



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**MARIA EDUARDA PAFETTI CRISTOVAM**

**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.**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Ilha Solteira

2021

MARIA EDUARDA PAFETTI CRISTOVAM

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.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia do  
Campus de Ilha Solteira - UNESP como  
parte dos requisitos para obtenção do grau  
de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Ilha Solteira

2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C933d Cristovam, Maria Eduarda Pafetti.  
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" / Maria Eduarda Pafetti Cristovam. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021  
53 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -  
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: Marcelo Andreotti  
Inclui bibliografia

1. Aveia. 2. Soja. 3. Inoculação.

  
Raiane da Silva Santos

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

TÍTULO: Doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade de aveia preta e da soja, inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense*

ALUNO: *Maria Eduarda Pafetti Cristovam*

RA: 16205384-3

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

Aprovado (X) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com Nota: 10,0

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dr. Marcelo Andreotti  
Presidente (Orientador)

---

Dra. Viviane Cristina Modesto

---

Me. Izabela Rodrigues Sanches

Maria Eduarda Pafetti Cristovam

Ilha Solteira, 11 de agosto de 2021.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus por me proporcionar tantos momentos inesquecíveis durante minha graduação, e por todas as portas que tem aberto em minha vida.

Agradeço aos meus pais, Antônio Eduardo e Luciana, e ao meu irmão Pedro Henrique por estarem sempre comigo, me apoiando, incentivando e sendo meu porto seguro por todos esses anos.

Agradeço às minhas avós, Vera e Doroty, e minha tia Milena, por todos os momentos de orações quando precisei.

Agradeço ao meu orientador, prof. Dr. Marcelo Andreotti por todos os ensinamentos, pela amizade, e pelas oportunidades à mim cedidas.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa, Luiz Antônio, Gabriel, Izabela, Gustavo, Daniel, e em especial à Viviane Modesto, por todo apoio e companheirismo durante a condução e avaliação dos experimentos.

Aos meus amigos de turma, Moisés, Helena, Marcos, Gustavo, Lucas, José Victor e aos demais pelos momentos compartilhados durante a universidade e que serão lembrados para sempre.

À todos os professores que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

À todos os funcionários da UNESP, em especial à Silvia, Carlos e Marcelo, que me ajudaram e apoiaram durante as avaliações dos experimentos.

À todos colaboradores da Fazenda de Ensino e Pesquisa – FEPE.

E à todos que estiveram presentes durante esses anos, fazendo com que minha graduação se tornasse a melhor possível.

## RESUMO

A aplicação de gesso agrícola tem se tornado frequente nos sistemas de produção agrícola, uma vez que proporciona melhorias nas camadas subsuperficiais do solo. Além do uso da gessagem, a inoculação com bactérias promotoras de crescimento, como *Azospirillum brasilense*, tem ganhado espaço nestes sistemas por reduzir os custos de produção e melhorar o desempenho das plantas inoculadas. Com isso, o trabalho teve por objetivo avaliar o residual das doses de gesso (0, 0,5; 1; 1,5; 2 x a dose calculada) de acordo com a metodologia de recomendação de Caires e Guimarães (2016), correlacionando-as com a produção de matéria seca de aveia preta com sementes inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense* e da produtividade da soja em sucessão em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico do Cerrado, no município de Selvíria – MS, com delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 5x2, na safra 2019/20. A inoculação com *A. brasilense* na cultura da aveia preta aumenta a produção de matéria seca, proporcionando uma melhor cobertura do solo, interessante para o sistema de plantio direto. Houve resposta positiva, com ajuste quadrático, e máxima eficiência da gessagem na dose de 4871 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, próxima a dose padrão (5700 kg ha<sup>-1</sup>) calculada e aplicada em 2017. A inoculação com *A. brasilense* nas culturas gramíneas antecessoras à soja aumenta a produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** *Avena strigosa*, *Glycine max*, Bactérias diazotróficas, gessagem, inoculação, sistema plantio direto.

## ABSTRACT

The application of agricultural plaster has become frequent in agricultural production systems, as it provides improvements in subsurface soil layers. In addition to the use of plaster, inoculation with growth-promoting bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, has gained ground in these systems by reducing production costs and improving the performance of inoculated plants. Thus, the work aimed to evaluate the residual of the plaster doses (0, 0.5; 1; 1.5; 2 x the calculated dose) according to the recommendation methodology of Caires and Guimarães (2016), applied 24 months before the cultivation of black oats with seeds inoculated or not with *Azospirillum brasilense*, correlating them with the production of dry matter, and soybean yield in a OXISOL in the Cerrado, in Selvíria – MS, Brazil, with an experimental design of randomized blocks in a 5x2 factorial scheme, in the 2019/20 harvest. The inoculation with *A. brasilense* in the black oat crop increases the production of dry matter, providing a better soil coverage, interesting for the no-tillage system. There was a positive response, with quadratic adjustment, and maximum efficiency of plaster at a dose of 4871 kg ha<sup>-1</sup>, that is, close to the standard dose (5700 kg ha<sup>-1</sup>) calculated and applied in 2017. The inoculation of *A. brasilense* also provided lower levels of Aluminum and higher levels of calcium, magnesium and V%, when compared to uninoculated ones, in layers 0-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m, 24 months after plastering. Inoculation with *A. brasilense* in pre-soybean grass crops increases grain yield.

**Keywords:** *Avena strigosa*, *Glycine max*, Diazotrophic bacteria, plaster, inoculation, no-till system.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1: TEMPERATURAS MÉDIAS, UMIDADE RELATIVA MÉDIA E<br>PRECIPITAÇÃO DURANTE A CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO NA SAFRA<br>2019/20..... | 22 |
| FIGURA 2: AVEIA PRETA APÓS 22 DIAS DE SEMEADURA. ....                                                                              | 24 |
| FIGURA 3: AVEIA PRETA APÓS 39 DIAS DE SEMEADURA. ....                                                                              | 24 |
| FIGURA 4: AVEIA PRETA 68 DIAS APÓS SEMEADURA. ....                                                                                 | 25 |
| FIGURA 5: SOJA 4 DIAS APÓS SEMEADURA .....                                                                                         | 25 |
| FIGURA 6: SOJA 28 DIAS APÓS SEMEADURA. ....                                                                                        | 26 |
| FIGURA 7: SOJA 77 DIAS APÓS SEMEADURA. ....                                                                                        | 26 |
| FIGURA 8: CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL. ....                                                                                        | 27 |
| FIGURA 9: ANÉIS VOLUMÉTRICOS PARA DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS<br>FÍSICOS DO SOLO. ....                                              | 28 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 1. RECOMENDAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA (15 % DE S) EM FUNÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DO SOLO PARA CULTURAS ANUAIS E PERENES. ....                                                                                                                                                  | 14 |
| 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.....                                                                                                                         | 21 |
| 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.....                                                   | 22 |
| TABELA 4: DESDOBRAMENTO DAS INTERAÇÕES DA INOCULAÇÃO X DOSES DE GESSO SEGUNDO A METODOLOGIA DE CAIRES E GUIMARÃES (2016), PARA A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE AVEIA PRETA. SELVIRIA – MS.....                                                                                           | 30 |
| TABELA 5: MÉDIAS DOS TEORES DE NUTRIENTES NA FOLHA E MATÉRIA SECA PRODUZIDA PELA AVEIA-PRETA. ....                                                                                                                                                                                     | 31 |
| TABELA 6: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA CAMADA DE 0-0,10 M APÓS A COLHEITA DA AVEIA-PRETA INOCULADA COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> . SELVIRIA, 2019. ....                                                                                                                          | 33 |
| TABELA 7: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA CAMADA DE 0,10-0,20M APÓS A COLHEITA DA AVEIA-PRETA INOCULADA COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> . SELVIRIA, 2019. ....                                                                                                                        | 34 |
| TABELA 8: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA CAMADA DE 0,20-0,40M APÓS A COLHEITA DA AVEIA-PRETA INOCULADA COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> . SELVIRIA, 2019. ....                                                                                                                        | 35 |
| TABELA 9: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA CAMADA DE 0,40-0,60M APÓS A COLHEITA DA AVEIA-PRETA INOCULADA COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> . SELVIRIA, 2019. ....                                                                                                                        | 36 |
| TABELA 10: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NAS CAMADAS DE 0-0,10; 0,10-0,20 M APÓS A COLHEITA DA AVEIA-PRETA INOCULADA COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> . SELVIRIA, 2019.....                                                                                                              | 38 |
| TABELA 11: ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NAS CAMADAS DE 0,20 – 0,40 ; 0,40 – 0,60 M APÓS A COLHEITA DA AVEIA-PRETA INOCULADA COM <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> . SELVIRIA, 2019. ....                                                                                                     | 38 |
| TABELA 12: MÉDIAS DE ALTURA DE PLANTAS (ALT), DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM (ALTPV) E POPULAÇÃO DE PLANTAS (POP), EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO POR <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> E DO RESIDUAL DA GESSAGEM NA CULTURA DA SOJA . SELVÍRIA - MS, 2020.....                                   | 39 |
| TABELA 13: MÉDIAS DE NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA (NVP), DE GRÃOS POR PLANTA (NGP), MASSA DE 100 GRÃOS (M100) E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE SOJA (PG), EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO POR <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> E DO RESIDUAL DA GESSAGEM NA CULTURA DA SOJA . SELVÍRIA - MS, 2020..... | 40 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                               | <b>8</b>  |
| 1.1 IMPORTÂNCIA DO GESSO AGRÍCOLA NOS SOLOS DO CERRADOS.....                                     | 9         |
| 1.2 APLICAÇÃO DE GESSO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD) .....                                     | 10        |
| 1.3 CRITÉRIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE GESSO .....                                                   | 12        |
| 1.4 <i>AZOSPIRILLUM</i> NO CRESCIMENTO OU DESENVOLVIMENTO RADICULAR .....                        | 16        |
| 1.5 FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS)<br>17            |           |
| 1.6 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E AGRONÔMICA DA AVEIA PRETA ( <i>AVENA STRIGOSA</i> ) .....            | 18        |
| 1.7 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E AGRONÔMICA DA SOJA ( <i>GLYCINE MAX</i> ). .....                     | 19        |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                               | <b>20</b> |
| 2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....                              | 20        |
| 2.2 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL, INSTALAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO<br>22            |           |
| 2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....                                                 | 27        |
| 2.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS NO EXPERIMENTO.....                                                    | 27        |
| 2.4.1 <i>Cultura da Aveia Preta</i> .....                                                        | 27        |
| 2.4.2 <i>Atributos do Solo</i> .....                                                             | 28        |
| 2.4.3 <i>Cultura da Soja</i> .....                                                               | 28        |
| 2.4.4 <i>Análises estatísticas</i> .....                                                         | 29        |
| <b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                           | <b>29</b> |
| 3.1 PRODUTIVIDADE DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES FOLIARES DA AVEIA PRETA.....                      | 29        |
| 3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS COLHEITA DA CULTURA DA AVEIA PRETA .....                     | 31        |
| 3.3 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO APÓS COLHEITA DA CULTURA DA AVEIA PRETA .....                      | 37        |
| 3.4 COMPONENTES MORFOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO DA SOJA SUBSEQUENTE À CULTURA DA<br>AVEIA PRETA ..... | 39        |
| <b>4. CONCLUSÃO.....</b>                                                                         | <b>41</b> |
| <b>5. REFERÊNCIAS .....</b>                                                                      | <b>42</b> |

## 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

Tanto no Sistema Plantio Direto (SPD), como em Sistemas Integrados de Produção Agrícola (SIPAs), o gesso agrícola vem se destacando e mostrando-se eficiente quando aplicado ao solo. Seu uso traz diversos benefícios às plantações, principalmente com relação ao crescimento radicular, onde as raízes passam a explorar melhor o perfil do solo, se aprofundando, e aumentando a eficiência de absorção de água e nutrientes (FERLINI, 2006).

