aos critérios acima, é recomendado aplicar o gesso agrícola de acordo com a seguinte equação de Vitti et al. (2008):

$$\text{NG (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{(V2 - V1) x CTC}}{500}$$

Onde:- NG é a necessidade de gesso (t ha⁻¹);

-V2 é a saturação por bases que se deseja atingir;

-V1 é a saturação por bases atual do solo;

-CTC, a capacidade de troca de cátions (em mmol_c dm⁻³).

Em que V1 e CTC são avaliadas na camada de 0,20 a 0,40 m ou de 0,25 a 0,50 m.

Enquanto que nas recomendações de Raij et al. (1996), sob o sistema plantio direto, não há um método de recomendação ainda definido, porém os autores consideram que 60 kg de gesso deve ser aplicado por ponto percentual de argila, para o estado de São Paulo, quando os teores de Ca forem menores ou iguais a 4 mmol_c dm⁻³, teor de alumínio (Al) maior que 5 mmol_c dm⁻³ e/ou saturação por Al (m%) for maior ou igual a 40 % e de acordo com o teor de argila (%) no solo, adotar a seguinte fórmula:

$$\text{NG (kg ha}^{-1}\text{)} = 6 \times \text{g kg}^{-1} \text{ de argila}$$

ou

$$\text{NG (kg ha}^{-1}\text{)} = 60 \times \% \text{ de argila}$$

Caires e Guimarães (2016) avaliaram metodologia para a recomendação de gesso agrícola no sul do Brasil, na camada diagnosticada de solo de 0,20 a 0,40 m, buscando elevar a saturação por Ca na CTCe (efetiva) do subsolo a 60 %, ou seja, aplicar o gesso, para o solo com saturação por Ca na CTC efetiva (CTCe) menor que 50 %. De acordo com este método, os autores recomendam aplicar a seguinte fórmula:

$$\text{NG (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{0,6 x CTCe} - \text{teor de Ca em cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)} \times 6,4$$

Quando não houver necessidade do gesso como condicionador de subsuperfície, é fundamental analisar os teores de S, principalmente na camada de 0,20 a 0,40 m, pois caso os teores sejam inferiores a 15 mg dm⁻³ de S, recomenda-se

a dose de aproximadamente 500 kg por hectare de gesso, visando os aspectos operacionais e a adubação de sistemas.

Segundo Caires (2014), a metodologia para o uso de doses de gesso agrícola para melhoria de subsolos ácidos em SPD, tomando como camada de solo diagnóstica de 0,20 a 0,40 m, é necessário realizar a gessagem segundo os critérios:

- Teor de Ca for menor ou igual a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
- Saturação por Ca na CT_E for menor que 60 %
- Teor de Al for maior ou igual que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
- Saturação por Al for maior ou igual a 20 %

Aplicando assim, as seguintes fórmulas de acordo com:

. Teor de Argila (%):

$$\text{NG (kg/ha)} = 5 \times \text{Argila (g/kg)}$$

. Saturação por Bases (V%):

$$\text{NG (t/ha)} = (50 - \text{V}\%) \times \text{CTC}/50$$

Conseqüentemente os métodos aqui apresentados utilizam apenas os teores de argila, e/ou de cálcio, e/ou saturação por alumínio em subsuperfície para recomendação de gessagem. Apenas Caires e Guimarães (2016), vislumbram a CTC como critério para calibrar a dose de gesso de acordo com a capacidade do solo em reter cátions, enquanto que a de Vitti et al. (2008), leva em consideração a saturação por bases, entretanto, pela divisão simples na fórmula pelo fator 500, sem representar a verdadeira correção pela solubilidade do gesso.

Assim, a avaliação de metodologias de recomendação de gessagem em sistemas de produção agropecuária no Cerrado, devem abordar análises de correlação no tempo e no espaço (profundidade do solo) com a produtividade agrícola, com o intuito de calibrar doses e determinar qual metodologia deve ser recomendada nestas condições.

2.4 *Azospirillum* NO CRESCIMENTO OU DESENVOLVIMENTO RADICULAR

A descoberta feita pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner, se tornou destaque mundial na década de 1970, onde as bactérias do gênero

Azospirillum, tinham a capacidade de promover a fixação biológica de nitrogênio (FBN) quando associada com gramíneas (HUNGRIA, 2011).

A espécie *Azospirillum brasilense* é comumente empregada na agricultura para inoculação em sementes de gramíneas como o milho, trigo ou para co-inoculação de sementes de leguminosas como a soja, juntamente com a bactéria *Bradyrhizobium* (REIS, 2007). Com uma interação positiva entre as bactérias formadoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas de vida livre, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, além de auxiliar na fixação biológica de nitrogênio (FBN), tem como característica promover uma maior potencialização da nodulação nas leguminosas e maior crescimento radicular nas culturas inoculadas (FERLINI, 2006).

A técnica de co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* incrementa o número e massa de nódulos em plantas de soja, em relação às não inoculadas, ou inoculadas somente com *B. japonicum*. A *Azospirillum* promove o aumento de pelos radiculares, assim aumentando o crescimento radicular, resultando na precoce formação de nódulos (GITTI, 2012; CHIBEBA et al., 2015), entretanto, a técnica de co-inoculação é nova e está sendo estudada e analisada nestes últimos anos.

Assim, devido à escassez de trabalhos na literatura sobre o uso da inoculação com bactérias diazotróficas como a *Azospirillum* em SIPAs e sobre a metodologia e dose ideal de recomendação de gessagem no Cerrado, torna-se relevante pesquisas nesta linha.

