

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

VINÍCIUS RODRIGUES BARBOSA RASPINI DA FONSECA

**EFEITO RESIDUAL DA GESSAGEM EM ÁREAS COM OU SEM INOCULAÇÃO
POR *Azospirillum brasilense* NA PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MILHO E
CAPIM PAIAGUÁS**

**ILHA SOLTEIRA
NOVEMBRO 2023**

VINÍCIUS RODRIGUES BARBOSA RASPINI DA FONSECA

**EFEITO RESIDUAL DA GESSAGEM EM ÁREAS COM OU SEM INOCULAÇÃO
POR *Azospirillum brasilense* NA PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MILHO E
CAPIM PAIAGUÁS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo.

Nome do autor

**Vinícius Rodrigues Barbosa Raspini da
Fonseca**

Nome do orientador

Prof.º Dr.º Marcelo Andreotti

**ILHA SOLTEIRA
NOVEMBRO 2023**

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Fonseca , Vinicius Rodrigues Barbosa Raspini da.

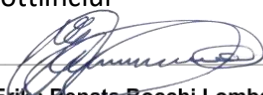
F676e Efeito residual da gessagem em áreas com ou sem inoculação por *Azospirillum brasilense* na produtividade do consórcio milho e capim Paiaguás / Vinicius Rodrigues Barbosa Raspini da Fonseca . -- Ilha Solteira: [s.n.],2023

50 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Marcelo AndreottiInclui

bibliografia


Erika Renata Bocchi Lomba
Bibliotecária - CRB/8 - 10792
Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

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: Efeito residual da gessagem em áreas com ou sem inoculação por *Azospirillum brasilense* sobre a produtividade do consórcio milho e capim Paiaguás

ALUNO: *Vinícius Rodrigues Barbosa Raspini da Fonseca* RA: 91050709

ORIENTADOR: Marcelo Andreotti

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

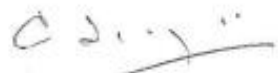
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Presidente (Orientador)



Dra. Viviane Cristina Modesto



Prof. Dr. Edson Lazarini



Vinícius Rodrigues Barbosa Raspini da Fonseca

Ilha Solteira, 24 de novembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, pois nada somos sem ele.

Dedico também a minha mãe Ana Maria Rodrigues Barbosa, por todo o incentivo e suor depositado em prol desta conquista.

E ao meu avô, João Luiz Barbosa por ter me ensinado a amar essa profissão tão nobre e linda.

AMO VOCÊS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me guiar e ser meu ponto forte nos dias difíceis.

A minha mãe por todo o esforço e confiança durante todos esses anos de graduação.

Ao Professor Dr. Marcelo Andreotti pela orientação durante esses anos, por todos os ensinamentos e pelas oportunidades, e a Dra. Viviane Modesto por todo o auxílio durante o período que estive presente na Equipe Andreotti e pela paciência e compreensão que tiveram comigo.

Agradeço a Republica Sócio e a todos os ex e atuais moradores pelo acolhimento, pelos dias memoráveis e pela irmandade construída ao longo dos anos. Agradeço em especial ao João Victor (Subway), Bruno Volpato (Rabicó) e Pedro Spricido (Toiçin) por toda a ajuda durante a coleta de dados do experimento. Agradeço também a minha namorada, Ana Laura, por toda a ajuda e por estar comigo em todos os momentos.

Agradeço à FE/UNESP e a todos os seus colaboradores por todos os ensinamentos e empenho durante o preparo, condução e avaliação do experimento.

“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito”. Martin Luther King.

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. Por sua vez, a integração lavoura-pecuária também vem ganhando muito espaço nos ambientes de produção, pois permite maior geração de renda e conservação dos recursos naturais. Além do uso da gessagem e da integração lavoura-pecuária, 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 e acúmulo de nutrientes na aveia preta com sementes inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense* e com a produtividade do milho consorciado com capim Paiáguas 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 2021/22. A inoculação com *A. brasilense* na cultura da aveia preta aumentou a produção de matéria seca, proporcionando melhor cobertura do solo, entretanto, o residual do gesso após 46 meses de sua aplicação diminuiu linearmente a produtividade de matéria seca da aveia preta. A inoculação por *Azospirillum brasilense* e o residual da gessagem não alteraram a produtividade do consórcio milho-capim. Houve resposta positiva a inoculação com *A. brasilense* para a manutenção da fertilidade do solo, principalmente por reduzir a lixiviação e aumentar a ciclagem de nutrientes em solo sob 10 anos em Sistema de Plantio Direto. O gesso agrícola foi eficaz como condicionador de solo, eliminando o Al tóxico em profundidade e aumentando o pH do solo. A interação entre doses de gesso x inoculação por *A. brasilenses* e mostrou benéfica na manutenção da fertilidade do solo. Após 52 meses da aplicação do gesso agrícola, o pH das camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m se tornou mais ácido que em comparação ao das profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m.

Palavras-chave: *Urochloa brizantha*, *Zea mays*, gessagem, bactérias promotoras de crescimento, integração lavoura-pecuária.