Além disso, nas áreas cultiváveis do Cerrado, a gessagem tem sido empregada como forma de melhorar as propriedades químicas do solo, pois é capaz de reduzir a toxidade por Al associada à sua acidez, bem como fornecer Ca e S, nutrientes de grande efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas (SOUSA et al., 2005). Outros produtos a serem utilizados nos sistemas de produção são os fertilizantes, os quais possuem efeitos residuais que contribuem na minimização de custos e implantação das lavouras.

Aliado às técnicas de manejo e ao uso de gessagem e fertilizantes, há também recursos biológicos que podem ser utilizados para estimular o crescimento radicular das culturas, além de também auxiliar na fixação biológica do N<sub>2</sub> e na potencialização da nodulação em leguminosas (FERLINI, 2006). Esses recursos são espécies de bactérias, como por exemplo a *Azospirillum brasilense* (MILLÉO e CRISTÓFOLI, 2016), comumente empregada em sementes de gramíneas, e as do gênero *Bradyrhizobium*, formadoras de nódulos (REIS, 2007) em leguminosas, que possuem também efeitos hormonais nas plantas, incrementando a quantidade de solo explorado pelas raízes e consequentemente aumentando a absorção de água e nutrientes. Por se tratar de um recurso biológico, possibilita o aumento da produção, sem que haja danos ao ambiente, diminuindo também os custos existentes com os fertilizantes minerais (NOVAKOWISKI et al., 2011).

Sabendo-se que o uso intensivo de áreas agricultáveis para a produção agropecuária, associado aos manejos inadequados do solo, tem causado a degradação da sua estrutura, comprometendo o seu desenvolvimento e o potencial produtivo, os sistemas integrados de produção agropecuários aliados ao sistema plantio direto surgem como alternativas para contribuir com a

sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema, racionalizando os insumos empregados na lavoura (MENDONÇA et al., 2013).

Com isso, o trabalho objetivou, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, no Cerrado, avaliar o efeito residual da aplicação de 5 doses de gesso agrícola ao solo em 2017, em função da metodologia de Caires e Guimarães (2016) que se baseia na CTC do solo, sobre a produção de matéria seca da parte aérea da aveia preta, com sementes inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense*, e a produtividade da soja em sucessão, na safra 2019/20.

### **1.1 Importância do gesso agrícola nos solos do Cerrados**

Caracterizado por seu alto grau de intemperismo e por sua acidez acentuada, os solos do cerrado apresentam limitações à produção devido sua reduzida fertilidade natural, possuindo baixa disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu), além de apresentar elevada saturação por alumínio (m%) e alta capacidade de fixação de fósforo (LOPES, 1994).

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

A baixa fertilidade dos solos desses locais tem sido resolvida na agricultura por meio da aplicação de técnicas específicas, como a calagem (correção da acidez por meio do calcário), a adubação fosfatada, a adubação potássica e outras (LEPSCH, 2011), e, para atenuar a toxicidade do Alumínio, e condicionar o solo, tem-se utilizado a gessagem (ROSSATO et al., 2017).

O gesso agrícola é um subproduto da indústria do ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), resultado da reação de ácido sulfúrico sobre as rochas fosfatadas (CAIRES et al., 2003; FARIA et al., 2003; SÁVIO et al., 2011), geralmente constituído de aproximadamente 15% de enxofre e 19% de cálcio (SOUZA et

al., 2001; SOUSA et al., 2005), sendo um material amplamente disponível e geralmente barato (CHEN e DICK, 2011), quando comparado aos fertilizantes minerais.

Esse material, ao ser colocado no solo, dissolve-se em íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  na presença de água (RAMPIM et al. 2011, SERAFIM et al. 2012, RAMOS et al. 2013). O ânion  $\text{SO}_4^{2-}$  pode formar pares iônicos neutros com os íons  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  do solo ( $\text{CaSO}_4^0$ ,  $\text{MgSO}_4^0$  e  $\text{KSO}_4^-$ ), (VITTI et al. 2015), transportando-os para as camadas subsuperficiais devido sua alta mobilidade na camada arável, favorecendo o desenvolvimento e aprofundamento das raízes das plantas, melhorando a distribuição de cálcio e também do enxofre ao longo do perfil do solo (SOUSA et al., 2001a; EMBRAPA, 2009).

No SPD, a prática da gessagem tem mostrado resultados favoráveis, pois neste sistema, o revolvimento do solo deve ser mínimo e, por isso, os produtores têm visto o gesso agrícola como uma alternativa para o transporte do Ca em profundidade, devido sua alta mobilidade, sem necessidade de revolvimento, diferente do que ocorre na calagem (RAIJ et al., 1998).

Além da solubilidade, o gesso possui outro aspecto diferente do calcário, visto que ele não neutraliza os íons  $\text{H}^{+}$  da solução, não alterando o pH do solo, e, portanto, não sendo considerado corretivo de acidez (CAIRES e GUIMARÃES, 2016). Nos sítios de troca do solo, os íons  $\text{Ca}^{2+}$  advindos do gesso ocupam o lugar dos íons  $\text{Al}^{3+}$ , enquanto os íons sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) reagem com este alumínio livre na solução, formando complexos de  $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$  que são considerados menos tóxicos às plantas (VITTI et al. 2015).

Alguns trabalhos realizados na China, em solos salino-sódicos avaliaram o efeito do gesso, e constataram melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo, com aumento da estabilidade de agregados, que resultaram em um melhor desenvolvimento e produtividade de grãos na cultura do arroz (CHI et al., 2012).

## **1.2 Aplicação de gesso no Sistema Plantio Direto (SPD)**

Para se atingir altas produtividades é necessário que se tome os devidos cuidados com as características químicas, físicas e biológicas do solo não apenas em sua superfície, mas também nas camadas subsuperficiais,

principalmente em períodos de seca, comuns nas regiões do Cerrado. O manejo de solo escolhido pelo produtor, sistema plantio direto ou convencional, é determinante para o sucesso da lavoura e para o lucro do produtor.

Em casos em que o sistema convencional é utilizado, as diversas gradagens e arações que são realizadas, como no caso da incorporação do calcário, acabam por alterar as características físicas do solo, muitas vezes o compactando, e dessa forma, diminuindo a infiltração de água e colaborando para a formação de erosões (HERMANI et al., 1999; STONE; SILVEIRA, 1999).

Em contrapartida, no sistema plantio direto (SPD), o revolvimento do solo passa a ser reduzido, ocorrendo apenas no sulco de semeadura. Dessa forma, os agregados são mantidos, dificultando a ocorrência de erosões. Entretanto, alguns problemas têm sido observados nesse tipo de manejo, podendo-se destacar o gradiente de fertilidade encontrado ao decorrer do perfil do solo (NEIS et al. 2010), sendo que em camadas superficiais se encontram maiores teores de nutrientes quando comparado às subsuperficiais (SORATTO; CRUSCIOL, 2008, NEIS et al. 2010, SCHLINDWEIN et al., 2013), podendo interferir no crescimento e aprofundamento do sistema radicular.

Ao se comparar o SPD com o sistema convencional, nota-se a diferença de distribuição dos cátions no perfil de solo, onde, no sistema convencional essa distribuição é mais uniforme ao longo do perfil, fato que se deve ao maior revolvimento do solo, enquanto no SPD, os teores de cátions são maiores nas camadas superficiais (PAVINATO et al. 2009), principalmente na maior zona de concentração de raízes. Além do não revolvimento do solo no SPD, a palhada, proporciona maiores teores de matéria orgânica na superfície e, futuramente, aumentará a capacidade de complexação de cátions, inclusive o alumínio. (VANCE et al., 1996).

Para reduzir esse gradiente de distribuição dos nutrientes no SPD tem-se utilizado a gessagem, que fica responsável pela lixiviação desses nutrientes para as camadas subsuperficiais, além de transportar o Alumínio tóxico para as camadas mais profundas.

Outro benefício dessa prática, é o fornecimento de Ca e S, melhorando a química do solo ao decorrer do perfil (CAIRES e GUIMARÃES, 2016), e, dessa forma, estimulando o aprofundamento das raízes das culturas em sucessão. Com esse aprofundamento, aumenta-se a eficiência de absorção de alguns

nutrientes que não são móveis, como é o caso do P, e de outros que são lixiviados com facilidade, como o N (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005), além de aumentar também a resistência das plantas aos déficits hídricos.

Quanto à disponibilização de enxofre pelo gesso agrícola, é de grande importância por ser um nutriente que na maioria dos solos brasileiros se apresenta com baixos teores, devido, principalmente, ao uso de fertilizantes sem o nutriente em sua composição, e também pela lixiviação que ocorre do sulfato com as práticas da calagem e fosfatagem. Grande parte do enxofre provém da matéria orgânica, como por exemplo, a palhada gerada pelo SPD.

Dessa forma, o gesso agrícola tem sido utilizado como opção para aumentar a concentração de Ca e S em profundidade, reduzindo a toxicidade por alumínio (ERNANI, RIBEIRO, BAYER, 2001), e a dose adequada a ser utilizada depende da finalidade da aplicação (KOST et al., 2014), do tipo de solo, e do sistema de cultivo.

### **1.3 Critérios para recomendação de gesso**

Diversos são os fatores que devem ser levados em consideração antes de se escolher o critério de recomendação de gesso agrícola a ser utilizado, como por exemplo, o tipo de solo, a saturação por bases (V%), a CTC efetiva das camadas subsuperficiais (DEMATTE, 1986; VITTI et al., 2008), o teor de matéria orgânica, a espécie que será cultivada (LOPES; GUILHERME, 1994), e a textura do solo (% argila) (SOUSA; LOBATO, 2004). Dessa forma, fica difícil escolher a recomendação a ser utilizada, pois as metodologias para determinação das doses não contemplam todas essas variáveis.

Várias são as metodologias encontradas para a recomendação de gesso agrícola, podendo-se destacar as de Raij et al. (1996); Sousa e Lobato (2004); Sousa, Lobato e Rein (2005); Vitti et al. (2008); Caires (2014) e a de Caires e Guimarães (2016), todas levando em consideração critérios diferentes.

Para Raij et al. (1996), não há um método de recomendação definido para o sistema plantio direto, mas consideram adequado que 60 kg de gesso por ponto percentual de argila (na camada de 0,20 a 0,40 m), para o estado de São Paulo, quando o teor de Al for maior que 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e/ou saturação por

Al (m%) for maior ou igual a 40 %, e o teor de Ca for menor ou igual a 4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, deve-se adotar a seguinte fórmula:

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

ou

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

Enquanto Sousa e Lobato (2004), baseiam-se no teor de argila (%) do solo, sem correção pela CTC advinda de mineralogias distintas e da contribuição da M.O., e recomendam a aplicação de gesso quando a análise de solo indicar teores de Ca menores ou iguais a 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação por Al (m %) maior ou igual a 20%, considerando a seguinte fórmula:

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

Na metodologia de Sousa, Lobato e Rein (2005), deve-se realizar uma diagnose do solo amostrando nas profundidades de 0,20 a 0,40 m e de 0,40 a 0,60 m em culturas anuais, e 0,20 a 0,40 m, 0,40 a 0,60m e de 0,60 a 0,80 m para culturas perenes. Entretanto, caso haja dificuldade para coleta, pode-se realizar a amostragem apenas na profundidade de 0,30 a 0,50 m, portanto, sem padronização da camada diagnóstica.