2.5 IMPORTÂNCIA DA SOJA

O Brasil possui uma grande importância no setor do agronegócio no cenário mundial, sendo o setor responsável por cerca de 30% de PIB nacional (CEPEA/CNA, 2021). A soja é carro-chefe da produção brasileira, onde R\$ 1,00 de cada R\$ 4,00 do setor é proveniente de produção do grão (CNA, 2020). No Brasil é cultivada na maior parte do território nacional, em cerca de 56% da área agricultável (CONAB, 2017).

É uma planta anual, voltada principalmente para a produção de óleo e proteína (FOGUESATTO et al., 2021). Os seus produtos e subprodutos podem ser utilizados de diversas formas, como é o caso da casca de soja, que pode ser utilizada tanto para alimentação de ruminantes, como para produção de biodiesel. São fontes comerciais

para produção de etanol, fibra dietética, microfibrilas, polissacarídeos e pectina, e com potencial para serem convertidos em forma útil de energia, como bio-óleo por processo termoquímico (SILVA et al., 2019).

A produção de soja tem se espalhado pelo território brasileiro a cada ano, onde antes era inviável a produção, hoje é um dos maiores estados produtores, como é o caso do Mato Grosso, pois solos de Cerrado eram considerados como uma fronteira distante, com difícil acesso e solos de baixa fertilidade (ZILIO, 2019).

O avanço da produção brasileira advém da adoção de tecnologias que auxiliam em uma maior sustentabilidade, produtividade e lucratividade do sistema, contribuindo também para melhorias nas características do solo (VERNETTI JUNIOR, 2013). De acordo com Taffarel et al. (2016), o cultivo da soja em Sistema integração lavoura-pecuária vem ganhando destaque, especialmente na região Sul, pois são implantadas sobre os resíduos de cereais cultivados no inverno.

3. OBJETIVO

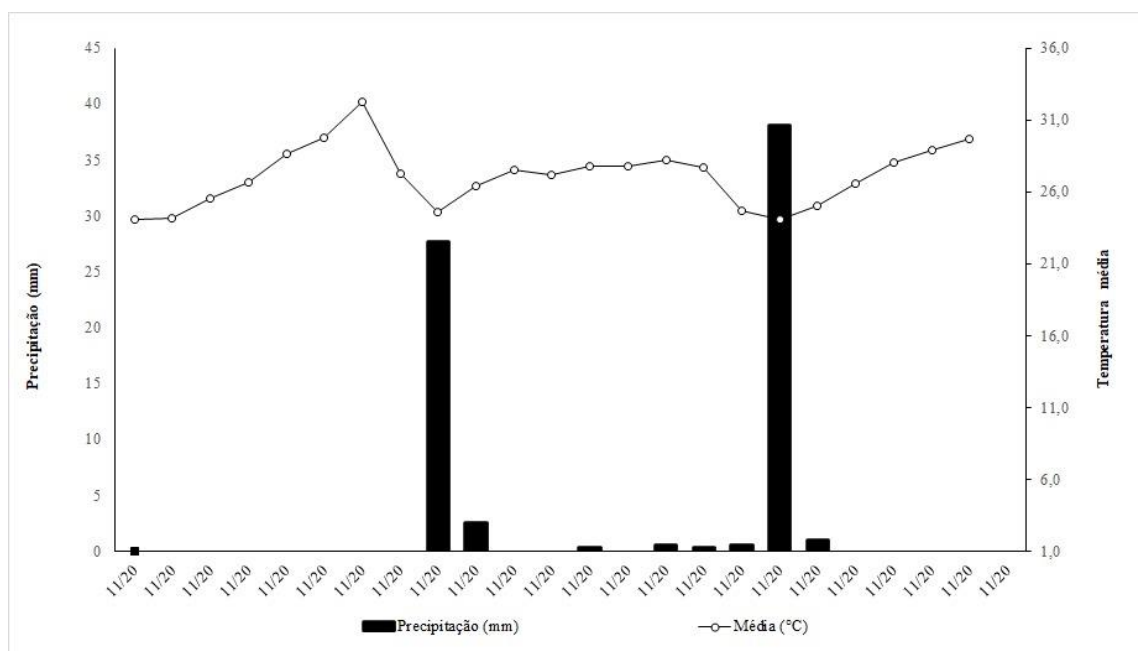
O trabalho teve por objetivo, avaliar o efeito residual da aplicação de 5 doses de gesso agrícola ao solo em 2017, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016) que se baseia na CTC do solo, em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, no Cerrado, nas quais as áreas foram inoculadas ou não por *A. brasiliense*, na cultura antecessora (aveia preta) sobre a produtividade da soja em sucessão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho faz parte de um experimento de longa duração no seu terceiro ano de instalação, desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul (20°20'05"S e 51°24'26"W, altitude de 335 m).

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Na Figura 1 mostra as condições climáticas durante o período de condução do experimento.

Figura 1- Temperaturas médias e precipitação durante a condução do experimento na safra 2020/2021.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), o solo em que foi instalado o experimento é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (520 g kg⁻¹ de argila).

A área na qual foi estabelecida a pesquisa, está sendo cultivada com culturas anuais em Sistema Plantio Direto (SPD) há 8 anos. A cultura que estava instalada quando foi coletado solo para análise inicial de fertilidade era a rebrota de capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Com o objetivo de caracterizar inicialmente a área, antes da semeadura da soja na safra 2017/2018 e para embasar o cálculo das doses

de gesso, foram efetuadas coletas em 30 pontos de cada área (RAIJ *et al.* 2001), nas profundidades de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m (Tabela 2).

O delineamento experimental é o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial de 5 x 2, sendo cinco doses de gesso baseadas na metodologia de Caires e Guimarães (2016), com ou sem as sementes das gramíneas da rotação inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense*. As doses de gesso foram: 0 (controle); 2,9 (½ dose); 5,7 (dose da metodologia padrão); 8,5 (1,5 x da dose) e 11,4 t ha⁻¹ (dobro da dose padrão). Sendo cada unidade experimental (parcela) constituída por 9 m de largura e 6,3 m de comprimento, perfazendo 56,7 m².