ABSTRACT

The application of agricultural gypsum has become frequent in agricultural production systems, since it provides improvements in the subsurface layers of the soil. In turn, crop-livestock integration has also been gaining a lot of space in production environments, because it allows greater income generation and conservation of natural resources. In addition to the use of plastering and crop-livestock integration, inoculation with growth-promoting bacteria, such as *Azospirillum brasilense*, has gained space in these systems by reducing production costs and improving the performance of inoculated plants. With this, the study 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), correlating them with the production of dry matter and accumulation of nutrients in black oats with seeds inoculated or not with *Azospirillum brasilense* and with the productivity of corn with Paiáguas grass consortium. The inoculation with *A. brasilense* in the culture of black oats increased the production of dry matter, providing a better soil cover, however, the residual of the gypsum after 46 months of its application linearly decreased the productivity of dry matter of black oats. The inoculation and the residual of the plastering did not change the productivity of the corn-Paiaguás grass consortium. There was a positive response to inoculation with *A. brasilense* for the maintenance of soil fertility, mainly by reducing leaching and increasing the cycling of nutrients in soil under 10 years in no-tillage system. Agricultural gypsum was effective as soil conditioning, eliminating toxic Al in depth and increasing the pH of the soil. The interaction between gypsum doses x inoculation by *A. brasilense* was beneficial in maintaining soil fertility. After 52 months of the application of agricultural gypsum, the pH of the layers of 0.0-0.10 and 0.10-0.20 m became more acidic than compared to the depths of 0.20-0.40 and 0.40-0.60 m, due to the leaching of exchangeable bases and decomposition of organic matter from the soil.

Keywords: *Urochloa brizantha*; *Zea mays*; plastering, Growth promoting bacteria, crop-livestock system.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4	CONCLUSÕES.....	45
5	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto (SPD) tem-se destacado como uma das estratégias mais eficazes para melhorar a sustentabilidade da agricultura brasileira, que devido a sua grande heterogeneidade de ambientes possui inúmeras limitações para que se alcance altos tetos produtivos (CAIRES et al., 2006). Aliado a essa técnica de cultivo, surgiram também os Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) ou Integração lavoura-pecuária (ILP), que visam fazer um melhor aproveitamento da área, por meio da rotação entre culturas graníferas e forrageiras, contribuindo assim para a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (COSTA et al., 2015).

Os SIPAs permitem ao produtor e sociedade ganhos em diferentes esferas, por meio da recuperação e manutenção das características produtivas do solo; da diversificação de oferta de produtos e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e com qualidade superior; redução da erosão e da biota nociva às espécies cultivadas, com a consequente redução da necessidade de defensivos agrícolas; e diversificação da renda. Deve-se considerar também a maior geração de tributos, de empregos diretos e indiretos, além de fixação do homem ao campo (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

No Cerrado, estima-se que existam 75 milhões de hectares de pastos nativos, naturalmente improdutivos e de baixo valor nutritivo, outros 50 milhões de hectares se encontram com pastagens cultivadas, dos quais são estimados que 80% possuam algum grau de degradação (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Devido à necessidade de tornar pastos improdutivos em áreas rentáveis ao produtor e de forma a gerar retorno financeiro rápido, surgiu o consórcio milho-braquiária. Os grãos pagam os custos da implantação e reforma das pastagens, deixando alimento com alto valor nutritivo após a colheita do milho, além de se beneficiar dos fertilizantes aplicados na cultura principal (DE ALMEIDA et al., 2019). A forrageira servirá como alimento para os animais e/ou como cobertura de solo, para a próxima cultura (CHIAVON, 2018).

Os solos do cerrado são caracterizados por seu alto grau de intemperismo e por sua acidez acentuada, apresentando 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 (CRISTOVAM, 2021; LOPES, 1994).

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), adubação fosfatada, adubação potássica e outras (LEPSCH, 2011). 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 toxicidade por Al^{3+} associada à sua acidez, bem como fornecer Ca e S, nutrientes de grande efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas (SOUSA et al., 2005).

Aproximadamente 70% da área agricultável do Cerrado, originalmente apresentavam na camada subsuperficial (abaixo de 0,20 m) saturação por alumínio acima de 10%, valor dado como prejudicial para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Outro problema encontrado é que cerca de 86 % destas áreas apresentam teores de cálcio (Ca) inferiores a 4 mmolc dm^{-3} na subsuperfície, prejudicando o desenvolvimento das raízes, o que compromete a absorção de água e nutrientes (SOUSA et al., 2005).

Por ser um subproduto da indústria do ácido fosfórico (H_3PO_4), resultado da reação de ácido sulfúrico sobre as rochas fosfatadas (CAIRES et al., 2003; FARIA et al., 2003; SÁVIO et al., 2011), o subproduto denominado gesso agrícola pode ser encontrado com relativa facilidade e com preço acessível pelos produtores rurais (CHEN e DICK, 2011), quando comparado aos fertilizantes minerais.

No SPD se preconiza pelo não revolvimento do solo e por isso o gesso agrícola vem apresentando resultados satisfatórios, principalmente como alternativa para alocar Ca em profundidade, devido a sua solubilidade maior em relação ao calcário (RAIJ et al., 1996). Porém, dessemelhante do calcário, o gesso possui função de condicionar a subsuperfície eliminando o alumínio tóxico (Al^{3+}) (BORGES et al., 2022). Esse efeito ocorre porque os íons Ca^{2+} advindos do gesso ocupam o lugar dos íons Al^{3+} , liberando esses para a solução do solo, enquanto os íons sulfato (SO_4^{2-}) reagem com este alumínio agora livre na solução, formando complexos de $\text{Al}(\text{SO}_4^+)$ que são considerados menos tóxicos às plantas e mais solúveis (VITTI et al. 2015), passíveis de lixiviação para camada mais profundas do solo.

Dessa forma, visando a rotação de culturas e manter o solo coberto durante todo o ano, é usual a introdução a Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) nos sistemas de produção. Planta pertencente à família das gramíneas (Poaceae), além de possuir ciclo anual, também tem como característica um desenvolvimento uniforme, bom perfilhamento e elevada relação carbono/nitrogênio, oferecendo rápida cobertura ao solo e ciclagem de nutrientes (CRISTOVAM, 2021; KICHEL e MIRANDA, 2000). Assim, se faz necessário mensurar a

produtividade de matéria seca das plantas de cobertura e o acúmulo de nutrientes, buscando calibrar de forma exata a adubação de correção, pois o balanço nutricional adequado no solo é fundamental para que seja possível atingir níveis produtivos satisfatórios dentro dos SIPAs (BENEDICTO, 2022).