Após realização da análise química com a determinação do teor de argila, deve-se verificar a saturação por alumínio (m%), onde se esta for maior que 20% ou os teores de Ca forem menores que 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, é recomendada a aplicação de gesso ao solo amostrado. A dose de gesso recomendada para culturas anuais e perenes irá depender apenas do teor de argila do solo, podendo-se utilizar as fórmulas:

$$\text{- Culturas anuais: Dose de Gesso (kg ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{Argila (\%)}$$

$$\text{- Culturas perenes: Dose de Gesso (kg ha}^{-1}\text{)} = 75 \times \text{Argila (\%)}$$

Além das fórmulas, pode-se ter base nos dados da classificação textural do solo para as culturas anuais e perenes (Tabela 1):

**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 <sup>-1</sup> ..... |                  |
| Arenosa         | 700                            | 1050             |
| Média           | 1200                           | 1800             |
| Argilosa        | 2200                           | 3300             |
| Muito argilosa  | 3200                           | 4800             |

Fonte: SOUSA, LOBATO e REIN, 2005

Segundo os autores, essas recomendações de gessagem apresentam efeito residual, podendo se estender por até 15 anos, dependendo do solo.

As recomendações de gessagem feitas por Vitti et al. (2008) também se baseiam em função do teor de argila, determinado pela análise de solo com amostragem nas profundidades de 0,20 a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m para as culturas anuais, e de 0,60 a 0,80 m para culturas perenes. Para os autores, há grande possibilidade de resposta ao gesso quando essas análises revelarem as seguintes características:

- Teores de Ca menor que 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, ou
- saturação por Al maiores que 20% ou teor maior que 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>
- Saturação por bases menor que 35 %

Desde que as análises realizadas obedeçam a esses critérios acima, é recomendado aplicar o gesso agrícola de acordo com a equação de Vitti et al. (2008):

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

em que NG é a necessidade de gesso (t ha<sup>-1</sup>), V2 é a saturação por bases que se deseja atingir, V1 é a saturação por bases atual do solo e CTC, a capacidade de troca de cátions (em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), ambos na camada de 0,20 a 0,40 m ou de 0,25 a 0,50 m. Caso a CTC for expressa em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, dividir os valores por 50. É importante lembrar que esta fórmula é válida para CTC máxima de 100 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ou 10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, não atendendo critérios mineralógicos do solo, teores de MO, bem como em outros efeitos benéficos do

gesso em aumento do crescimento radicular em profundidade, desejável em sistemas agrícolas.

Por sua vez, Caires (2014) sugere ainda uma recomendação para o uso de doses de gesso agrícola em SPD para a melhoria de subsolos ácidos, diagnosticando a camada de solo de 0,20 a 0,40 m, e realizando a gessagem a partir dos seguintes critérios:

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

Aplicando assim, as seguintes fórmulas:

**Teor de Argila (%):**

$$\text{NG (kg ha}^{-1}\text{)} = 5 \times \text{Argila (g/kg)}$$

**Saturação por Bases (V%):**

$$\text{NG (t ha}^{-1}\text{)} = (50 - \text{V}\%) \times \text{CTC}/50$$

Por fim, pelo método de Caires e Guimarães (2016), baseado na recomendação de gesso para o sul do Brasil, nas camadas de 0,20 a 0,40 m, busca-se elevar a saturação por Ca na CTCe (efetiva) do subsolo a 60 %. Sendo assim, os autores remendam a aplicação da seguinte fórmula:

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

Quando não for necessária a utilização de 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  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  de S, recomenda-se a dose de aproximadamente 500 kg por hectare de gesso, visando os aspectos operacionais e a adubação de sistemas.

Pode-se observar que em todos os métodos apresentados, apenas os teores de argila, e/ou de cálcio, e/ou saturação por alumínio em subsuperfície são considerados para recomendação de gessagem, sendo que, apenas a metodologia descrita por Caires e Guimarães (2016) visa a CTC como critério

para calibração da dose de gesso a ser aplicada, enquanto apenas a de Vitti et al., (2008), consideram a saturação por bases no solo.

Dessa forma, percebe-se que embora a literatura aborde a questão da gessagem, muitas lacunas ainda estão em aberto a respeito do método de recomendação a ser utilizado nos diferentes sistemas de produção (RAIJ, 2010). Sendo assim, é importante a avaliação dessas metodologias com finalidade de adequar e calibrar as doses de recomendação para as condições de solo do Cerrado, abordando análises de correlação no tempo e no espaço com a produtividade agrícola dessas áreas.

#### **1.4 *Azospirillum* no crescimento ou desenvolvimento radicular**

O *Azospirillum*, conhecido por ser uma bactéria promotora do crescimento, tem a capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988; KLOEPPER et al., 1989).

Os estímulos a essas plantas ocorrem de diversas maneiras, podendo-se destacar a capacidade de fixação biológica de nitrogênio (HUERGO et al., 2008); a produção de hormônios como auxinas, citocininas (TIEN et al., 1979); giberilinas (BOTTINI et al., 1989), etileno (STRZELCZYK et al., 1994), o aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (CASSÁN et al., 2008), a solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004); e por atuarem como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008).

As bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam destaque mundial a partir da década de 1970 (DÖBEREINER e DAY, 1976; DOBEREINER et al., 1976), com a descoberta pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000), da capacidade de fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias quando em associação com gramíneas. Ademais, constatou-se uma melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila, o maior teor de prolina na parte aérea e raízes, a melhora no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas (BARASSI et al., 2008).

A partir disso, as bactérias da espécie *Azospirillum brasilense* passaram a ser comumente empregadas na agricultura, inoculadas 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). Existem duas formas de se inocular a espécie *Azospirillum brasilense*, o tratamento de sementes ou por aplicação via foliar, devendo sempre levar em consideração a qualidade e prazo de validade do inoculante, verificando se foi mantido em ambiente adequado para que se possa obter bons resultados na inoculação (HUNGRIA, 2011).

### **1.5 Fertilidade do solo em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs)**

Os solos do Cerrado são caracterizados por sua baixa fertilidade, baixa reserva mineral e baixos teores de matéria orgânica, além de sua elevada acidez. O uso intensivo dessas áreas, junto aos manejos inadequados do solo tem causado degradações, comprometendo o desenvolvimento e a produtividade dos sistemas (MENDONÇA et al., 2013). Entretanto, são solos com alta estabilidade de agregados, e por isso, possuem um elevado potencial produtivo, possibilitado pelas correções nutricionais e manejo adequado das culturas em rotação.

Essas correções promovem melhorias químicas, biológicas e físicas no solo, levando ao incremento de produtividade das culturas pela chamada “fertilidade construída” em função de sistemas de produção agropecuários de alta longevidade.

Na literatura, alguns trabalhos de longa duração foram realizados com a aplicação de gesso agrícola no SPD, mas sem a especificação de métodos de recomendação para gessagem em solos do Cerrado, baseando-se restritamente nos teores de argila, Ca, e m% em subsuperfície. Autores como Soratto e Crusciol (2008) avaliando os efeitos do gesso ao longo do tempo, observaram redução de acidez do solo e aumento nos teores de Ca e S até os 18 meses após aplicação, enquanto Caires et al. (1998; 2003) observaram efeitos benéficos da prática da gessagem como aumento de pH, baixos teores de Al trocável e altos teores de Ca trocável, após 24 meses, não alterando esses teores até 36 meses após a aplicação do gesso no solo.

Dessa forma, nota-se que os SIPAs conciliam diversos benefícios ao produtor, melhorando as condições do solo, aumentando a ciclagem de nutrientes, reduzindo custos de produção, recuperando áreas de pastagens degradadas e evitando o desmatamento de novas áreas (BALBINO, et al., 2011). Assim, sistemas associados às condições básicas do SPD, com práticas como a rotação de culturas, mínimo revolvimento do solo e produção de palhada, são alternativas que contribuem para a sustentabilidade do agroecossistema, racionalizando os produtos utilizados para produção (SILVA et al., 2000; MENDONÇA et al., 2013).

Os bons resultados obtidos com os SIPAs em solos de Cerrado, se devem a produção adequada de palhada fornecida por algumas culturas que colaboram para a recuperação das propriedades do solo, como as braquiárias por exemplo. Essas plantas são essenciais para a redução de erosões, proteção e estruturação do solo, uma vez que, com seu sistema radicular fasciculado e volumoso, contribuem para a formação de canais no solo, que ajudam no adequado desenvolvimento radicular das culturas em sucessão (BORTOLINI, 2005) que associados à gessagem, sem incorporação, podem permitir maior movimentação gravitacional do gesso e a formação de pares iônicos com ácidos orgânicos, que lixiviam o  $Al^{3+}$  e deixam  $Ca^{2+}$ , ocupando a CTC do solo.

Devido a maior produção de palhada proporcionada nos SIPAs pela presença do consórcio com braquiárias, tem-se um maior aporte de matéria orgânica, o que contribui para infiltração da água, possibilitando maior exploração do perfil do solo pelo sistema radicular, levando a uma melhoria nas características físicas e químicas desse perfil, além de favorecer a ciclagem dos nutrientes (CHIODEROLI, 2010). Com isso, a escolha da cultura formadora de palhada é de extrema importância para o sucesso do sistema em condições de clima de Cerrado (PARIZ et al., 2011).

### **1.6 Importância econômica e agrônômica da Aveia Preta (*Avena strigosa*)**

A *Avena strigosa*, conhecida como aveia preta, é uma planta rústica da família das gramíneas, com sistema radicular do tipo fasciculado e ótima

capacidade de perfilhamento e produção de massa vegetal. Por essas características, vem sendo utilizada como planta de cobertura em sistema plantio direto, e também como adubo verde. Em alguns casos, essa cultura de inverno pode ser alternativa para alimentação dos rebanhos bovinos, seja por pastejo direto ou para fenação e ensilagem (CORREA FILHO et al., 2017).

A biomassa produzida pela aveia preta, quando comparada a outras gramíneas, proporciona uma liberação mais lenta dos nutrientes, de forma gradual, devido sua menor velocidade de decomposição (CRUSCIOL et al., 2008). Por possuir sistema radicular do tipo fasciculado, a penetração no solo é facilitada, favorecendo a qualidade física, química e biológica (CARVALHO et al., 2014a), diminuindo os riscos de erosão e atuando também como reguladora da temperatura e da umidade, evitando prejuízos à cultura até mesmo nos meses mais quentes do ano (BRANCALIÃO; MORAES, 2008).

Em relação as necessidades nutricionais dessa cultura, tem-se notado que não é muito exigente em fertilidade do solo, entretanto, tem respondido positivamente à adubação nitrogenada, potássica e fosfatada (DEMÉTRIO; COSTA; OLIVEIRA, 2012).

A prática de se utilizar culturas para cobertura do solo e produção de palha faz com que ocorra a ciclagem de nutrientes, disponibilizando-os para a próxima cultura que for instalada (RODRIGUES et al., 2012). Entretanto, há algumas restrições do uso das gramíneas como cobertura de solo, como por exemplo a deficiência momentânea de N gerada no processo de decomposição da palhada, onde a microbiota do solo imobiliza o N, diminuindo sua disponibilidade para a cultura sucessora (BORTOLINI; SILVA; ARGENTA, 2000).

Segundo Primavesi et al. (2004), a aveia pode se tornar um importante componente em sistemas de produção agrícolas, contribuindo para a maior sustentabilidade desses sistemas, e possibilitando a integração lavoura-pecuária em sistemas de semeadura direta. Ao avaliar algumas forrageiras em função da época de semeadura no cerrado, verificou-se que o milheto, o sorgo forrageiro e capim-tanzânia assemelham-se a aveia na produção de fitomassa e na composição bromatológica (ANDRADE et al., 2012).

### **1.7 Importância econômica e agrônômica da Soja (*Glycine max*).**

A Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta herbácea, da família Fabaceae, que possui grande variabilidade genética, apresentando cultivares onde seu ciclo pode variar de 100 a 160 dias em média, sendo influenciado pelo clima da região em que está inserida.