Conforme os resultados e a necessidade, foi efetuada a gessagem segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016) para uso de gesso em SPD, com a camada diagnóstica de solo de 0,20 a 0,40 m. O gesso agrícola foi distribuído em cada tratamento em 06/11/2017, a lanço na superfície do solo e sem incorporação, com a cultura da soja semeada posteriormente em 09/11/2017, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e população de 350 mil plantas ha⁻¹, utilizando como adubação de semeadura 240 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16.

Tabela 2. Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m antes da aplicação do gesso (setembro de 2017), em área de sequeiro. Selvíria, 2017.

Camada	P resina	MO	pH	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
m	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³	-----mmolc.dm ⁻³ -----						---%---		
0 – 0,20	37	27	4,6	7	2,5	29	19	42	2	50,5	92,5	55	4
0,20 - 0,40	17	20	4,6	4	0,8	18	12	34	2	30,8	64,8	48	6

Figura 2- Aplicação de gesso seguindo a metodologia de Caires e Guimarães (2016). Selvíria- MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor

Após a colheita da soja (março de 2018), na safrinha (março a junho de 2018) foi utilizado o consórcio de sementes de sorgo granífero cv. Ranchero com capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (VC de 60 %) com as sementes do sorgo inoculado ou não com a bactéria *Azospirillum brasilense* (150 mL/20 kg de sementes (estirpes AbV5 e AbV6 - 9×10^8 UFC/mL)), mantendo o mesmo delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, zero (0), 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a dose de gesso baseada na metodologia de Caires e Guimarães (2016), em áreas com ou sem a inoculação por *A. brasilense* das gramíneas.

Após colheita do sorgo em consórcio, o capim Paiaguás foi deixado em livre crescimento até setembro de 2018, quando foi dessecado para formação de palhada e cultivo do milho em consórcio com o capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (dezembro de 2018 a março de 2019), sendo novamente implantado sobre as mesmas parcelas experimentais, com ou sem inoculação das sementes de milho (100 mL/20 kg de sementes (estirpes AbV5 e AbV6 - 9×10^8 UFC/mL)) Para a implantação do milho em consórcio com o capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (dezembro de 2018 a março de 2019), foi efetuada uma coleta de solo em novembro de 2018, nas camadas de 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 m, com a intenção de determinar as

características químicas do solo e dar embasamento para a adubação do milho (Tabela 3).

Tabela 3. Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 m antes do cultivo do milho inoculado com *Azospirillum brasilense* em consórcio com o capim Paiaguás em área de sequeiro. Selvíria, 2018.

Camada (m)	P-resina mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	S mg dm ⁻³	K -----mmolc dm ⁻³	Ca	Mg	H+Al dm ⁻³	Al	SB	CTC	V -----%-----	m
0,0-0,20	17,6	19,6	4,7	32,9	1,0	18,9	9,4	40,7	2,9	31,9	70	41,7	10
0,20-0,40	9,7	17,5	4,8	50,2	0,9	16,9	9,5	35,6	2,1	27,3	62,9	43,0	8,1
0,40-0,60	7,7	16,6	5,0	65,5	0,8	14,8	9,2	32,3	1,5	24,8	57,1	43,2	6,6

Após dessecação do capim Paiaguás (maio de 2019), em junho de 2019 foi semeada a aveia preta (EMBRAPA 29) no mesmo delineamento dos cultivos antecessores, e novamente em área com ou sem a inoculação das sementes por *A. brasilense* (100 mL/25 kg de sementes (estirpes AbV5 e AbV6 - 9x10⁸ UFC/mL). Em setembro de 2019 foram colhidos os grãos da aveia para uso como sementes comerciais.

Sobre a palhada da aveia preta foi efetuada a semeadura da soja (novembro de 2019 a março de 2020), com utilização da a cultivar TMG 7063 IPRO2, em espaçamento de 0,45 m e população almejada de 300 mil plantas ha⁻¹. Novamente, em maio de 2020 deu-se continuação à sucessão aveia preta – soja, em que a semeadura da aveia preta (EMBRAPA 29) ocorreu em maio de 2020, dessecação em agosto de 2020 e semeadura da soja cultivar TMG 7063 IPRO2, em espaçamento de 0,45 m e população almejada de 300 mil plantas ha⁻¹ em novembro de 2020. Em todos os cultivos respeitou-se o mesmo delineamento, mantendo as parcelas nas mesmas posições conforme o delineamento inicial, tanto para avaliação do residual da gessagem, quanto ao histórico de inoculação ou não das gramíneas com *A. brasilense*.

A semeadura da soja objeto deste estudo, subsequente à aveia preta foi realizada no dia 04/11/2020, obedecendo o espaçamento de 0,45 m nas entrelinhas e 14,7 sementes por metro. A cultivar escolhida foi a TMG 7063 IPRO2, caracterizada por ser superprecoce em regiões do Cerrado, com alto potencial produtivo e alto peso

de grãos. A adubação de semeadura foi realizada com 414 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-20. A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* (estirpe SEMIA 5079 com 5x10⁹ UFC/g, na dose de 100 g para 40 kg de sementes, na formulação turfosa), foi realizada momentos antes da semeadura.

Figura 3- Semeadura da soja sob palhada de aveia preta.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No dia 26/11/2020 foi realizada uma pulverização com herbicida haloxifope p-metílico, (300 mL p.c. ha⁻¹), sendo realizada uma segunda aplicação em 28/11/2020, com inseticidas metomil (500 mL p. c. ha⁻¹) e triflumurom (100 mL p. c. ha⁻¹). No dia 12/01/2021 foi realizada a aplicação dos inseticidas tiametoxam e lambda-cialotrina (200 mL p. c. ha⁻¹) e Beta- ciflutrina (60 mL p. c. ha⁻¹), sendo necessária uma última aplicação dos inseticidas tiametoxam e lambda-cialotrina, (200 mL p. c. ha⁻¹) em 22/01/2021.