Aliado às técnicas de manejo, emprego de gessagem e de plantas de cobertura, há também recursos biológicos que podem ser utilizados para estimular o crescimento radicular das culturas (CRISTOVAM, 2021). Esses microrganismos auxiliam na redução do uso de fertilizantes minerais, sendo que entre os diversos gêneros, destaca-se o *Azospirillum* (REIS JÚNIOR et al., 2008). Essa bactéria é conhecida por ser promotora do crescimento, tendo a capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988; KLOEPPER et al., 1989). Dentre os inúmeros benefícios é possível 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); além da sua ação como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008) e por aumentar o teor de clorofila e produção de raízes, com aumento também da altura das plantas e as deixando com uma cor verde mais intensa (HUNGRIA, 2010). Portanto, é possível melhorar a produtividade nos SIPAs por meio da inoculação em sementes de gramíneas com *A. brasilense* que auxiliam na redução dos custos de produção e aumento da absorção de água e nutrientes, tornando o ambiente mais resiliente (NAKAO et al., 2018).

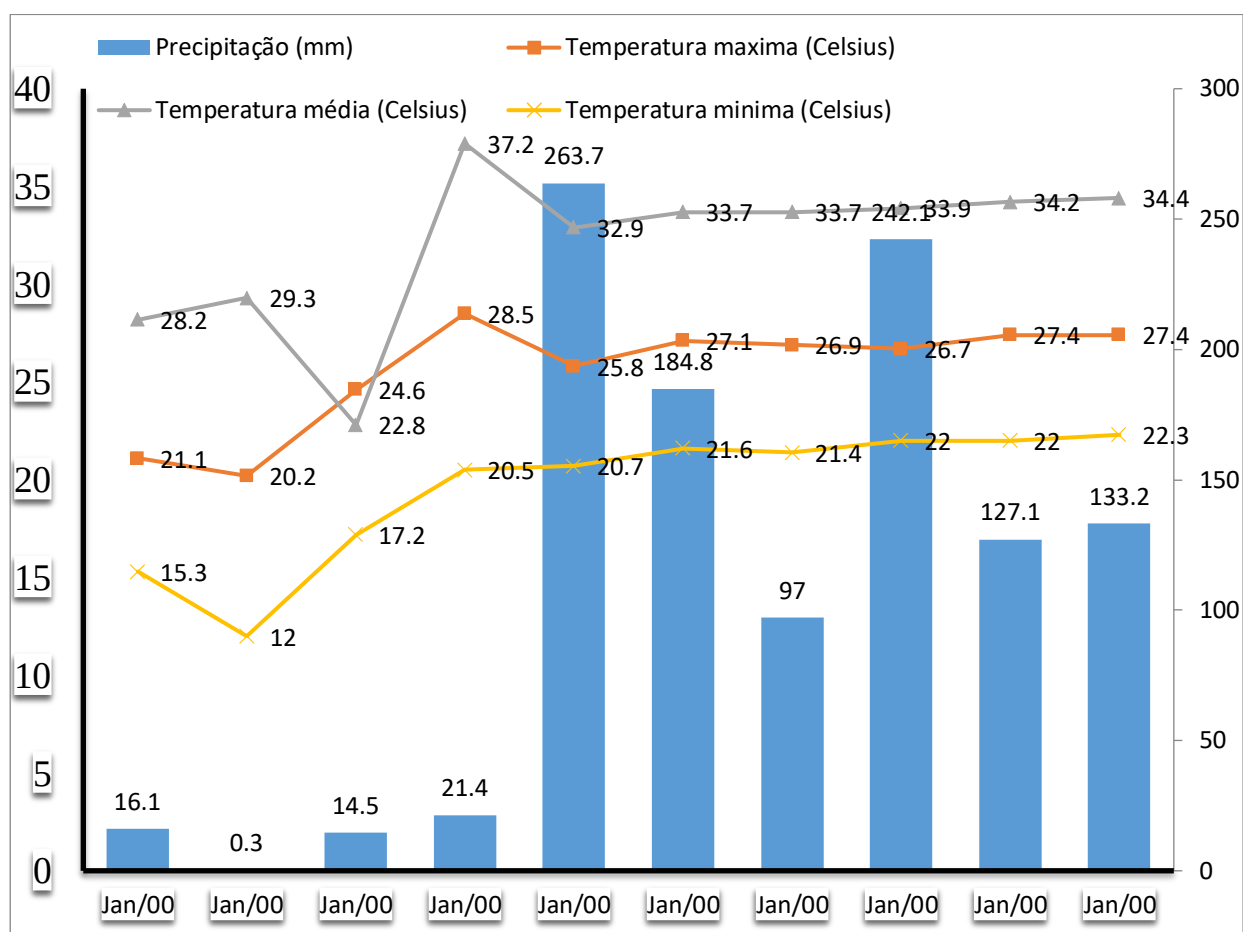
Neste contexto, o presente trabalho objetivou-se a avaliar o residual do gesso agrícola após 52 meses de sua aplicação em áreas inoculadas ou não com por *A. brasilense*, e qual a sua influência sobre a produtividade do consórcio milho com capim Paiaguás em sucessão a aveia preta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

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

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

Figura 1- Dados de precipitação, temperatura máxima, mínima e média do ar durante a condução do experimento na safra 2021/2022.



Nota: Dados coletados da estação meteorológica do laboratório de irrigação e drenagem localizado da FE/Unesp – Ilha Solteira. Fonte: Próprio autor.