Essa planta é cultivada no mundo todo, apresentando uma produção mundial de 336,7 milhões de toneladas, com uma área plantada de aproximadamente 124,6 milhões de hectares (USDA, 2018). Sendo o grão mais consumido do mundo, pode ser utilizada de diversas formas, como por exemplo, óleo, leite de soja, tofu, e o próprio grão, além de ser imprescindível na produção de rações animais (MARCON et al., 2017).

O Brasil é considerado o maior produtor desse grão no mundo, produzindo na safra 2020/21, 135 milhões de toneladas de soja (CONAB, 2021), seguido pelos EUA, com 112,5 milhões de toneladas (USDA, 2021)

No país, pode-se destacar o estado do Mato Grosso como maior produtor, com 35,9 milhões de toneladas, seguido pelo Rio Grande do Sul com 20,2 milhões de toneladas e pelo Paraná, com 19,9 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2021).

Para produção de soja, é necessário que se tenha nitrogênio disponível para o uso das plantas, uma vez que esse elemento é fundamental para o desenvolvimento e formação dos grãos. Segundo HUNGRIA et al. (2001), para a produção de 1000 kg de soja, é preciso aproximadamente 80 kg de N, demonstrando a importância desse elemento.

As plantas podem obter esse nutriente por diversas fontes, como pela decomposição da matéria orgânica presente no solo, fertilizantes nitrogenados, e fixação biológica do N<sub>2</sub> da atmosfera (HUNGRIA et al., 2001).

De acordo com ZILLI et al., (2006), alguns pesquisadores verificaram que a fixação biológica do N é responsável por 80% do teor desse nutriente acumulado pelas plantas, levando à redução dos custos de produção na cultura da soja (HUNGRIA et al., 2005).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização da área experimental e caracterização do local**

O projeto foi desenvolvido no município de Selvíria – MS (20°20'05"S e 51°24'26"W, altitude de 335 m), na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP, a qual, segundo a classificação de Köppen, possui o tipo climático Aw, caracterizado como tropical úmido com seca no inverno e estação chuvosa durante o verão. A pesquisa é parte de um experimento de longa duração, no seu terceiro ano de instalação. As condições climáticas durante a condução do experimento constam na Figura 1.

O solo do local da pesquisa, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (520 g kg<sup>-1</sup> de argila).

O experimento foi estabelecido em uma área onde está sendo cultivado com culturas anuais em SPD há 7 anos, sendo a cultura anterior o capim-paiaguás (*Urochloa brizantha*).

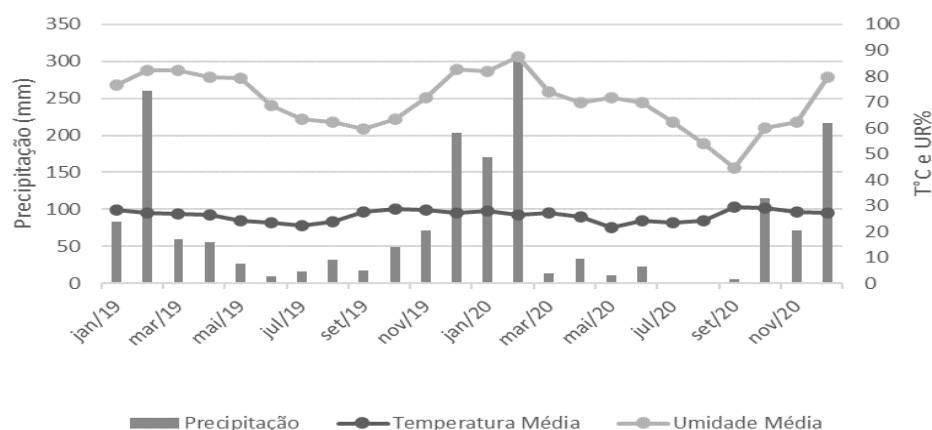
Objetivando a caracterização da fertilidade inicial do solo do local, e para embasar o cálculo das doses de gesso, efetuou-se coletas em 30 pontos de cada área, antes da semeadura da soja na safra 2017/2018, nas profundidades de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m (RAIJ et al. 2001). (Tabela 2).

Após análise dos resultados, a gessagem foi efetuada a lanço na superfície do solo e sem incorporação, em setembro de 2017, segundo metodologia de Caires e Guimarães (2016) para uso de gesso em SPD, em que a camada de solo diagnóstica foi de 0,20 a 0,40 m. A distribuição do gesso agrícola foi efetuada conforme cada tratamento em 06/09/2017, com a cultura da soja semeada posteriormente em 09/11/2017.

**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.

| Camadas     | P-resina            | MO                 | pH                | S                   | K                                 | Ca | Mg | H+Al | Al | SB   | CTC  | V         | m |
|-------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|----|----|------|----|------|------|-----------|---|
| m           | mg.dm <sup>-3</sup> | g.dm <sup>-3</sup> | CaCl <sub>2</sub> | mg.dm <sup>-3</sup> | -----mmolc.dm <sup>-3</sup> ----- |    |    |      |    |      |      | ----%---- |   |
| 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 1: Temperaturas médias, umidade relativa média e precipitação durante a condução do experimento na safra 2019/20.



Fonte: Proprio autor

## 2.2 Histórico da área experimental, instalação e desenvolvimento do experimento

Como histórico da área após gessagem, foi realizado o cultivo sucessivo de soja (novembro de 2017 a março de 2018), sorgo em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (março a julho de 2018) e milho em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (novembro de 2018 a março de 2019).

Após a colheita do milho foi efetuada uma coleta de solo no dia 11/11/2018, 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 15 meses após a gessagem (Tabela 3).

**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 *Azospirillum brasilense* em consórcio com o capim Massai em área de sequeiro. Selvíria, 2018.

| Profundidade (m) | P-resina<br>mg.dm <sup>-3</sup> | MO<br>g.dm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | S<br>mg.dm <sup>-3</sup> | K   | Ca   | Mg  | H+Al | 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 | 70,0 | 41,7 | 10,0 |
| 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                       | 65,5                     | 0,8 | 14,8 | 9,2 | 32,3 | 1,5 | 24,8 | 57,1 | 43,2 | 6,6  |

Antecedendo a aveia preta, as parcelas estavam em cultivo com capim-paiaguás (*Urochloa brizantha*) que foi dessecado quimicamente para continuidade do sistema plantio direto.

A aveia preta ( Figuras 2, 3 e 4) foi semeada em 5 de junho de 2019, nas mesmas áreas das parcelas antecessoras, para avaliar o efeito residual da gessagem e da inoculação, no espaçamento de 0,17 m, com densidade de 60 sementes m<sup>-2</sup> com a cultivar EMBRAPA 29, recomendada para a região.

A bactéria *Azospirillum brasilense* foi fornecida por inoculante comercial na dose de 100 mL/25 kg de sementes (estirpes AbV5 e AbV6 - 9x10<sup>8</sup> UFC/mL), e a inoculação foi efetuada momentos antes da semeadura, à sombra, nas sementes de aveia preta. A colheita foi realizada no dia 21 de setembro de 2019.

A semeadura da soja subsequente à aveia preta foi realizada no dia 05 de novembro de 2019, obedecendo espaçamento de 0,45 m nas entrelinhas e população de 350 mil plantas ha<sup>-1</sup>. 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. Para semeadura (Figuras 5, 6 e 7) foi realizada a adubação com 414 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 02-20-20, além do tratamento de sementes com Fipronil (250 g L<sup>-1</sup>). A inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* (estirpe SEMIA 5079 - 5x10<sup>9</sup> UFC/g, na dose de 100 g para 40 kg de sementes) na formulação turfosa, foi realizada momentos antes da semeadura.

Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com as necessidade da cultura. Ao atingir o estágio V3, aplicou-se herbicida pós emergente para o controle das plantas daninhas, com o uso do produto Glyphosate (1,44 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.)) + Haloxifope-P-metílico ( 250 g L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.)). Perto do estágio V6, utilizou-se a Bentazona ( 250 g L<sup>-1</sup>), herbicida usado para o controle de plantas daninhas de folhas largas.

No dia 18/12/2019, foi realizada a aplicação de Tiametoxam (250 g L<sup>-1</sup>) + Lambda-Cialotrina (250 g L<sup>-1</sup>), além de Mancozebe (800 g kg<sup>-1</sup>) para controle preventivo de pragas e doenças. Numa segunda aplicação de inseticida, foi utilizado o Imidacloprido (250 g L<sup>-1</sup>), em conjunto com a aplicação do fungicida Azoxistrobina (300 g L<sup>-1</sup>) + Benzovindiflupir (150 g kg<sup>-1</sup>) de maneira preventiva

para o manejo da Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Em última aplicação usou-se a Azoxistrobina (300 g kg<sup>-1</sup>) + Benzovindiflupir (150 g kg<sup>-1</sup>), além de Acefato (970 g kg<sup>-1</sup>). A colheita foi realizada no dia 4 de março de 2020, realizando as avaliações necessárias.

Figura 2: Aveia preta após 22 dias de semeadura.



Fonte: Próprio autor

Figura 3: Aveia preta após 39 dias de semeadura.



Fonte: Próprio autor

Figura 4: Aveia preta 68 dias após semeadura.



Fonte: Próprio autor

Figura 5: Soja 4 dias após semeadura



Fonte: Próprio autor

Figura 6: Soja 28 dias após semeadura.



Fonte: Próprio autor

Figura 7: Soja 77 dias após semeadura.



Fonte: Próprio autor

## 2.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi 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), e parcelas em que as gramíneas foram ou não inoculadas com *A. brasilense*, de acordo com o croqui abaixo (Figura 8):

Figura 8: Croqui da área experimental.



Fonte: Próprio autor

Cada unidade experimental (parcela) foi constituída por 9 m de largura e 7 m de comprimento, perfazendo 63 m<sup>2</sup>.

As doses de gesso utilizadas no experimento foram:

- Controle – 0 t ha<sup>-1</sup>
- ½ dose – 2,9 t ha<sup>-1</sup>
- Dose da metodologia padrão - 5,7 t ha<sup>-1</sup>
- 1,5 x da dose – 8,5 t ha<sup>-1</sup>
- Dobro da dose padrão – 1,4 t ha<sup>-1</sup>

Seguindo a fórmula: NG (kg ha<sup>-1</sup>) = [(0,6 x CTCe) – teor de Ca em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>]  
x 6,4.

## 2.4 Avaliações realizadas no experimento

### 2.4.1 Cultura da Aveia Preta

Na fase de florescimento, foram coletadas 30 folhas bandeira da cultura da aveia preta para realizar análise de macronutrientes foliares, segundo metodologia de Malavolta et al., (1997). Quando as plantas estavam em estágio de enchimento dos grãos, foram coletadas 3 amostras de 1 m<sup>2</sup> por

parcela, quantificando a massa verde, e, após secagem em estufa à 65 °C, fez-se a determinação da produção de matéria seca, extrapolada por ha.

#### **2.4.2 Atributos do Solo**

Ao final do ciclo (setembro de 2019) foram avaliados os atributos físicos do solo conforme metodologias da Embrapa (1997) (porosidade total, macro e microporosidade, e densidade do solo) e químicos conforme Raij et al. (2001) (fertilidade do solo) nas camadas de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m, 0,20 a 0,40 m, e 0,40 a 0,60 m em cada parcela experimental.

Para a determinação dos atributos físicos, foram coletados anéis volumétricos (Figura 9) nas linhas da cultura recém colhida, também nas profundidades de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m, 0,20 a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m, em cada parcela experimental.

#### **2.4.3 Cultura da Soja**

No momento da colheita da soja foram avaliados os componentes da produção. Foram coletadas 10 plantas para verificação do número de vagens, número de grãos, massa de 100 grãos e umidade. Além disso, realizou-se a contagem do número de plantas em 9 metros lineares para determinação da população final por hectare.