Quando a soja estava no estágio R1 (florescimento), para avaliação do estado nutricional, foram coletados os terceiros trifólios com pecíolo em 20 plantas de cada parcela, os quais foram secos, moídos para determinação dos teores de macronutrientes conforme Malavolta et al. (1997).

A colheita do experimento foi realizada em 24/02/2021, momento em que foram coletadas 10 plantas por parcela para determinação do número de vagens por planta,

número de grãos por planta e massa de 100 grãos (12% de umidade – base úmida). Além disso, realizou-se a contagem do número de plantas em 6 metros lineares para determinação da população final, a qual foi extrapolada por hectare. Para determinação dos componentes morfológicos foram mensuradas a altura das plantas e a altura de inserção da primeira vagem nas mesmas 10 plantas coletadas para determinação dos componentes da produção.

Para determinação da produtividade de grãos, as plantas da área útil de cada parcela (3 linhas de 3 m de comprimento) foram arrancadas e deixadas para secagem. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilha mecânica, pesando-se os grãos de cada parcela, e os dados foram transformados em kg ha⁻¹ (12 % base úmida).

Ao final do experimento (março de 2021), foram realizadas coletas de solo por parcela (10 amostras simples) para análises químicas conforme Raij et al. (2001) (fertilidade do solo) nas camadas de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, assim avaliando o efeito residual da gessagem aos 40 meses após aplicação do gesso.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). O efeito da inoculação ou não foi avaliado por teste “t” e para doses de gesso utilizou-se análise de regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação por *A. brasiliense* nas sementes da cultura antecessora, resultou em aumento no teor foliar de fósforo na soja (Tabela 4), fato este importante, onde a ação da bactéria na promoção do crescimento radicular (HUNGRIA, 2011) incrementa a exploração do solo e permite maior absorção de elementos pouco móveis no solo, como no caso do P.

Tabela 4 - Médias dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S da soja, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasiliense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS, 2020.

TRAT	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹						
Inoculação						
sem	45,7	2,7 b	22,4	7,9	3,7	1,6
com	45,5	3,6 a	24,9	8,0	3,8	1,6
Doses de gesso						
0	46,3	3,4	25,0	7,9	3,8	1,6
0,5	45,6	3,2	26,7	8,6	4,2	1,5
1	46,0	3,1	22,2	7,5	3,6	1,7
1,5	44,1	2,9	22,4	7,6	3,5	1,4
2	46,0	3,3	21,9	8,5	3,7	1,7
CV	7,1	12,8	22,7	17,8	19,2	14,3

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de "t" a 5% de probabilidade.

Para os demais nutrientes não houve diferença significativa nos teores foliares, perante a presença ou não da inoculação das gramíneas antecessoras. De acordo com Ambrosano *et al.* (1997), os teores de macronutrientes aqui obtidos estão dentro dos limites adequados para a cultura da soja, com exceção do S que ficou pouco abaixo, podendo ser explicado pela ação condicionante do gesso, que após 40 meses da gessagem determinou maiores teores do nutriente em camadas mais profundas do solo.

As doses residuais de gesso não apresentaram ajustes significativos para os teores foliares de macronutrientes na soja (Tabela 4), 40 meses após sua aplicação.

Gelain et al. (2011), assim como, no presente trabalho, não constataram influência da aplicação de gesso nos teores foliares de nitrogênio e fósforo na soja.

Quando avaliados os componentes de produção e produtividade da soja (Tabela 5), verifica-se que para número de vagens por planta e de grãos por planta, não houve diferença entre os tratamentos. Entretanto, nas áreas onde as gramíneas antecessoras foram inoculadas com *A. brasilense*, houve incremento significativo da população de plantas, da massa de 100 grãos e da produtividade de grãos, demonstrando que o efeito de promotor de crescimento radicular da bactéria, pode ter aumentado o volume radicular, exploração do solo, que determinou em condições de sequeiro, menor mortalidade de plantas (maior estande), maior absorção de água e nutrientes que determinou a maior massa de grãos.

Tabela 5 - Médias para o número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (M100), população de plantas (POP) e produtividade da soja (12 % de umidade), em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

TRAT	NVP	NGP	M100 g	POP (plantas ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Inoculação					
sem	38	98	16 b	329074 b	4765 b
com	43	107	17 a	397778 a	5734 a
Doses de gesso					
0	40	99	17	356944	5170
0,5	47	124	17	360648	5401
1	38	92	16	381018	5302
1,5	39	96	17	359722	5113
2	37	94	17	358796	5260
CV	25	28	6	11	10

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de "t" a 5% de probabilidade.

O somatório destes componentes atrelados ao resultado, mesmo não havendo significância quanto ao número de vagens e grãos por planta, foram determinantes no incremento da produtividade de grãos de soja.

Existe interação positiva entre as bactérias formadoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas de vida livre, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, que além de auxiliar na fixação biológica de nitrogênio (FBN), tem como característica promover uma maior potencialização da nodulação nas leguminosas e maior crescimento radicular nas culturas inoculadas (FERLINI, 2006).

Assim, a técnica inoculação da gramínea antecessora por *Azospirillum brasiliense* e uma leguminosa seguinte por *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* incrementa o número e massa de nódulos em plantas de soja, em relação às não inoculadas, ou inoculadas somente com *B. japonicum*. Além disso, a *A. brasiliense* promove o aumento de pelos radiculares, assim aumentando o crescimento radicular, resultando na precoce formação de nódulos (GITTI, 2012; CHIBEBA et al., 2015), entretanto, esta técnica requer maiores estudos se realizada diretamente nas sementes de soja com as duas bactérias ou uma delas nas sementes e outra no solo, como aqui realizado pelo histórico da área.