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

A área na qual foi estabelecida a pesquisa, está sendo cultivada com culturas anuais em Sistema Plantio Direto (SPD) há 10 anos. A cultura que estava instalada quando foi coletado solo para análise inicial de fertilidade era a rebrota de capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Com o objetivo de caracterizar inicialmente a área, antes da semeadura da soja na safra 2017/2018 e para embasar o cálculo das doses de gesso, foram efetuadas coletas em 30 pontos de cada área (RAIJ et al. 2001), nas profundidades de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m (Tabela 1).

O delineamento experimental 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), com ou sem as sementes das gramíneas da rotação inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense*. As doses de gesso foram: 0 (controle); 2,9 (½ dose); 5,7 (dose da metodologia padrão); 8,5 (1,5 x da dose) e 11,4 t ha⁻¹ (dobro da dose padrão). Sendo cada unidade experimental (parcela) constituída por 9 m de largura e 6,3 m de comprimento, perfazendo 56,7 m².

Conforme os resultados e a necessidade, foi efetuada a gessagem segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016) para uso de gesso em SPD, com a camada diagnóstica de solo de 0,20 a 0,40 m. O gesso agrícola foi distribuído em cada tratamento em 06/11/2017, a lanco na superfície do solo e sem incorporação (Figura 2), com a cultura da soja semeada posteriormente em 09/11/2017, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e população de 350 mil plantas ha⁻¹, utilizando como adubação de semeadura 240 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16.

Tabela 1. Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20 e 0,20-0,40 m antes da aplicação do gesso (setembro de 2017), em área de sequeiro. Selvíria, 2017.

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

Após a colheita da soja (março de 2018), na safrinha (março a junho de 2018) foi utilizado o consórcio de sorgo granífero cv. Ranchero com capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (VC de 60 %) com as sementes do sorgo inoculado ou não com a bactéria *Azospirillum brasilense* (150 mL/20 kg de sementes (estirpes AbV5 e AbV6 - 9x10⁸ UFC/mL)), mantendo o mesmo

delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, zero (0), 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a dose de gesso baseada na metodologia de Caires e Guimarães (2016), em áreas com ou sem a inoculação por *A. brasilense* das gramíneas.

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



Fonte: Dados da pesquisa do autor

Após colheita do sorgo em consórcio, o capim Paiaguás foi deixado em livre crescimento até setembro de 2018, quando foi dessecado para formação de palhada e cultivo do milho em consórcio com o capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás (dezembro de 2018 a março de 2019), sendo novamente implantado sobre as mesmas parcelas experimentais, com ou sem inoculação das sementes de milho (100 mL/20 kg de sementes (estirpes AbV5 e AbV6 - 9×10^8 UFC/mL)). Para a implantação do milho em consórcio com o capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás, foi efetuada uma coleta de solo em novembro de 2018, nas camadas de 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 m, com a intenção de determinar as características químicas do solo e dar embasamento para a adubação do milho (Tabela 2).

Após dessecação do capim Paiaguás (maio de 2019), em junho de 2019 foi semeada a aveia preta (EMBRAPA 29) no mesmo delineamento dos cultivos antecessores, e novamente em área com ou sem a inoculação das sementes por *A. brasilense* (100 mL/25 kg de sementes

(estirpes AbV5 e AbV6 - 9×10^8 UFC/mL). Em setembro de 2019 foram colhidos os grãos da aveia para uso como sementes comerciais.

Tabela 2- Atributos químicos do solo nas camadas 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60m antes do cultivo do milho inoculado com *Azospirillum brasilense* em consórcio com o capim Paiaguás em área de sequeiro. Selvíria, 2018.

Camada (m)	P-resina mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	S mgdm ⁻³	K -----mmolcdm ⁻³	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	41,7	10
0,20-0,40	9,7	17,5	4,8	50,2	0,9	16,9	9,5	35,6	2,1	27,3	62,9	43,0	8,1
0,40-0,60	7,7	16,6	5,0	65,5	0,8	14,8	9,2	32,3	1,5	24,8	57,1	43,2	6,6

Sobre a palhada da aveia preta foi efetuada a semeadura da soja (novembro de 2019 a março de 2020), com utilização da cultivar TMG 7063 IPRO2, em espaçamento de 0,45 m e população almejada de 300 mil plantas ha⁻¹. Novamente, em maio de 2020 deu-se continuação à sucessão aveia preta – soja, em que a semeadura da aveia preta (EMBRAPA 29) ocorreu em maio de 2020, dessecação em agosto de 2020 e semeadura da soja cultivar TMG 7063 IPRO2, em espaçamento de 0,45 m e população almejada de 300 mil plantas ha⁻¹ em novembro de 2020.

Na safra 2020/21, a soja foi semeada sobre a palhada da aveia preta (novembro de 2020 a março de 2021), com utilização da cultivar TMG 7063 IPRO2, em espaçamento de 0,45 m e população almejada de 300 mil plantas ha⁻¹. Ao final do experimento (março de 2021), foram realizadas coletas de solo por parcela (10 amostras simples) para análises químicas conforme Raij et al. (2001) (fertilidade do solo) nas camadas de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, assim avaliando o efeito residual da gessagem aos 40 meses após aplicação do gesso.