Para determinação dos componentes morfológicos, foram medidas a altura das plantas e a altura de inserção da primeira vagem nessas 10 plantas coletadas.

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, pesou-se os grãos e os dados foram transformados em kg ha<sup>-1</sup> (12 % base úmida);

Figura 9: Anéis volumétricos para determinação dos atributos físicos do solo.



#### 2.4.4 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ). O efeito dos tratamentos de inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* foram avaliados por teste “t” e regressão polinomial para doses residuais de gesso. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR®.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Produtividade de matéria seca e nutrientes foliares da aveia preta

A inoculação com *A. brasilense* nas sementes de aveia-preta resultaram em diferenças significativas para a quantidade de matéria seca produzida, notando que as parcelas que foram inoculadas apresentaram maiores valores (Tabela 5). Segundo Barassi (2008), essa inoculação melhora os parâmetros fotossintéticos das folhas, ocasionando em uma maior produção de biomassa e maior altura de plantas, explicando, dessa forma, a maior produção de matéria seca pela cultura, o que é interessante, principalmente, por ser utilizada para produção de palhada e cobertura do solo, como observado por Almeida (1988), o qual cita que a preferência pela utilização de

aveia preta, é pela alta cobertura que esta cultura proporciona no solo, destacando sua boa distribuição e persistência da palhada.

Para o desdobramento das interações entre inoculação x doses de gesso para a produção de matéria seca de aveia-preta (Tabela 4), segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), nota-se que as parcelas inoculadas apresentaram maiores valores quando comparadas as não inoculadas. Além disso, observou-se que houve resposta positiva para a cultura da aveia-preta, com ajuste quadrático, alcançando a máxima eficiência da gessagem na dose de 4871 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, próxima a dose padrão (5700 kg ha<sup>-1</sup>) calculada e aplicada em 2017.

Ademais, verifica-se que as doses 0,5x e 1,5x proporcionaram diferenças significativas, sendo que, em ambas, as parcelas inoculadas apresentaram maiores produtividades de MS (Tabela 5), como também constatado por Neto (2014), e por Dalla Santa et al., (2004), que observaram aumento na altura de plantas, número de folhas e perfilhos e massa seca na cultura de aveia preta quando inoculada com *A. brasilense*.

**Tabela 4:** Desdobramento das interações da inoculação x doses de gesso segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), para a produção de matéria seca de aveia preta. Selviria – MS.

| TRAT | ----- Doses de Gesso (t ha <sup>-1</sup> ) ----- |       |      |       |      | Equação                              | R <sup>2</sup><br>(%) |
|------|--------------------------------------------------|-------|------|-------|------|--------------------------------------|-----------------------|
|      | 0                                                | 0,5   | 1    | 1,5   | 2    |                                      |                       |
| Sem  | 1869                                             | 1442b | 2300 | 1462b | 1735 | -                                    | -                     |
| Com  | 2222                                             | 2354a | 2423 | 2389a | 2087 | $y = - 69,383x^2 + 392,95x + 1879,2$ | 94,22                 |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade.

Os teores de N, P e K, nas folhas da aveia preta não diferiram entre os tratamentos – sementes inoculadas e não inoculadas, assim como observado por Cunha et al. (2014), Morais et al. (2015) e Müller et al. (2016) em plantas de milho inoculadas com *A. brasilense*. Enquanto que os teores de Ca, Mg e S apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, observando-se que as parcelas inoculadas proporcionaram os melhores resultados.

**Tabela 5:** Médias dos teores de nutrientes na folha e matéria seca produzida pela aveia-preta.

| Tratamentos                                                | MS<br>kg ha <sup>-1</sup> | N     | P     | K     | Ca     | Mg     | S      |
|------------------------------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| ----- g kg <sup>-1</sup> -----                             |                           |       |       |       |        |        |        |
| Inoculação                                                 |                           |       |       |       |        |        |        |
| Não Inoc.                                                  | 1786b                     | 8,57  | 2,19  | 17,84 | 3,14b  | 1,60b  | 1,42b  |
| Inoculado                                                  | 2270a                     | 9,48  | 2,07  | 17,67 | 3,78a  | 2,13a  | 1,77a  |
| Pr > Fc                                                    | 0,00**                    | 0,07  | 0,50  | 0,78  | 0,00** | 0,00** | 0,00** |
| Teor de Nutrientes na folha de aveia (g.kg <sup>-1</sup> ) |                           |       |       |       |        |        |        |
| Doses de Gesso                                             |                           |       |       |       |        |        |        |
| 0                                                          | 2045                      | 6,97  | 1,68  | 18,28 | 3,17   | 1,80   | 1,47   |
| 0,5                                                        | 1898                      | 10,95 | 2,27  | 17,27 | 3,71   | 2,07   | 1,70   |
| 1                                                          | 2361                      | 10,21 | 2,32  | 17,53 | 3,62   | 1,96   | 1,68   |
| 1,5                                                        | 1925                      | 8,72  | 2,21  | 16,86 | 3,41   | 1,80   | 1,66   |
| 2                                                          | 1911                      | 8,27  | 2,16  | 18,83 | 3,38   | 1,70   | 1,46   |
| Pr > Fc                                                    | 0,04*                     | 0,00* | 0,15  | 0,30  | 0,46   | 0,09   | 0,34   |
| DMS                                                        | 213,04                    | 1,02  | 0,34  | 1,29  | 0,40   | 0,18   | 0,20   |
| Modelo de equação - E                                      | Q                         | -     | -     | -     | -      | -      | -      |
| R <sup>2</sup> (%)                                         | 94,22                     | -     | -     | -     | -      | -      | -      |
| Teste F - E                                                | 0,244                     | -     | -     | -     | -      | -      | -      |
| Pr > F – I x D                                             | 0,01*                     | 0,09  | 0,98  | 0,18  | 0,90   | 0,30   | 0,94   |
| CV (%)                                                     | 16,19                     | 17,51 | 25,29 | 11,22 | 17,95  | 15,12  | 19,32  |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. Em que: MS = matéria seca de folhas de aveia-preta, N = teor de nitrogênio nas folhas de aveia-preta, P= teor de fósforo nas folhas de aveia-preta, K= teor de potássio nas folhas de aveia-preta, Ca= teor de cálcio nas folhas de aveia-preta, Mg= teor de magnésio nas folhas de aveia-preta. (1)  $y = - 69,383x^2 + 392,95x + 1879,2$ .

### 3.2 Atributos químicos do solo após colheita da cultura da aveia preta

Após a colheita da aveia-preta, fez-se amostragem de solo, para caracterização da fertilidade do perfil nas profundidades 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 (Tabelas 6, 7, 8, e 9). Com isso, nota-se que em todas as profundidades amostradas, as parcelas com inoculação apresentaram menores teores de Alumínio, e H+Al, o que pode trazer efeitos benéficos as plantas, estimulando o seu crescimento radicular. Além disso, os teores de cálcio nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m foram maiores nas parcelas inoculadas com o *A. brasilense*, assim como para os teores de Magnésio (Mg) e valores de V%. Essas melhorias na fertilidade do solo são interessantes para

favorecer o desenvolvimento das culturas que serão implantadas posteriormente, uma vez que os nutrientes desempenham importantes funções na fisiologia da planta: O cálcio influenciando na estrutura e na resistência da parede celular (TAIZ e ZIEGER, 2017), e o Mg participando da ativação de várias enzimas, além de ser um componente da clorofila (MELO, 2020).

Ademais, nota-se que os teores de Fósforo (P) são decrescentes quando se observam as profundidades, apresentando maiores teores em camadas superficiais. De acordo com Lopes (2004), o não revolvimento do solo contribui para a ocorrência desse cenário, uma vez que reduz o contato do elemento com os coloides organominerais, diminuindo as reações de adsorção. Isso se aplica ao presente trabalho, uma vez que a área experimental foi instalada em um local de sistema plantio direto.

Quanto ao Enxofre (S), nota-se que nas parcelas sem inoculação com *A. brasilense*, os teores do elemento no solo são maiores, mesmo que em profundidade. Isso pode ser explicado pela menor exportação das culturas inseridas na área, uma vez que, como visto na cultura da aveia preta, as parcelas inoculadas apresentaram maiores teores foliares do elemento. Além disso, nota-se também um aumento do teor de Enxofre em profundidade, corroborando com o encontrado por Soratto e Crusciol (2008), ao testar a aplicação de gesso em um Latossolo Vermelho Distrófico.

**Tabela 6:** Atributos químicos do solo na camada de 0-0,10 m após a colheita da aveia-preta inoculada com *Azospirillum brasilense*. Selviria, 2019.

| 0-0,10             |                                    |                            |                         |                                    |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    |                    |  |
|--------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| TRAT               | P<br>resina<br>mg dm <sup>-3</sup> | M.O.<br>g dm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | S                                  | K                  | Ca                 | Mg             | H+Al               | Al                 | SB                 | CTC                | V                  |  |
|                    |                                    |                            |                         | ----- mmolc dm <sup>-3</sup> ----- |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    | %                  |  |
| Inoculação - I     |                                    |                            |                         |                                    |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    |                    |  |
| Sem                | 29,40                              | 25,90                      | 4,49b                   | 26,90a                             | 1,95               | 26,20b             | 12,65b         | 44,20a             | 2,10a              | 40,80b             | 85,00              | 48,30b             |  |
| Com                | 28,65                              | 24,60                      | 4,89a                   | 21,90b                             | 1,84               | 34,35a             | 14,75a         | 33,62b             | 1,20b              | 50,94a             | 84,54              | 59,75a             |  |
| Pr>Fc              | 0,52 <sup>ns</sup>                 | 0,30 <sup>ns</sup>         | 0,00**                  | 0,00**                             | 0,23 <sup>ns</sup> | 0,00**             | 0,02*          | 0,00**             | 0,00**             | 0,00**             | 0,86 <sup>ns</sup> | 0,00**             |  |
| Doses de Gesso - D |                                    |                            |                         |                                    |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    |                    |  |
| 0                  | 32,75                              | 23,25                      | 4,67                    | 23,12                              | 1,85               | 30,5               | 12,87          | 37,75              | 1,37               | 45,22              | 82,97              | 54,09              |  |
| 0,5                | 26,5                               | 24,12                      | 4,62                    | 24                                 | 1,76               | 27,62              | 13,37          | 40,75              | 1,50               | 42,76              | 83,51              | 51,50              |  |
| 1                  | 30,5                               | 26,75                      | 4,9                     | 24,62                              | 1,87               | 31,00              | 17,37          | 35,50              | 1,50               | 50,25              | 85,75              | 58,69              |  |
| 1,5                | 27,62                              | 25,62                      | 4,6                     | 25,37                              | 1,95               | 29,87              | 12,00          | 40,75              | 1,87               | 43,82              | 84,57              | 51,96              |  |
| 2                  | 27,75                              | 26,5                       | 4,66                    | 24,87                              | 2,03               | 32,37              | 12,87          | 39,75              | 2,00               | 47,28              | 84,03              | 53,89              |  |
| Pr>Fc              | 0,01*                              | 0,33 <sup>ns</sup>         | 0,41 <sup>ns</sup>      | 0,90 <sup>ns</sup>                 | 0,40 <sup>ns</sup> | 0,72 <sup>ns</sup> | 0,00**         | 0,59 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,46 <sup>ns</sup> | 0,88 <sup>ns</sup> | 0,39 <sup>ns</sup> |  |
| R <sup>2</sup> (%) | 73,11                              | -                          | -                       | -                                  | -                  | -                  | 64,51          | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |  |
| Equação            | Q <sup>1</sup>                     | -                          | -                       | -                                  | -                  | -                  | Q <sup>2</sup> | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |  |
| Pr>Fc-I x D        | 0,01*                              | 0,99 <sup>ns</sup>         | 0,36 <sup>ns</sup>      | 0,55 <sup>ns</sup>                 | 0,24 <sup>ns</sup> | 0,50 <sup>ns</sup> | 0,00**         | 0,59 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,27 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,56 <sup>ns</sup> |  |
| CV (%)             | 12,60                              | 15,83                      | 7,16                    | 19,94                              | 15,25              | 22,59              | 19,79          | 19,59              | 32,26              | 19,17              | 10,34              | 14,56              |  |
| DMS                | 2,36                               | 2,59                       | 0,21                    | 3,14                               | 0,18               | 4,80               | 1,75           | 4,92               | 0,11               | 5,67               | 5,66               | 5,08               |  |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. Em que: P= fósforo; M.O.= Matéria Organica; S= Enxofre; K= Potássio; Ca = Cálcio; Mg= Magnésio; H+Al= Hidrogênio+Alumínio; Al= Alumínio; SB= Soma de Bases; CTC= Capacidade de troca catiônica; V%=Saturação por bases. <sup>1</sup> y = 1,7857x<sup>2</sup> - 3,5214x + 29,493; <sup>2</sup> y = -6,6429x<sup>2</sup> + 13,636x + 8,9786.