Cristovam (2021) e Okon e Lanbandera–González (1994), também observaram um incremento em produtividade nas parcelas as quais foram inoculadas as gramíneas antecessoras à cultura da soja. Estes mesmo autores, Okon e Lanbandera–González (1994), avaliaram durante 20 anos experimentos de *A. brasiliense*, em condições edafoclimáticas diferentes, e mesmo assim essas bactérias foram capazes de incrementar a produtividade das culturas.

A diferença de produtividade nas parcelas inoculadas foi de 969 kg ha⁻¹ em relação às não inoculadas. Convertendo para sacas, é de 16,15 sacas de soja, assim, o aumento de lucro por hectare seria de R\$ 2.422,50 nos preços praticados na safra 2020/21 (16,15 sacos x R\$150,00 por saca).

Ao se avaliar o efeito residual das doses de gesso aplicadas em 2017, não foi encontrado efeito sobre os componentes de produção e produtividade da soja (Tabela 5), similar ao verificado por diversos autores que também não encontraram incremento na produtividade de soja, com a aplicação do gesso agrícola (CAIRES et al., 1999 e 2003; GELAIN et al., 2011; NOGUEIRA e MELO, 2003; MASCHIETTO, 2009),

atribuindo a esse efeito a adequada fertilidade do solo na camada superficial do solo e condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da soja.

Nogueira e Melo (2003) atribuíram a ausência de resposta da soja a aplicação de gesso à quantidade de S proveniente da mineralização da matéria orgânica, sendo este suficiente para suprir as necessidades da cultura. Caires et al. (2008) justificam a falta de resposta da soja à gessagem pelo fato do crescimento radicular não ter sido influenciado pelo baixo teor de alumínio do solo, na ausência de déficit hídrico. Contudo, Zandoná et al. (2015) constataram que com a aplicação do gesso agrícola, a produtividade da soja apresentou incremento de 11,4% com associação do calcário e 11,3% sem ele. Enquanto Freitas et al. (2016), constataram aumento na M100 com o uso do gesso agrícola na cultura da soja.

Após a colheita da soja foi feita a amostragem de solo, para caracterização da fertilidade nas profundidades 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m (Tabelas 6, 7, 8 e 9).

A inoculação por *A. brasiliense* nas gramíneas antecessoras à soja apresentou resultados significativos para M.O., K e enxofre (Tabela 6). Por conta da menor produção de plantas nas parcelas não inoculadas, houve uma menor exportação de nutrientes, com isso maiores teores de M.O., K e S. Nesta camada mais superficial o efeito residual do gesso não foi significativo após 40 meses de sua aplicação, resultado este comum pelo processo de mobilidade descendente deste insumo no solo. Segundo Kluthcouski, Stone e Aidar (2003), os maiores valores de MO proporcionam ações positivas no solo como atividade de microrganismos, complexação de espécies tóxicas de alumínio e manganês, aumento da CTC, resultando em um aumento de armazenamento de nutrientes no solo, entre outros benefícios, resultado este aqui não significativo na camada superficial do solo.

Nas camadas abaixo de 0,10 m (Tabelas 7,8 e 9) houve efeito da inoculação por *A. brasiliense* nas gramíneas antecessoras, contribuindo para melhoria de alguns atributos químicos do solo como pH, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, S, V% e m%. Este efeito da inoculação promove o crescimento radicular das culturas da rotação, favorecendo a busca por nutrientes em profundidade, melhorando o desenvolvimento e maior resistência das plantas ao estresse hídrico.

De acordo com Cristovam (2021), no ano anterior (aveia preta e soja na safra 2019/2020), a mesma área de estudo apresentou menores teores de Alumínio e H+Al, em todas as profundidades, onde houve inoculação, e neste experimento os

respectivos teores apresentam a mesma tendência nas camadas abaixo de 0,10 m de profundidade. Esses benefícios proporcionados nos atributos químicos do solo são interessantes para favorecer a implantação de culturas sucessoras.

O aumento do pH pode favorecer a disponibilidade de macronutrientes, os quais são essenciais para as plantas. O Ca pode influenciar na resistência e estrutura da parede celular (TAIZ e ZIEGER, 2009), enquanto que o Mg participa da ativação de diversas enzimas, além de ser constituinte da clorofila (MELO, 2020). Além disso, menores teores de Al representam menor toxidez no solo, uma vez que altos teores de alumínio limitam o crescimento vegetal, sendo um entrave comum para a produção agrícola (SOUSA JUNIOR, 2020).

Em relação ao enxofre, nota-se que nas camadas sem inoculação os teores são maiores, mesmo que em profundidade, podendo ser explicado pela menor exportação, uma vez que as parcelas com *A. brasilense* apresentam maior produtividade de plantas, e conseqüentemente maior exportação de nutrientes. Outro efeito é o aumento do teor de enxofre conforme a maior profundidade, assim como encontrado por Soratto e Crusciol (2008) no estudo da aplicação de gesso agrícola em experimentos de longa duração.

Na camada 0,20 a 0,40 m (Tabela 8), a CTC apresentou resultado significativo, com valores superiores em áreas inoculadas. Também Zandoná et al. (2015), verificaram aumento da capacidade de troca catiônica, entretanto na camada mais superficial do solo (0,00-0,10 m), e atribuíram tal resultado às análises realizadas no mesmo ano da aplicação do gesso e calcário, diferentemente do que foi realizado nesta pesquisa, com efeito residual do gesso de 40 meses após sua aplicação.