Em 9 de junho de 2021 foi realizada a semeadura da aveia preta (EMBRAPA 29), a 0,17 m entrelinhas e com 70 sementes por m², em área com e sem a inoculação por *A. brasilense* (100 mL/25 kg de sementes (estirpes AbV5 e AbV6 - 9×10^8 UFC/mL). No dia 6 de julho de 2021 foi feita a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de uréia NBPT (produto comercial Excellen®) na formulação de 46-00-00 em cobertura, seguindo as recomendações de Raij et al. (1997). Em todos os cultivos respeitou-se o mesmo delineamento, mantendo as parcelas nas mesmas

posições conforme o delineamento inicial, tanto para avaliação do residual da gessagem, quanto ao histórico de inoculação ou não das gramíneas com *A. brasilense*

A semeadura do consórcio milho-braquiária, objeto principal deste trabalho, se deu subsequentemente ao final do ciclo da aveia preta, não sendo necessária a sua dessecação com herbicidas (Figura 2). A implantação do consórcio foi realizada no dia 08/11/2021, obedecendo o espaçamento de 0,45 m nas entrelinhas e 3,3 sementes de milho por metro. O híbrido escolhido foi o SEMPRE 22S18 TP2, o material em questão é precoce e possui alta amplitude de semeadura, além de ser tolerante ao enfezamento, transmitido pela cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*). A adubação de semeadura foi realizada com 330 kg ha⁻¹ do formulado 11-52-00. As sementes do milho foram inoculadas com *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 - 9x10⁸ UFC/mL, na dose de 200mL para cada 60 mil sementes, na formulação turfosa), sendo a operação realizada momentos antes da semeadura, à sombra, e nas sementes. O capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás foi semeado na entrelinha da cultura principal, com 7,8 kg ha⁻¹ de sementes (VC=72%). Quando o milho se encontrava em estágio V3, foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N (ureia) em cobertura. Não foi necessário realizar a supressão do capim por meio do uso de herbicidas.

O manejo fitossanitário da cultura foi o mesmo recomendado para o milho na região onde estava instalado o experimento.

Quando o milho se encontrava no estágio R1 (florescimento), para avaliação do estado nutricional (Figura 3), procedeu-se com a coleta terço médio da folha oposta a espiga em 20 plantas de cada parcela, os quais foram secos em estufa de ventilação forçada de ar à 65°C por 72 horas e moídos para determinação dos teores de macronutrientes conforme Malavolta et al. (1997).

Figura 2- Semeadura do consórcio milho-braquiária sob palhada de aveia preta.



Fonte: Dados da pesquisa do autor

Figura 3- Milho em estágio R1.



Fonte: Próprio autor.

A colheita do experimento foi realizada em 22/03/2022 (Figura 4), momento em que foram coletadas as espigas presentes em 10 metros lineares, dentro de cada parcela, para determinação do número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos (12% de umidade – base úmida). Além disso, realizou-se a contagem do número de plantas e número de espigas em 10 metros lineares para determinação da população final, na qual foi extrapolada para hectare. Para determinação dos componentes morfológicos foram mensuradas a altura das plantas, de inserção da espiga e diâmetro basal do colmo nas mesmas plantas coletadas para determinação dos componentes da produção.

Figura 4- Momento da colheita do consórcio milho-braquiária.



Fonte: Próprio autor

Para determinação da produtividade de grãos, as espigas da área útil de cada parcela (2 linhas de 5 m de comprimento) foram arrancadas e submetidas a trilha mecânica, pesando-se os grãos de cada parcela, e os dados foram transformados em kg ha^{-1} (13 % base úmida).

Após a colheita do milho, foi mensurada a produtividade de massa verde do capim Paiaguás, com o auxílio de um quadrado de metal (0,5 x 0,5 m) e altura de corte rente ao solo foram coletadas 3 amostras aleatoriamente de 0,25 m² por parcela (Figura 5). Posteriormente, as amostras foram levadas a estufa de ventilação forçada de ar à 65°C por 72 h para a determinação da matéria seca, extrapolando para kg ha^{-1} .

Figura 5- Coleta de capim Paiaguás para mensurar a produtividade de MV e MS.



Fonte: Próprio autor

Ao final do experimento (março de 2022), foram realizadas coletas de solo (Figura 6) por parcela (10 amostras simples) para análises químicas conforme Raij et al. (2001) (fertilidade do solo) nas camadas de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, assim avaliando o efeito residual da gessagem aos 52 meses após aplicação do gesso.

Figura 6- Coleta de solo para fins de fertilidade.



Fonte: Próprio autor.

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a colheita do milho foi feita a amostragem de solo, para caracterização da fertilidade nas profundidades 0,00-0,10;0,10-0,20;0,20-0,40 e 0,40-0,60m (Tabelas 3,5,7 e 9). Verifica-se que a inoculação por *A.brasilense* nas gramíneas antecessoras e no milho propiciou resultados significativos para MO, pH e Mg (Tabela 3). Possivelmente, devido a maior produção de plantas nas parcelas inoculadas com a BPCV, houve maior produção de raízes e consequentemente maior ciclagem de nutrientes, levando assim a uma maior concentração de Mg nas parcelas inoculadas em todas as profundidades amostradas (Tabela 10, 13, 15 e 17), fato esse também se repetiu para o pH do solo. Amaral et al. (2016), Pauletti et al. (2014) e Zandona et al. (2015), estudando o efeito do residual da gessagem sobre os atributos químicos do solo observaram que esse insumo possui característica de redistribuir o Mg no perfil do solo, diminuindo dessa forma seu teor nas camadas superficiais e aumento em subsuperfície (abaixo de 0,20 m), como foi encontrado neste estudo. Caires et al. (2001) e Souza et al. (2022), atribuíram essa redistribuição ao efeito do SO_4^{2-} sobre o Mg^{2+} , onde sulfato age lixiviando o magnésio no perfil do solo, especialmente quando aplicado em altas doses (1,5 e 2,0x).

Em função desse efeito do gesso na lixiviação de bases, Caires et al. (1998; 1999; 2003; 2004) e Soares (2016), afirmam que é essencial buscar estratégias de manejo que visem minimizar as perdas de Mg^{2+} trocável, sendo a principal forma a aplicação de calcário dolomítico junto a gessagem todos os anos, buscando não mais corrigir somente os problemas de fertilidade das camadas subsuperficiais, mas também das superficiais.