**Tabela 7:** Atributos químicos do solo na camada de 0,10-0,20m após a colheita da aveia-preta inoculada com *Azospirillum brasilense*. Selviria, 2019.

| 0,10-0,20          |                                       |                            |                         |                                                |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| TRAT               | P<br>resina<br>mg<br>dm <sup>-3</sup> | M.O.<br>g dm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | S                                              | K                  | Ca                 | Mg             | H+Al               | Al                 | SB                 | CTC                | V                  |
|                    |                                       |                            |                         | ----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    | %                  |
| Inoculação         |                                       |                            |                         |                                                |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    |                    |
| Sem                | 24,55a                                | 20,90a                     | 4,45b                   | 39,60a                                         | 1,39a              | 19,20b             | 9,20b          | 42,90a             | 4,80a              | 29,79b             | 72,69a             | 41,14b             |
| Com                | 19,00b                                | 18,00b                     | 4,95a                   | 28,10b                                         | 1,01b              | 21,65a             | 10,40a         | 32,25b             | 2,40b              | 33,06a             | 68,31b             | 48,43a             |
| Pr>Fc              | 0,00**                                | 0,01*                      | 0,00**                  | 0,00**                                         | 0,00**             | 0,01*              | 0,03*          | 0,00**             | 0,00**             | 0,01*              | 0,04*              | 0,00**             |
| Doses de Gesso     |                                       |                            |                         |                                                |                    |                    |                |                    |                    |                    |                    |                    |
| 0                  | 18,75                                 | 17,25                      | 4,62                    | 34,37                                          | 1,18               | 17,62              | 8,37           | 38,87              | 3,62               | 27,18              | 66,06              | 41,71              |
| 0,5                | 22,25                                 | 19,25                      | 4,62                    | 31,62                                          | 1,31               | 23,25              | 11,87          | 40,62              | 5,62               | 36,43              | 77,06              | 47,93              |
| 1                  | 15,62                                 | 20,50                      | 5,00                    | 33,87                                          | 1,16               | 22,37              | 10,25          | 37,25              | 2,25               | 33,78              | 71,03              | 47,51              |
| 1,5                | 24,62                                 | 20,12                      | 4,50                    | 33,75                                          | 1,21               | 20,50              | 10,00          | 39,50              | 2,87               | 31,71              | 71,21              | 44,69              |
| 2                  | 27,62                                 | 20,37                      | 4,70                    | 32,75                                          | 1,13               | 18,37              | 8,50           | 39,12              | 3,62               | 28,01              | 67,13              | 42,10              |
| Pr>Fc              | 0,00**                                | 0,28 <sup>ns</sup>         | 0,06 <sup>ns</sup>      | 0,54 <sup>ns</sup>                             | 0,84 <sup>ns</sup> | 0,00**             | 0,00**         | 0,91 <sup>ns</sup> | 0,00**             | 0,00*              | 0,01*              | 0,15 <sup>ns</sup> |
| R <sup>2</sup> (%) | 85,54                                 | -                          | -                       | -                                              | -                  | 75,38              | 63,55          | -                  | -                  | 69,51              | 84,72              | -                  |
| Equação            | Q <sup>3</sup>                        | -                          | -                       | -                                              | -                  | Q <sup>4</sup>     | Q <sup>5</sup> | -                  | Q <sup>6</sup>     | Q <sup>7</sup>     | Q <sup>8</sup>     | -                  |
| Pr>Fc - lxD        | 0,00**                                | 0,85 <sup>ns</sup>         | 0,05 <sup>ns</sup>      | 0,49 <sup>ns</sup>                             | 0,80 <sup>ns</sup> | 0,23 <sup>ns</sup> | 0,04*          | 0,22 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,48 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> |
| CV (%)             | 17,38                                 | 16,98                      | 7,27                    | 18,20                                          | 26,94              | 15,36              | 18,01          | 18,08              | 24,32              | 13,03              | 9,33               | 13,76              |
| DMS                | 2,44                                  | 2,13                       | 0,22                    | 3,98                                           | 0,21               | 2,02               | 1,14           | 4,56               | 0,56               | 2,64               | 4,24               | 3,97               |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. Em que: P= fósforo; M.O.= Matéria Orgânica; S= Enxofre; K= Potássio; Ca = Cálcio; Mg= Magnésio; H+Al= Hidrogênio+Alumínio; Al= Alumínio; SB= Soma de Bases; CTC= Capacidade de troca catiônica; V% =Saturação por bases. <sup>3</sup> y = 13,429x<sup>2</sup> - 24,557x + 28,964; <sup>4</sup> y = -5,1429x<sup>2</sup> + 9,5857x + 19,779; <sup>5</sup> y = -3,2143x<sup>2</sup> + 5,6786x + 9,5429; <sup>6</sup> y = 1,5714x<sup>2</sup> - 3,9429x + 6,3857; <sup>7</sup> y = -8,44x<sup>2</sup> + 15,44x + 30,284; <sup>8</sup> y = -11,297x<sup>2</sup> + 21,654x + 63,605.

**Tabela 8:** Atributos químicos do solo na camada de 0,20-0,40m após a colheita da aveia-preta inoculada com *Azospirillum brasilense*. Selviria, 2019.

| 0,20-0,40          |                                    |                            |                         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| TRAT               | P<br>resina<br>mg dm <sup>-3</sup> | M.O.<br>g dm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | S                  | K                  | Ca                 | Mg                 | H+Al               | Al                 | SB                 | CTC                | V                  |
| Inoculação - I     |                                    |                            |                         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Sem                | 8,80b                              | 16,75                      | 4,60b                   | 49,45a             | 0,97a              | 13,70b             | 6,45b              | 36,50a             | 2,25               | 21,12b             | 57,62              | 36,76b             |
| Com                | 14,70a                             | 15,45                      | 5,00a                   | 36,40b             | 0,74b              | 16,75a             | 7,65a              | 31,60b             | 1,90               | 25,14a             | 56,74              | 44,31a             |
| Pr>Fc              | 0,00**                             | 0,07 <sup>ns</sup>         | 0,00**                  | 0,00**             | 0,00**             | 0,01*              | 0,00**             | 0,01*              | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,00**             | 0,70 <sup>ns</sup> | 0,0**              |
| Doses de Gesso - D |                                    |                            |                         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 0                  | 9,62                               | 16,87                      | 4,62                    | 42,37              | 1,13               | 16,25              | 7,87               | 34,37              | 2,12               | 25,26              | 59,63              | 42,56              |
| 0,5                | 20,87                              | 15,75                      | 4,87                    | 40,87              | 0,73               | 14,37              | 7,00               | 34,25              | 2,00               | 22,11              | 56,36              | 39,90              |
| 1                  | 10,25                              | 16,12                      | 5,00                    | 42,75              | 0,80               | 16,25              | 7,25               | 33,00              | 1,87               | 24,30              | 57,30              | 41,83              |
| 1,5                | 8,37                               | 15,25                      | 4,75                    | 46,12              | 0,65               | 14,62              | 6,62               | 33,00              | 2,12               | 21,90              | 54,90              | 40,23              |
| 2                  | 9,60                               | 16,50                      | 4,75                    | 42,50              | 0,96               | 14,62              | 6,50               | 35,62              | 2,25               | 22,08              | 57,71              | 38,16              |
| Pr>Fc              | 0,00**                             | 0,63 <sup>ns</sup>         | 0,26 <sup>ns</sup>      | 0,79 <sup>ns</sup> | 0,00**             | 0,72 <sup>ns</sup> | 0,18 <sup>ns</sup> | 0,90 <sup>ns</sup> | 0,88 <sup>ns</sup> | 0,39 <sup>ns</sup> | 0,77 <sup>ns</sup> | 0,66 <sup>ns</sup> |
| R <sup>2</sup> (%) | 87,53                              | -                          | -                       | -                  | 71,86              | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| Modelo             | Q <sup>9</sup>                     | -                          | -                       | -                  | Q <sup>10</sup>    | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| Pr>Fc - IxD        | 0,00**                             | 0,99 <sup>ns</sup>         | 0,26 <sup>ns</sup>      | 0,62 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,55 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,58 <sup>ns</sup> | 0,20 <sup>ns</sup> | 0,40 <sup>ns</sup> | 0,90 <sup>ns</sup> | 0,24 <sup>ns</sup> |
| CV (%)             | 20,70                              | 13,82                      | 7,12                    | 19,69              | 17,78              | 24,23              | 17,08              | 17,87              | 36,54              | 18,33              | 12,85              | 15,48              |
| DMS                | 1,50                               | 1,43                       | 0,22                    | 5,45               | 0,09               | 2,38               | 0,77               | 3,93               | 0,48               | 2,73               | 4,74               | 4,05               |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. Em que: P= fósforo; M.O.= Matéria Orgânica; S= Enxofre; K= Potássio; Ca = Cálcio; Mg= Magnésio; H+Al= Hidrogênio+Alumínio; Al= Alumínio; SB= Soma de Bases; CTC= Capacidade de troca catiônica; V%= Saturação por bases. <sup>9</sup>  $y = 4,7143x^2 - 9,0286x + 10,757$ ; <sup>10</sup>  $y = 0,0286x^2 - 0,1251x + 0,820$ .