O efeito residual da gessagem foi significativo para os teores de enxofre, com ajuste linear positivo nas camadas 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, indicando o condicionamento do gesso em profundidade, uma vez que este possui enxofre na sua composição. O mesmo efeito foi notado para o Ca, que também apresentou aumento linear do teor no solo nas camadas 0,20-0,40 e 0,40-0,60m, conforme o aumento das doses de gesso. Assim, uma vez que há nutrientes em profundidade, as raízes, principalmente com o efeito da inoculação, buscam água e nutrientes em profundidade.

Diante do exposto, é notório que a prática da gessagem também pode ser utilizada como condicionador de compostos orgânicos, correção de solos e auxílio no aumento da CTC efetiva, com efeito marcante na redução dos teores de alumínio

tóxico, que pode afetar significativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas de interesse agrônômico (PROCHNOW; CAIRES; RODRIGUES, 2016).

Tanto em sistema plantio direto (SPD), como na integração lavoura-pecuária (ILP), o uso do gesso tem mostrado resultados favoráveis, dando condições para maior exploração das raízes no perfil do solo e, conseqüentemente, maior ciclagem dos nutrientes, melhorando a eficiência de uso, pelos cultivos sucessivos. Nora et al. (2014) e Zandoná et al. (2015) observaram que com a aplicação do gesso, houve aumento dos teores de Ca e Mg nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, assim obtiveram redução nos teores de alumínio na camada 0,20-0,40 m. No presente trabalho foi possível visualizar o mesmo comportamento do Al, entretanto não foi constatado quanto à análise estatística.

Maschietto (2009), analisou os atributos químicos do solo, em um experimento de longa duração, no qual foram aplicadas doses de gesso agrícola e avaliado em 4 profundidades (0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60), em três períodos diferentes, após 9, 18 e 30 meses. O autor encontrou um comportamento de aumento de teores de Ca, sendo estes maiores na camada 0,0-0,10 m nos primeiros 9 meses, e após 30 meses os maiores teores foram nas camadas mais profundas (0,40-0,60 m), similar aos resultados aqui obtidos em solo argiloso após 40 meses da aplicação do gesso, com efeito linear na camada de 0,40-0,60 m (Tabela 9), inclusive para SB e V%, em virtude do aumento dos teores de Ca.

Tabela 6- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,0-0,10 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,00-0,10m													
TRAT	P resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S-SO ₄	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	-----%-----	
Inoculação													
sem	40,4	30,6a	5,1	3,7a	32,9	18,7	38,6	0,9	55,3	10,3a	93,8	56,6	5,0
com	33,4	25,9b	5,3	2,4b	40,3	22,2	35,0	1,7	64,8	7,2b	99,8	61,8	2,2
Doses de gesso													
0	45,5	27,3	5,3	2,9	44,3	24,3	36,4	2,0	71,4	8,8	107,8	61,4	6,1
0,5	31,3	31,5	5,4	3,3	35,9	22,6	34,3	0,6	61,8	7,0	96,1	63,4	1,5
1	40,9	27,8	5,1	2,3	37,1	19,4	37,3	1,1	58,8	8,9	96,0	58,0	3,0
1,5	38,4	26,1	4,9	2,8	28,0	15,4	43,1	1,8	46,2	9,8	89,3	51,0	5,1
2	28,3	28,6	5,3	3,9	37,6	20,6	32,9	0,8	62,1	9,4	95,0	62,1	2,0
CV	27,3	16,8	10,5	32,4	26,1	27	35,4	169,4	24,9	28,6	21,8	29,8	24,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de "t" a 5% de probabilidade.

Tabela 7- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,10-0,20 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,10-0,20m													
TRAT	P resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S-SO4	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	-----%-----	
Inoculação													
sem	32,3	21,5	4,5b	2,0	15,9b	7,9b	48,3a	4,6a	25,9b	18,3a	74,2	34,9b	15,8a
com	24,6	21,0	5,1a	1,7	27,4a	14,2a	36,4b	1,0b	43,3a	7,6b	79,7	53,4a	2,8b
Doses de gesso													
0	32,1	22,8	4,8	2,0	22,5	13,6	41,8	5,4	38,1	12,6 ⁽¹⁾	79,8	46,9	16,1
0,5	20,5	21,4	4,9	1,9	20,6	12,0	40,6	1,4	34,5	7,1	75,1	45,9	4,5
1	38,9	20,3	4,8	1,6	21,5	9,8	43,3	2,0	32,9	11,0	76,1	43,3	6,6
1,5	24,0	19,9	4,7	1,7	17,4	7,8	44,9	3,0	26,9	16,9	71,7	37,8	11,3
2	26,6	22,0	5,0	2,3	26,4	12,0	41,3	2,4	40,7	17,1	81,9	47,1	8,2
CV	33,2	14,4	7	33,9	32,9	35,7	20,6	45,8	31,1	48,4	12,1	23,9	78,4

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de "t" a 5% de probabilidade. ¹ $y=9,47+1,34x$ ($R^2= 58,70\%$).

Tabela 8- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,20-0,40 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,20-0,40m													
TRAT	P resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S-SO4	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	-----%-----	
Inoculação													
sem	10,9	16,5	4,8b	1,3	14,8b	7,0b	36,9a	1,7a	23,1b	40,8a	60,0b	38,7b	7,9a
com	9,4	15,9	5,2 ^a	1,1	21,4a	10,5a	31,4b	0,4b	33,0a	18,2b	64,3a	50,7a	1,4b
Doses de gesso													
0	9,1	15,6	5,0	1,4	14,8 ⁽²⁾	8,1	33,9	1,4	26,7	28,5 ⁽³⁾	58,2	41,9	6,0
0,5	8,8	16,3	5,1	1,1	18,5	9,9	33,3	1,0	27,2	24,1	62,8	46,0	4,6
1	12,1	16,5	4,9	1,2	17,9	9,0	37,0	1,1	27,7	24,9	65,0	42,8	4,9
1,5	9,4	16,5	5,2	1,2	16,6	8,9	33,4	0,6	28,8	33,4	63,1	46,9	2,8
2	11,4	16,1	5,1	1,2	19,9	7,6	33,1	1,1	29,8	36,5	61,9	45,9	4,9
CV	22,9	11,2	6,8	26,9	26,8	31,2	17,8	78,9	25,9	58,6	10,2	20,6	82,1

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de "t" a 5% de probabilidade. ² $y=16,3+0,706x$ ($R^2= 68,40\%$); ³ $y=24,6+1,86x$ ($R^2=69,80$).