O maior pH nos tratamentos que receberam inoculação com *A. brasilense* em todas as profundidades (Tabelas 3, 5, 7 e 9) pode ser explicado pela maior produção de raízes e ciclagem de nutrientes pelas plantas, carregando a CTC dessas parcelas com maior quantidade de bases e evitando a lixiviação dessas no perfil do solo. As doses de gesso não interferiram diretamente no pH do solo, algo já esperado por não se tratar de corretivo de acidez (SOARES, 2016).

O aumento do pH pode favorecer a disponibilidade de macronutrientes, os quais são essenciais para as plantas. O Ca pode influenciar na resistência e estrutura da parede celular (TAIZ e ZIEGER, 2009), enquanto que o Mg participa da ativação de diversas enzimas, além de ser constituinte da clorofila (ZANDONÁ et al., 2015). Além disso, menores teores de Al representam menor toxidez no solo, uma vez que altos teores de alumínio limitam o crescimento vegetal, sendo um entrave comum para a produção agrícola (BLUM, 2008).

A maior produção de raízes e ciclagem de nutrientes recorrente das sucessivas inoculações com *Azospirillum brasilense* fez com que a concentração de Ca no solo fosse maior em todas as parcelas que receberam esse tratamento. Houve ajuste linear negativo da interação entre dose de gesso x inoculação na profundidade de 0,20-0,40m, onde com a maior dose de gesso, menor foi a concentração de Ca no solo, porém apenas quando não houve o uso de BPCV, auxiliando no entendimento da relação desses microrganismos com as concentrações dos nutrientes no solo, quando se faz a aplicação de condicionar de subsuperfície, que é mais solúvel que o calcário.

As concentrações de K no solo não apresentaram valores significativos ao uso ou não de bactérias promotoras de crescimento vegetal. Porém, nas profundidades de 0,10-0,20cm (Tabela 5) e 0,20-0,40cm (Tabela 7), o aumento da dose de gesso apresentou efeito linear negativo na concentração de K no solo, possivelmente devido à ação do gesso em arrastar as bases para camadas mais profundas do solo, não amostradas neste experimento (abaixo de 0,60m). Avaliando o uso da gessagem e adubação fosfatada num sistema de produção, Soares (2016) notou o mesmo efeito do gesso de lixiviação do K no solo. O gesso, por ser fonte de Ca^{2+} , pode deslocar o K^+ de seus sítios de adsorção nos colóides do solo, e este ser lixiviado pela água de irrigação ou de precipitação pluvial (SERAFIM et al., 2012).

A SB e o V% das parcelas inoculadas com *Azospirillum* foram significativamente maiores em todas as profundidades analisadas (Tabelas 4, 6, 7, 8 e 9) quando em comparação a não inoculação. Esse fato também pode ser explicado pela maior produção de raízes e ciclagem de nutrientes, levando a menor lixiviação das bases trocáveis no solo.

Não houve efeito significativo das doses de gesso sobre a concentração de Mg, valores de SB e V% nas distintas camadas, havendo elevada distribuição tanto em relação a dose quanto a profundidade (Tabelas 3, 6, 8 e 10), podendo esse fato ter se dado pelo longo período após a aplicação do corretivo (52 meses).

A MO respondeu linearmente ao aumento da dose de gesso em todas as camadas do solo (Tabelas 3, 6, 7 e 9), corroborando com a tese de que com o passar dos anos, a inoculação com bactérias junto ao gesso agrícola proporcionou maior massa vegetal de parte aérea e raízes, levando ao aumento da MO no solo. Segundo Kluthcouski, Stone e Aidar (2003), os maiores valores de MO proporcionam ações positivas no solo como atividade de microrganismos, complexação de espécies tóxicas de alumínio e manganês, aumento da CTC, resultando em um aumento de armazenamento de nutrientes no solo, entre outros benefícios.

Por sua vez, relacionado ao aumento de MO e suas vantagens, a CTC apresentou interação entre doses de gesso x inoculação por *A.brasilense* com o passar dos anos. O aumento da dose do condicionar de solo e a sua interação com a bactéria levou ao incremento da CTC nas parcelas em que foi realizado esse tratamento (Tabelas 11 e 16), demonstrando o papel fundamental da MO no solo em incrementar a CTC em solos tropicais.

O teor de P na camada superficial (Tabelas 4 e 6) apresentou resultados significativos quanto à inoculação, que devido a sua maior produção de matéria seca e grãos, exportou mais esse nutriente, fazendo com que sua concentração no solo fosse menor. Porém, os mesmos resultados não foram encontrados nas camadas subsuperficiais, onde a inoculação agiu melhor redistribuindo esse nutriente pouco móvel pelo perfil do solo (provavelmente P orgânico), melhorando a sua fertilidade (Tabelas 7 e 9). Na camada de 0,40-0,60m a inoculação aumentou os teores de P em relação ao não uso dessa tecnologia, mostrando com isso o efeito do *A.brasilense* no crescimento radicular. Assim, uma vez que há nutrientes em profundidade, as raízes, principalmente com o efeito da inoculação, buscam água e nutrientes em profundidade (MORAES, 2022).

Avaliando o efeito da aplicação de doses de gesso nas propriedades químicas de dois solos, Nóia et al. (2014) verificaram efeito significativo para o teor de P no solo em relação às doses de gesso na camada de 0,40-0,60 m. Caires et al. (2003) observaram aumento linear nos teores de P na camada superficial do solo 0-0,05 m, no período de 3 anos de cultivo após gessagem, e atribuíram esse aumento nos teores de P ao nutriente contido na composição do gesso agrícola.