**Tabela 9:** Atributos químicos do solo na camada de 0,40-0,60m após a colheita da aveia-preta inoculada com *Azospirillum brasilense*. Selviria, 2019.

| 0,40-0,60          |                                 |                            |                         |                    |                    |                    |                    |                                      |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| TRAT               | P resina<br>mg dm <sup>-3</sup> | M.O.<br>g dm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | S<br>-----         | K                  | Ca                 | Mg                 | H+Al<br>mmolc dm <sup>-3</sup> ----- | Al                 | SB                 | CTC                | V<br>%             |
| Inoculação - I     |                                 |                            |                         |                    |                    |                    |                    |                                      |                    |                    |                    |                    |
| Sem                | 7,00                            | 15,50                      | 4,90                    | 38,25              | 0,57               | 13,40              | 6,65               | 26,65                                | 1,75a              | 20,62              | 47,27              | 43,24              |
| Com                | 6,75                            | 14,05                      | 4,70                    | 40,40              | 0,58               | 13,30              | 7,40               | 24,85                                | 1,40b              | 21,28              | 46,13              | 45,54              |
| Pr>Fc              | 0,63 <sup>ns</sup>              | 0,17 <sup>ns</sup>         | 0,42 <sup>ns</sup>      | 0,38 <sup>ns</sup> | 0,73 <sup>ns</sup> | 0,91 <sup>ns</sup> | 0,22 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup>                   | 0,02*              | 0,63 <sup>ns</sup> | 0,52 <sup>ns</sup> | 0,19 <sup>ns</sup> |
| Doses de Gesso – D |                                 |                            |                         |                    |                    |                    |                    |                                      |                    |                    |                    |                    |
| 0                  | 9,12                            | 17,87                      | 4,87                    | 38,25              | 0,65               | 14,50              | 8,12               | 25,75                                | 1,62               | 23,27              | 49,02              | 47,10              |
| 0,5                | 9,75                            | 14,62                      | 4,12                    | 41,00              | 0,55               | 13,62              | 6,50               | 24,00                                | 1,25               | 20,67              | 44,67              | 45,54              |
| 1                  | 6,50                            | 14,75                      | 5,00                    | 38,87              | 0,56               | 15,75              | 8,37               | 26,5                                 | 1,50               | 24,68              | 51,18              | 48,37              |
| 1,5                | 6,25                            | 13,62                      | 5,00                    | 37,37              | 0,53               | 11,37              | 6,00               | 25,37                                | 1,62               | 17,91              | 43,28              | 41,21              |
| 2                  | 2,75                            | 13,00                      | 5,00                    | 41,12              | 0,60               | 11,50              | 6,12               | 27,12                                | 1,87               | 18,22              | 45,35              | 39,73              |
| Pr>Fc              | 0,00**                          | 0,05 <sup>ns</sup>         | 0,13 <sup>ns</sup>      | 0,81 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,02*              | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,39 <sup>ns</sup>                   | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,01*              | 0,04*              | 0,01*              |
| R <sup>2</sup> (%) | 83,86                           | -                          | -                       | -                  | -                  | 80,92              | -                  | -                                    | -                  | 60,35              | 51,17              | 67,64              |
| Modelo             | Q <sup>11</sup>                 | -                          | -                       | -                  | -                  | Q <sup>12</sup>    | -                  | -                                    | -                  | Q <sup>14</sup>    | Q <sup>15</sup>    | Q <sup>16</sup>    |
| Pr>Fc - IxD        | 0,00**                          | 0,63 <sup>ns</sup>         | 0,35 <sup>ns</sup>      | 0,83 <sup>ns</sup> | 0,85 <sup>ns</sup> | 0,03*              | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup>                   | 0,54 <sup>ns</sup> | 0,03*              | 0,00**             | 0,22 <sup>ns</sup> |
| CV (%)             | 23,72                           | 22,22                      | 16,36                   | 19,48              | 16,2               | 22,68              | 27,47              | 12,65                                | 28,98              | 20,55              | 12,00              | 12,27              |
| DMS                | 1,05                            | 2,11                       | 0,50                    | 4,94               | 0,06               | 1,95               | 1,24               | 2,10                                 | 0,29               | 2,78               | 3,61               | 3,51               |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. \*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. Em que: P= fósforo; M.O.= Matéria Orgânica; S= Enxofre; K= Potássio; Ca = Cálcio; Mg= Magnésio; H+Al= Hidrogênio+Alumínio; Al= Alumínio; SB= Soma de Bases; CTC= Capacidade de troca catiônica; V%=Saturação por bases. <sup>11</sup> y = 1,1429x<sup>2</sup> - 5,8857x + 11,171; <sup>12</sup> y = -3,3571x<sup>2</sup> + 3,6643x + 14,671; <sup>13</sup> y = 0,5x<sup>2</sup> - 2,15x + 8,8; <sup>14</sup> y = -2,7629x<sup>2</sup> + 1,3037x + 24,123; <sup>15</sup> y = -2,9771x<sup>2</sup> + 1,7823x + 48,815; <sup>16</sup> y = -4,1057x<sup>2</sup> + 3,1094x + 48,587.

### **3.3 Atributos físicos do solo após colheita da cultura da aveia preta**

Após a amostragem para fertilidade, realizou-se coleta para a caracterização física do solo, onde se avaliou a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e a densidade do solo (Tabelas 10 e 1). Como observado, após 24 meses sem reaplicação de gesso agrícola, as características analisadas não apresentaram diferenças significativas, com excessão da macroporosidade na profundidade 0-0,10 m, onde as parcelas não inoculadas apresentaram os melhores resultados, provavelmente pelo efeito de que, nas parcelas inoculadas, o maior crescimento radicular pode ter sido aprofundado nas camadas de subsuperfície.

Em relação à densidade do solo (DS), as camadas de 0,0 – 0,10 m e 0,10 – 0,20m (Tabela 10) apresentaram valores maiores que o considerado crítico por Suzuki (2005) de 1,36 kg dm<sup>3</sup> para solo argiloso, e por isso, como constatado por ele em plantas de milho, as raízes podem encontrar maior resistência para seu desenvolvimento, prejudicando a produtividade final da cultura. Essa compactação nas camadas superficiais pode ser explicada pelo tráfego de máquinas aliado ao não revolvimento do solo no sistema plantio direto, como observado por Collares et al. (2006), entretanto aqui, sem efeito no crescimento e produção da aveia preta.

Nas profundidades 0,20 – 0,40 m e 0,40 – 0,60 m (Tabela 11), os valores estão abaixo do considerado prejudicial por Suzuki (2005), permitindo aprofundamento radicular com menores impedimentos físicos. Esses menores valores podem ser explicados pelas culturas que foram inseridas na área experimental, como a braquiária e a própria aveia-preta, que contam com sistemas radiculares fasciculados e volumosos, contribuindo para a formação de canais no solo, diminuindo sua compactação, como observado por Bortolini (2005), com aditivo da movimentação de bases, principalmente o Ca<sup>2+</sup>, que tem função agregante no solo.

**Tabela 10:** Atributos físicos do solo nas camadas de 0-0,10; 0,10- 0,20 m após a colheita da aveia-preta inoculada com *Azospirillum brasilense*. Selviria, 2019.

| TRAT                     | 0-0,10 m           |                    |                    |                               | 0,10-0,20 m        |                    |                    |                               |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|
|                          | MA<br>%            | MI<br>%            | PT<br>%            | DS.<br>(kg dm <sup>-3</sup> ) | MA<br>%            | MI<br>%            | PT<br>%            | DS.<br>(kg dm <sup>-3</sup> ) |
| <b>Inoculação - I</b>    |                    |                    |                    |                               |                    |                    |                    |                               |
| sem                      | 1,85a              | 42                 | 44,03              | 1,47                          | 2,73               | 40,5               | 43,23              | 1,46                          |
| com                      | 1,56b              | 42,18              | 43,33              | 1,47                          | 2,61               | 40,7               | 43,17              | 1,44                          |
| Pr>Fc                    | 0,03*              | 0,84 <sup>ns</sup> | 0,42 <sup>ns</sup> | 0,89 <sup>ns</sup>            | 0,28 <sup>ns</sup> | 0,81 <sup>ns</sup> | 0,94 <sup>ns</sup> | 0,47 <sup>ns</sup>            |
| <b>Doses de Gesso -D</b> |                    |                    |                    |                               |                    |                    |                    |                               |
| 0                        | 1,71               | 42,48              | 44,18              | 1,46                          | 2,83               | 39,57              | 42,39              | 1,37                          |
| 0,5                      | 1,69               | 42,49              | 43,91              | 1,45                          | 2,72               | 39,92              | 42,65              | 1,48                          |
| 1                        | 1,75               | 42,05              | 43,81              | 1,47                          | 2,63               | 40,78              | 43,42              | 1,45                          |
| 1,5                      | 1,71               | 41,12              | 42,84              | 1,52                          | 2,64               | 39,42              | 42,07              | 1,45                          |
| 2                        | 1,67               | 42,3               | 43,66              | 1,45                          | 2,53               | 43,32              | 45,47              | 1,48                          |
| Pr>Fc                    | 0,99 <sup>ns</sup> | 0,85 <sup>ns</sup> | 0,89 <sup>ns</sup> | 0,41 <sup>ns</sup>            | 0,49 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup>            |
| Pr>Fc-lxD                | 0,68 <sup>ns</sup> | 0,94 <sup>ns</sup> | 0,93 <sup>ns</sup> | 0,92 <sup>ns</sup>            | 0,59 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,40 <sup>ns</sup> | 0,18 <sup>ns</sup>            |
| CV(%)                    | 23,56              | 6,63               | 6,28               | 5,81                          | 12,81              | 6,6                | 6,48               | 6,07                          |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de t (Student) a 5% de probabilidade. Em que: MA: Macroporosidade; MI: Microporosidade; PT= Porosidade Total; DS: Densidade do Solo.

**Tabela 11:** Atributos físicos do solo nas camadas de 0,20 – 0,40 ; 0,40 – 0,60 m após a colheita da aveia-preta inoculada com *Azospirillum brasilense*. Selviria, 2019.

| TRAT                  | 0,20-0,40 m        |                    |                    |                               | 0,40-0,60 m        |                    |                    |                               |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|
|                       | MA<br>%            | MI<br>%            | PT<br>%            | DS.<br>(kg dm <sup>-3</sup> ) | MA<br>%            | MI<br>%            | PT<br>%            | DS.<br>(kg dm <sup>-3</sup> ) |
| <b>Inoculação</b>     |                    |                    |                    |                               |                    |                    |                    |                               |
| sem                   | 5,34               | 42,78              | 48,08              | 1,31                          | 4,8                | 45,38              | 50,19              | 1,26                          |
| com                   | 5,13               | 41,91              | 47,06              | 1,32                          | 4,54               | 46,65              | 50,64              | 1,24                          |
| Pr>Fc                 | 0,18 <sup>ns</sup> | 0,31 <sup>ns</sup> | 0,23 <sup>ns</sup> | 0,99 <sup>ns</sup>            | 0,37 <sup>ns</sup> | 0,36 <sup>ns</sup> | 0,72 <sup>ns</sup> | 0,51 <sup>ns</sup>            |
| <b>Doses de Gesso</b> |                    |                    |                    |                               |                    |                    |                    |                               |
| 0                     | 5,33               | 40,86              | 46,18              | 1,27                          | 5,14               | 46,48              | 50,22              | 1,22                          |
| 0,5                   | 5,06               | 42,42              | 47,47              | 1,37                          | 4,38               | 46,47              | 50,86              | 1,24                          |
| 1                     | 5,33               | 41,98              | 47,29              | 1,33                          | 4,46               | 44,82              | 49,29              | 1,28                          |
| 1,5                   | 5,01               | 42,55              | 47,65              | 1,3                           | 4,74               | 45,46              | 50,21              | 1,25                          |
| 2                     | 5,43               | 43,92              | 49,25              | 1,29                          | 4,63               | 46,86              | 51,5               | 1,25                          |
| Pr>Fc                 | 0,32 <sup>ns</sup> | 0,27 <sup>ns</sup> | 0,26 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup>            | 0,53 <sup>ns</sup> | 0,87 <sup>ns</sup> | 0,84 <sup>ns</sup> | 0,70 <sup>ns</sup>            |
| Pr>Fc-lxD             | 0,69 <sup>ns</sup> | 0,17 <sup>ns</sup> | 0,18 <sup>ns</sup> | 0,22 <sup>ns</sup>            | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,67 <sup>ns</sup> | 0,86 <sup>ns</sup> | 0,69 <sup>ns</sup>            |
| CV (%)                | 9,18               | 6,36               | 5,59               | 6,06                          | 20,22              | 9,54               | 7,85               | 6,62                          |

Em que: MA: Macroporosidade; MI: Microporosidade; PT= Porosidade Total; DS: Densidade do Solo.

### 3.4 Componentes morfológicos e de produção da soja subsequente à cultura da aveia preta

Para cultura da soja, quando avaliado a altura de plantas (ALT) relacionado à inoculação com *A. brasilense*, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, corroborando com MANTELI et al. (2019), que também avaliaram o efeito da co-inoculação em sementes de soja. Ademais, quando avaliado a ALT relacionada às doses de gesso, não houve também efeito residual, discrepante aos resultados verificados por Chagas (2019), que constatou aumento na altura das plantas quando em presença desse insumo agrícola aplicado a soja, entretanto, em avaliação mais precoce que os 24 meses de residual aqui avaliados em um Latossolo Vermelho distrófico.