Tabela 9- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,40-0,60 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 40 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,40-0,60m													
TRAT	P resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S-SO4	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	-----%-----	
Inoculação													
sem	7,7	15,4	5,0b	1,1	13,9b	6,9b	32,2a	1,5a	21,9b	52,8a	54,1	40,6b	6,6b
com	5,7	14,3	5,3a	1,0	18,5a	9,3a	27,1b	0,0b	28,7a	29,2b	55,8	51,0a	0,0a
Doses de gesso													
0	6,4	14,6	5,1	1,2	13,5 ⁽⁴⁾	7,9	29,9	1,0	22,6 ⁽⁵⁾	41,1	52,4	43,1 ⁽⁶⁾	4,8
0,5	5,5	14,4	5,2	0,9	15,3	8,3	28,0	0,5	24,4	40,9	52,4	46,0	2,7
1	8,5	15,4	5,0	1,0	16,4	8,5	31,5	0,8	25,9	37,1	57,4	45,0	3,0
1,5	6,1	15,1	5,2	1,1	17,8	8,3	29,8	0,9	27,1	41,4	56,8	47,3	3,9
2	6,8	14,6	5,2	1,0	18,1	7,4	29,1	0,5	26,5	44,5	55,6	47,5	2,2
CV	26,8	12,3	4,6	29,9	22,6	26,5	12,2	109,6	20,9	44,2	10,6	14	113,1

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de "t" a 5% de probabilidade. ⁴y= 14,28+0,739x (R²= 88,46%); ⁵y=23,60+0,636x (R²= 71,00%); ⁶y=44,1+0,643x (R²= 74,90%).

6. CONCLUSÃO

A inoculação de gramíneas antecessoras ao cultivo da soja, proporcionou incremento de 16 sacas de soja por hectare, bem como melhoria nos atributos químicos do solo.

Após 40 meses da gessagem, houve efeito positivo para os teores de S a partir de 0,10 m de profundidade, em Ca a partir de 0,20 m de profundidade, e SB e V% na camada de 0,40-0,60 m, demonstrando o efeito condicionante do gesso no solo.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L.A.; ASCARI, J.P.; DUARTE, W.M.; MENDES, I.R.N.; SANTOS, E.S.; JULIO, O.L.L. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas do solo. **Revista Agrarian**, v.10, n.35, p. 31-41, Dourados, 2017

ASSIS, L.F.A. **Produtividade da soja sob a biomassa de forrageiras em sistema de integração lavoura pecuária e do milho**. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Verde, 2019.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999

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**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORREA, J.C.L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008.

CAIRES E.F.; GUIMARÃES A.M. Recomendação de gesso para solos sob plantio direto da região sul do Brasil. In: **Anais do Fertbio 2016**; outubro 2016; Goiânia. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; p. 486, 2016.

CEPEA; CNA. **PIB do agronegócio: Pib do agronegócio avança no trimestre e acumula alta de 9,81% no primeiro semestre de 2021. PIB DO AGRONEGÓCIO AVANÇA NO TRIMESTRE E ACUMULA ALTA DE 9,81% NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2021.** 2021. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_1semestre_21\(2\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_CNA_1semestre_21(2).pdf). Acesso em: 15 nov. 2021.

CHIBEBA A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with Bradyrhizobium and Azospirillum promotes early nodulation. **American Journal of Plant Science**, v. 6, p. 1641-1649, 2015

CNA. **Panorama do Agro. 2020.** Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 6 - Safra 2018/19** - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-126, setembro 2019.

CRISTOVAM, M.E.P. **Doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da aveia preta inoculada ou não com Azospirillum brasilense, e da soja em sucessão**. 2021. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia

Agronômica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2021.

DEMATTÊ, J.L.I. Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégia de manejo. In: Semana agroindustrial, 5, SEMANA “LUIZ DE QUEIROZ”, 29, 1986, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1986. (Mimeografado.)

DUARTE, P.M.; SANTANA, V.T.P.; DALMAS, A.D.; BARIVIERA, I.E. Integração Lavoura-Pecuária (ILP): uma Revisão Literária. **Uniciências**, v. 22, n. 2, p. 106-109, 2018.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. **Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola**. Scientia Agricola, Piracicaba, v.58, n.4, p.825-831, out./dez. 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOGUESATTO, M.V.U.; CARVALHO, I.R.; HUTRA, D.J.; LORO, M.V.; MOURA, N.B.; BUBANS, V.E. Associações das características de importância agronômica em linhagens de soja. **XXVIII Seminário de Iniciação Científica Salão do conhecimento**. Outubro, 2021.

FREITAS, L. A.; MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, D. S.; SOUZA, F.H. Efeito dos sistemas conservacionistas do solo e residual do gesso sobre a cultura da soja. **Nativa**, Sinop, v.4, n.6, p.375-379, 2016.

GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E.J.; MERCANTE, F.M.; FORTES, D.G.; SOUZA, F.R.; ROSA, Y.B.C.J. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 259-269, mar./abr., 2011

GHYSELINCK, J.; VELIVELLI, S.L.S.; HEYLEN, K.; O'HERLIHY, E.; FRANCO, J.; ROJAS, M.; DE VOS, P.; PRESTWICH, B.D. Bioprospecting in potato fields in the Central Andean Highlands: screening of rhizobacteria for plant growth-promoting properties. **Systematic and Applied Microbiology**, v.36, n.2, p. 116-127, 2013.