Em relação ao enxofre, nota-se que nas parcelas sem inoculação, os teores no solo foram maiores, mesmo que em profundidade, podendo ser explicado pela menor exportação do nutriente nas colheitas (ensilagem e grãos), uma vez que as parcelas com *A.brasilense* apresentam maior produtividade, e consequentemente maior exportação de nutrientes (MORAES, 2022). Por ser solúvel, o gesso agrícola aumenta o teor de enxofre conforme a maior profundidade no solo, assim como encontrado por Soratto e Crusciol (2008) no estudo da aplicação de gesso agrícola em experimentos de longa duração. Importante notar que em todas as camadas amostradas, a dose de gesso agrícola apresentou ajuste quadrático negativo, onde o menor teor de S-SO₄ foi encontrado na maior dose de gesso, isso provavelmente ocorreu devido a esse já se encontrar em camadas ainda mais profundas do solo e não analisadas no experimento.

Tanto em sistema plantio direto (SPD), como na integração lavoura-pecuária (ILP), o uso do gesso tem mostrado resultados favoráveis, dando condições para maior exploração das raízes no perfil do solo e, conseqüentemente, maior ciclagem dos nutrientes, melhorando a eficiência de absorção pelos cultivos sucessivos. Nora et al. (2014) e Zandoná et al. (2015) observaram que com a aplicação do gesso, houve aumento dos teores de Ca e Mg nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, assim obtiveram redução nos teores de alumínio na camada 0,20-0,40 m. No presente trabalho foi possível visualizar o mesmo comportamento do Al, entretanto, não foi significativo pela análise estatística, pelo efeito de 52 meses decorridos de sua aplicação inicial (setembro de 2017).

Em experimento de longa duração, no qual foram aplicadas doses de gesso agrícola e avaliado em 4 profundidades do solo (0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60), em três períodos diferentes, Maschietto (2009) analisou os atributos químicos do solo após 9, 18 e 30 meses, e verificou aumento de teores de Ca, sendo estes maiores na camada 0,0-0,10 m nos primeiros 9 meses, e após 30 meses os maiores teores foram nas camadas mais profundas (0,40-0,60 m), similar aos resultados aqui obtidos em solo argiloso após 52 meses da aplicação do gesso, além do aumento da SB e V%, em virtude do aumento dos teores de Ca e Mg.

A ação de condicionante de subsuperfície do gesso ficou evidente, eliminando o alumínio tóxico, principalmente nas camadas mais profundas (Tabela 9). Porém, devido a ação sobre as bases trocáveis (lixiviação) e decomposição da MO, com o passar dos anos o alumínio voltou a estar presente nas camadas superficiais devido a diminuição do pH (Tabelas 3, 5 e 7). Por conta dos inúmeros efeitos benéficos já apresentados nesse trabalho, a inoculação com *Azospirillum brasilense* contribuiu para menores concentrações de Al no solo, além de auxiliar na ciclagem de nutrientes por meio do maior crescimento radicular das plantas em rotação.

Diante do exposto, é notório que a prática da gessagem também pode ser utilizada como condicionador de compostos orgânicos, correção de solos e auxílio no aumento da CTC efetiva, com efeito marcante na redução dos teores de alumínio tóxico, que pode afetar significativamente o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas de interesse agrônômico (PROCHNOW et al. 2016).

Tabela 3 - Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,0-0,10 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 52 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,00-0,10m													
TRAT	P resina*	MO	pH	K*	Ca*	Mg	H+Al*	Al*	SB*	S-SO4*	CTC*	V*	m*
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	-----%-----	
Inoculação													
com	26,0	25,0	5,4a	1,9	35,2	14,2a	27,2	0,1	50,3	5,9	78,0	64,0	0,2
sem	28,0	24,0	5,0b	1,8	21,4	9,5b	36,7	2,6	33,0	12,1	69,7	46,4	8,5
Doses de gesso													
0,0	26,3	22,5 ⁽⁷⁾	5,2 ^(ns)	1,9	33,8	11,9 ^(ns)	27,4	0,4	44,0	4,9	71,3	60,8	1,4
0,5	29,5	22,8	5,1	1,7	28,6	10,0	33,3	1,6	38,0	8,9	71,3	52,0	6,0
1,0	27,3	25,8	5,0	2,2	23,6	11,3	36,5	2,3	37,2	12,3	75,0	49,3	6,6
1,5	25,4	24,8	5,1	1,6	22,5	10,3	36,0	2,4	36,0	12,6	71,6	48,0	7,6
2,0	26,8	26,5	5,5	1,8	33,0	15,9	26,37	0,0	54,0	6,1	80,0	66,3	0,0
CV	15,5	9,21	4,33	18,37	15,0	19,67	17,06	60,46	22,81	23,75	8,08	16,46	63,78

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de “t” a 5% de probabilidade. *interação significativa⁽⁷⁾ $y = 22,5 + 2x$ ($R^2 = 78,9\%$).

Tabela 4. Desdobramento das interações significativas entre doses de gesso agrícola x inoculação para os valores de P-resina, K, Ca, H+Al, Al,SB, S-SO₄, CTC, V% e m% na camada de 0,0-0,10m . Selvíria, MS, 2021.