**Tabela 12:** Médias de altura de plantas (ALT), de inserção da primeira vagem (ALTPV) e população de plantas (POP), em função da inoculação por *Azospirillum brasilense* e do residual da gessagem na cultura da soja . Selvíria - MS, 2020.

| Tratamentos    | ALT<br>cm            | ALTPV<br>cm          | POP<br>Plantas ha <sup>-1</sup> |
|----------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| Inoculação – I |                      |                      |                                 |
| Sem            | 117,72               | 12,07                | 219444                          |
| Com            | 114,97               | 12,65                | 214074                          |
| Pr > Fc        | 0,0625 <sup>ns</sup> | 0,5160 <sup>ns</sup> | 0,4996 <sup>ns</sup>            |
| Doses – D      |                      |                      |                                 |
| 0              | 115,17               | 12,58                | 220833                          |
| 0,5            | 115,16               | 11,61                | 213425                          |
| 1,0            | 119,61               | 13,14                | 218981                          |
| 1,5            | 115,65               | 11,99                | 213888                          |
| 2,0            | 116,13               | 12,49                | 216666                          |
| Pr > Fc        | 0,26 <sup>ns</sup>   | 0,83 <sup>ns</sup>   | 0,96 <sup>ns</sup>              |
| DMS            | 2,90                 | 1,80                 | 16047                           |
| Pr > F – I x D | 0,25 <sup>ns</sup>   | 0,45 <sup>ns</sup>   | 0,63 <sup>ns</sup>              |
| CV (%)         | 3,86                 | 22,56                | 11,46                           |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. \*: significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ns não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa, CV: coeficiente de variação.

Para altura de inserção da primeira vagem (ALTPV), também não houve efeito da inoculação e residual da aplicação de gesso, desta vez, corroborando aos resultados encontrados por Chagas (2019), o qual também não detectou melhorias nesse componente com a aplicação do gesso.

Ao se avaliar os componentes de produção (Tabelas 12 e 13), nota-se que não houve efeito dos tratamentos para população de plantas (POP), número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP) e massa de 100 grãos (M100), diferentemente ao encontrado por Freitas et al. (2016), que constataram aumento da M100 com uso de gesso agrícola.

**Tabela 13:** Médias de número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos de soja (PG), em função da inoculação por *Azospirillum brasilense* e do residual da gessagem na cultura da soja . Selvíria - MS, 2020.

| Tratamentos    | NVP                | NGP                | M100<br>g            | PG<br>kg ha <sup>-1</sup> |
|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|
| Inoculação - I |                    |                    |                      |                           |
| Sem            | 52,33              | 114,42             | 16,92                | 3455b                     |
| Com            | 54,21              | 120,57             | 17,33                | 4030a                     |
| Pr > Fc        | 0,47 <sup>ns</sup> | 0,35 <sup>ns</sup> | 0,2029 <sup>ns</sup> | 0,01*                     |
| Doses – D      |                    |                    |                      |                           |
| 0              | 51,90              | 115,33             | 17,22                | 3696                      |
| 0,5            | 50,96              | 113,92             | 16,80                | 3756                      |
| 1              | 55,88              | 122,52             | 17,27                | 3883                      |
| 1,5            | 53,57              | 118,61             | 17,16                | 3458                      |
| 2,0            | 54,02              | 117,08             | 17,18                | 3921                      |
| Pr > Fc        | 0,77 <sup>ns</sup> | 0,93 <sup>ns</sup> | 0,88 <sup>ns</sup>   | 0,71 <sup>ns</sup>        |
| DMS            | 52,92              | 132,70             | 0,63                 | 462,25                    |
| Pr > F – I x D | 0,42 <sup>ns</sup> | 0,66 <sup>ns</sup> | 0,37 <sup>ns</sup>   | 0,82 <sup>ns</sup>        |
| CV (%)         | 15,38              | 17,49              | 5,74                 | 19,12                     |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. \*: significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ns não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa, CV: coeficiente de variação.

Para a produtividade de grãos de soja (PG) houve diferença significativa para inoculação, com maiores valores obtidos nos tratamentos onde as gramíneas antecessoras foram inoculadas com *Azospirillum brasilense*, corroborando com os resultados encontrados por Okon e Labandera - González (1994), que durante 20 anos avaliaram experimentos de *A. brasilense* e conferiram que mesmo em condições edafoclimáticas diferentes,

essas bactérias foram capazes de incrementar a produtividade de diversas culturas.

Quando compara-se a PG das parcelas inoculadas e das não inoculadas com *A. brasilense*, há diferença de 574,6 kg ha<sup>-1</sup>. Convertendo esse valor, resulta em aproximadamente 9,5 sacas de soja por hectare a mais para as parcelas inoculadas. Tendo em vista que o inoculante utilizado custa R\$ 17,00, o produtor passaria a ter lucro de R\$ 1425,00 por hectare (9,5 sacas X R\$ 150,00 por saca).

Ao avaliar a PG relacionada às doses de gesso residual, não houve diferenças significativas, diferente do encontrado por Nora et al. (2017), que relata maiores produtividade em doses de 5,7 e 6,2 t ha<sup>-1</sup>, ou seja, doses próximas à alguns tratamentos utilizados nessa pesquisa. Deve-se destacar que o aprofundamento do sistema radicular da soja em função da gessagem pode ter sido pouco pronunciado neste experimento, visto que não houve limitação hídrica no período de condução da cultura, com adequada distribuição e quantidade de chuvas (Figura 1).

#### 4. CONCLUSÃO

A inoculação com *A. brasilense* na cultura da aveia-preta aumenta a produção de matéria seca, proporcionando uma melhor cobertura do solo, interessante para o sistema de plantio direto.

Quanto à prática da gessagem, houve resposta positiva, com ajuste quadrático, e máxima eficiência da gessagem na dose de 4871 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, próxima a dose padrão (5700 kg ha<sup>-1</sup>) calculada e aplicada em 2017 seguindo a metodologia de Caires e Guimarães (2016) de recomendação.

A inoculação de *A. brasilense* proporcionou menores teores de Alumínio e maiores teores de cálcio, magnésio e V%, nas camadas 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, 24 meses após a gessagem.

A inoculação com *A. brasilense* nas gramíneas antecessoras à soja proporciona aumento na produtividade de grãos.

## 5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. F.; TEDESCHI, L.; TEDESCHI, G.; PANTOLFI, N.; OUROS, C. C.; ANDREOTTI, M. Produtividade de matéria seca e composição bromatológica de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura no inverno em cerrado. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 49., 2012, Brasília. Anais [...] Brasília, DF: SBZ, v. 1, 2012. 1 CD-ROM.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 132 p
- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. **Potencialidad de Azospirillum en optimizar el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas**.
- BORTOLINI, C. G. Rotação de culturas no sistema plantio direto. In: **ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO**, Tangará da Serra, 2005. Anais. Tangará da Serra, Gráfica e Editora Sanches, p. 115-118, 2005.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.
- BRANCALÃO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 393-404, 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.
- CARVALHO, J. J. de.; COSTA, C. D. O.; PACHECO, A.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. da.; TEIXEIRA, M. B. T. Cultivo de aveia preta irrigada submetida a

adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 6, p. 502-513, 2014a.

CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). **Azospirillum spp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.

CHAGAS, P; **Características físicas do solo e produção de milho e soja influenciadas por doses de calcário e gesso na implantação do sistema de semeadura direta**. Tese (Mestrado em Agronomia)- Universidade federal de Mato Grosso do Sul câmpus de Chapadão do Sul. Chapadão do Sul, p 46, 2019.

CHEN, L.; DICK, W.A. **Gypsum as an Agricultural Amendment: General Use Guidelines**. The Ohio State University Extension, Columbus. 2011.

CHI, C. M.; ZHAO, C. W.; SUN, X. J.; WANG, Z. C. **Reclamation of saline-sodic soil properties and improvement of rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield using desulfurized gypsum in the west of Songnen Plain, northeast China**. *Geoderma*, Amsterdam, v. 187, p. 24-30, 2012.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura pecuária**. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2010. 84 p. **(Dissertação de Mestrado)**

COLLARES, G. L. et al. **Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo**. *Revista Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 41, n. 11 p. 1663-1674. nov., 2006.

CORREA FILHO, D. V. B.; CORREIA, E. C. S. da S.; DOMINGUES NETO, F. J.; SANTOS, D. V. dos.; SILVA, T. A da.; MONTEIRO, R. N. F.; FONTANA, L. F. **Crescimento e desenvolvimento de aveia preta em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada**. *Colloquium Agrariae*, Presidente Prudente, v. 13, n. 2, p. 01-08, 2017.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. **Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto**. Bragantia, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

DEMATTE, 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.)

DEMÉTRIO, J. V.; COSTA, A. C. T.; OLIVEIRA, P. S. R. **Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de cortes**. Pesquisa Tropical Goiânia, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 198-205, 2012.

DÖBEREINER, J; BALDANI, J. I; BALDANI, V. L. D. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília, DF: EMBRAPA, SPI; Itaguaí: EMBRAPA, CNPAB, 1995. 60 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

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 Agrícola, Piracicaba, v.58, n.4, p.825-831, out./dez. 2001.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glycine max* con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Artículos Técnicos – **Engormix: Agricultura**, Santa Fe, 2006.

FERREIRA Reinaldo et al. Toxidez de alumínio em culturas anuais. **Embrapa**, 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/47901/4/Documentos63.pdf>> Acesso em: 10 de julho de 2020.

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.

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).

HUNGRIA, Mariangela. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **EMBRAPA**, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29676/1/Inoculacao-com-azospirillum.pdf>> Acesso em: 19 de junho de 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.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1994. 62p. (Boletim Técnico, 5).

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004.

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

MANTELI, C. et al. Inoculação e coinoculação de sementes no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 2, p. 111 – 122, 2019. Disponível em: <[https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/5d444a72d8ddc.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5d444a72d8ddc.pdf)>, acesso em: 31/05/2021

MENDONÇA, V. Z.; MELLO L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos

físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 37-251, 2013.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 37-251, 2013.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 37-251, 2013.

MILLÉO, M. V. R.; CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agronômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. *Revista Scientia Agraria* v. 17, p. 14-23, 2016.

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.

NETO, F; Influência de *azospirillum* brasileiro no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014 2013

NOVAKOWISKI, J. H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum* brasileiro na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1687 1698, 2011.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A. de.; CHENG, N. C. **Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum* brasileiro na cultura do milho**. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1687-1698, 2011.

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.

O que é a gessagem? Qual a diferença entre a gessagem e a calagem?. **UFRGS**, 2020. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/irgeb/2020/04/04/o-que-e-a-gessagem-qual-a-diferenca-entre-a-gessagem-e-a-calagem/>> Acesso em: 20 de abril de 2020.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C. Production, chemical composition and chlorophyll index of *Brachiaria* spp. after the intercrop with corn. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 232, p. 1041-1052, 2011.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEN, 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.

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

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 285, 1996.

RAMPIM, L.; LANA, M. D. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos do solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1687- 1698, 2011.

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

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

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. **Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado**. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 380-385, 2012.

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. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J. REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000

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. (INFOTECA-E), 2005.

SOUZA, D. M. G. & LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos. p.157 200, 2004.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 37, n. 5, p. 1016-1024, 1979.

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

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.

VITTI, G. C.; ZAVASCHI, E.; MOURA, T. D.; GOMES, M. H. F. Estudos confirmam efeitos favoráveis do gesso agrícola à cultura do milho. Embrapa/CPAC. Embrapa/CPAC. **Circular Técnica**, Brasília, v. 13, p. 51, 2015.