GITTI, D.C.; ARF, O.; KANEKO, F.H.; RODRIGUES, R.A.F. BUZETTI, S.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Agrarian**, Dourados, v.5, p.36-46, 2012.

HERMANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa soja, 2011. 38 p. (Documentos, 325).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura- Pecuária**. Santo Antonio de Goiás/ Embrapa Arroz e Feijão: Embrapa, 570 p. 2003.

MARTINS, A. M. D. **Inoculação e co-inoculação com *Bradyrhizobium e Azospirillum* na cultura da soja em áreas inoculadas ou não *Azospirillum brasilense***. 2020. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agronômica,

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2020.

KOST, D.; CHEN, L.; GUO, X.; TIAN, Y., LADWIG, K.; DICK, W.A. Effects of flue gas desulfurization and mined gypsums on soil properties and on hay and corn growth in eastern Ohio. **Journal of environmental quality**, v. 43, n. 1, p. 312-321, 2014.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p

MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

NEIS, L.; BARBOSA PAULINO, H.; DAMACENA DE SOUZA, E.; FIALHO DOS REIS, E.; ARAÚJO PINTO. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, 2010.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e a atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 655-663, 2003.

NORA, D.D.; AMADO, T.J.C.; BORTOLOTTI, R.P.; FERREIRA, A.O.; KELLER, C.; KUNZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 26, n. 1, p. 1 - 10, Jan./Mar. 2014.

NORA, D.D.; AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R. da S.; GRUHN, E.M. Cultivares modernos de milho, trigo e soja de alto rendimento em resposta à aplicação de gesso e cal em latossolo plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.41, Viçosa, 2017.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZÁLEZ, C. A. Agronomic applications of Azospirillum: An evaluation of 20 years of worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, p. 1591 –1601, 1994.

PAVINATO, P.S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1031-1040, 2009.

PIENIZ, C.A. **Gesso agrícola: benefícios e critérios de recomendação**. 28 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Faculdade da Amazônia, Vilhena, 2020.

PINTER, I.F.; SALOMON, M.V.; BERLI, F.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. Characterization of the As (III) tolerance conferred by plant growth promoting rhizobacteria to in vitro-grown grapevine. **Applied Soil Ecology**, v.109, p.60-68, 2017.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 675-684, 1998.

PROCHNOW, L., CAIRES, E., RODRIGUES, C. Phosphogypsum Use to Reduce Subsoil Acidity: The Brazilian Experience. **Better Crops with Plant Food**, v.100, n.2, p.13–15, 2016.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agronômico, Campinas, p. 284, 2001. (Boletim técnico, 100).

REIS, V.M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica. p. 22, 2007. (Documentos, 232).

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 797-805, 2000.

ROSSATO, O.B.; FOLTRAN, R.; CRUSCIOL, C.A.C.; MARTELLO, J.M.; Rossetto, R.; MCCRAY, J.M. Soil fertility, ratoon sugarcane yield, and post-harvest residues as affected by surface application of lime and gypsum in southeastern Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 2, 2017.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBREAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 354 p.

SCHLINDWEIN, J.A.; BORTOLON, L.; FIORELI-PEREIRA, E.C.; BORTOLON, E. S. O.; GIANELLO, C. Phosphorus and potassium fertilization in no till southern Brazilian soils. **Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 4, n. 12, p. 39-49, 2013.

SILVA, F.M.; PEDROZA, M.M.; OLIVEIRA, L. R. A.; COLEN, A.G.N.; AMARAL, P.H.B. Rotas tecnológicas empregadas no aproveitamento de resíduos da indústria da soja. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.1, p.326- 363, 2019.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. 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**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008.

SOUSA, D.D.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados, Planaltina, Informação Tecnológica. 2. ed. p. 416, 2004.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso do gesso agrícola nos solos do cerrado. **Embrapa Cerrados**. Planaltina, Circular Técnica, 32. (INFOTEC/AE), 2005.

STONE, L.F.; DA SILVEIRA, P.M.; Efeito do sistema de preparo na compactação do solo disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

TAFFAREL, L. E., OLIVEIRA, P.S.R., PIANO, J.T., COSTA, P.F., CASTAGNARA, D.D., NERES, M.A. Residual straw soybean yield in succession to oat, wheat and

triticale grown in croplivestock integration system. **Revista Científica**, v.44, n.1, p.40-48, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TIWARI, S.; PRASAD, V.; LATA, C. Bacillus: plant growth promoting bacteria for sustainable agriculture and environment. In: GUPTA, V. K. (Ed.). **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering**. Amsterdam, Elsevier, 2019. p.43-55.

VANCE, G.F.; STEVENSON, F.J.; SIKORA, F.J. Environmental chemistry of aluminum-organic complexes. In: SPOSITO, G. (Ed.). **The environmental chemistry of aluminum**. 2.ed. Flórida: Lewis Publishers, p.169-220, 1996.

VERNETTI JUNIOR, F.J. **Considerações sobre implantação de lavouras de soja: A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre o genótipo da planta e o ambiente de produção**. Embrapa Clima Temperado, Portal do agronegócio. 2013.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C.G.E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008.

ZANDONÁ, R.R. et al. 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.

ZILIO, I.D.A.V. **Sistema de integração lavoura-pecuária – Soja e Pecuária Bovina, Viabilização da Produção e Formas de Comercialização**. 2019. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Contábeis, Departamento de Ciências Contábeis, Universidade Federal de Mato Grosso -Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Cuiabá, 2019.