Gesso	inoculação	
	sem	com
P-resina		
0,0	26,5 ^(ns) A	26,0 ^(ns) A
0,5	35,8 A	23,3 B
1,0	30,8 A	23,8 B
1,5	27,0 A	23,8 B
2,0	27,8 A	25,8 B
K		
0,0	1,9 ^(ns) A	1,9 ^(ns) A
0,5	2,1A	1,3B
1,0	2,1A	2,3A
1,5	1,3B	1,9A
2,0	1,5B	2,1A
Ca		
0,0	36,5 ^(ns) A	31,0 ^(ns) B
0,5	15,5B	41,8A
1,0	17,0B	30,3A
1,5	14,3B	30,8A
2,0	23,8B	42,0A
H+Al		
0,0	28,8 ⁽¹⁾ A	26,0 ^(ns) A
0,5	42,3A	24,3B
1,0	41,5A	31,0B
1,5	42,5A	29,5B
2,0	28,3A	24,5A
Al		
0,0	0,8 ⁽²⁾ A	0,0 ^(ns) B
0,5	3,25A	0,0B
1,0	4,0A	0,5B
1,5	4,8A	0,0B
2,0	0,0A	0,0A
SB		
0,0	44,4 ^(ns) A	43,4 ^(ns) A
0,5	24,3B	51,8A
1,0	29,2B	45,3A
1,5	22,3B	48,9A
2,0	45,0B	62,3A
S-SO₄		
0,0	6,0 ⁽³⁾ A	3,8 ⁽⁴⁾ A
0,5	10,8A	7,0A
1,0	16,8A	7,8B
1,5	18,5A	6,8B
2,0	8,3A	4,0B

CTC		
0,0	73,1 ^(ns) A	69,4 ⁽⁵⁾ A
0,5	66,6B	76,0A
1,0	70,7A	79,3A
1,5	64,8B	78,4A
2,0	73,2B	86,8A
V%		
0,0	59,3 ^(ns) A	62,3 ^(ns) A
0,5	36,8B	67,3A
1,0	41,0B	57,5A
1,5	34,3B	61,5A
2,0	60,7A	71,8A
m%		
0,0	2,8 ⁽⁶⁾ A	0,0 ^(ns) A
0,5	12,0A	0,0B
1,0	12,3A	1,0B
1,5	15,3A	0,0B
2,0	0,0A	0,0A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de “t” a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 29,1 + 30,6x - 15,6 x^2$ ($R^2 = 92,9\%$); ⁽²⁾ $y = 0,5 + 8,3x - 4,1 x^2$ ($R^2 = 87,4\%$); ⁽³⁾ $y = 4,7 + 22,0x - 9,8x^2$ ($R^2 = 84,8\%$); ⁽⁴⁾ $y = 3,8 + 7,9x^2$ ($R^2 = 99,5\%$); ⁽⁵⁾ $y = 70,5 + 7,4x$ ($R^2 = 87,8\%$); ⁽⁶⁾ $y = 2,3 + 26x - 13,2x^2$ ($R^2 = 86,5\%$).

Tabela 5. Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,10-0,20 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 52 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,10-0,20m													
TRAT	P resina*	MO*	pH	K	Ca*	Mg*	H+Al	Al	SB*	S-SO4*	CTC*	V*	m*
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂		-----mmolc dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	-----%----	
Inoculação													
com	14,3	18,8	5,2a	0,9	26,0	9,1	28,2b	1,3b	36,2	6,9	64,4	56,6	3,9
sem	11,5	17,9	4,8b	0,9	14,9	6,0	35,6a	4,3a	21,4	34,9	57,0	37,4	18,0
Doses de gesso													
0,0	12,4	17,1	5,2 ^(ns)	1,2 ⁽¹⁾	25,1	8,8	25,1 ⁽²⁾	0,5 ⁽⁵⁾	33,8	15,8	58,9	57,2	2,4
0,5	17,5	17,1	4,9	1,0	19,4	6,4	34,0	4,0	26,7	15,5	60,7	43,4	16,0
1,0	12,0	19,1	4,9	1,1	17,9	7,1	34,8	3,5	26,2	20,5	61,0	42,9	12,5
1,5	12,0	18,5	4,9	0,8	18,0	6,4	34,8	4,1	25,2	31,4	60,0	41,2	16,8
2,0	10,4	19,6	5,2	0,8	21,8	9,3	30,6	1,8	32,2	21,8	62,8	49,6	7,1
CV	19,74	6,8	2,9	23,0	17,4	15,4	13,0	56,8	16,5	17,9	5,4	14,6	58,6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de “t” a 5% de probabilidade. *interação significativa⁽¹⁾ $y = 1,2 - 0,2x$ ($R^2 = 76,2$); ⁽²⁾ $y = 25,7 + 17,6x - 7,6x^2$ ($R^2 = 95,2\%$).

Tabela 6. Desdobramento das interações significativas entre doses de gesso agrícola x inoculação para os valores de P-resina, MO, Ca, Mg, SB, S-SO₄, CTC, V% e m% na camada de 0,10-0,20m. Selvíria, MS, 2021.

Gesso	Inoculação	
	sem	Com
P-resina		
0,0	12,3 ^(ns) A	12,5 ⁽⁴⁾ A
0,5	17,3A	17,8A
1,0	8,0B	16,0A
1,5	9,0B	15,0A
2,0	10,3A	10,5B
MO		
0,0	16,8 ^(ns) A	17,5 ⁽⁵⁾ A
0,5	17,0A	17,4A
1,0	18,8A	19,5A
1,5	17,5B	19,5A
2,0	18,3B	21,0A
Ca		
0,0	24,5 ^(ns) A	25,8 ^(ns) A
0,5	11,8B	27A
1,0	14,0B	21,8A
1,5	11,3B	24,8A
2,0	12,8B	30,8A
Mg		
0,0	7,5 ^(ns) B	10,0 ^(ns) A
0,5	4,3B	8,5A
1,0	7,0A	7,3A
1,5	4,3B	8,5A
2,0	7,3B	11,3A
SB		
0,0	30,8 ^(ns) B	36,9 ^(ns) A
0,5	17,0B	36,5A
1,0	22,3B	30,1A
1,5	16,2B	34,2A
2,0	20,8B	43,6A
S-SO₄		
0,0	26,8 ^(ns) A	4,0 ⁽⁶⁾ B
0,5	23,8A	7,3B
1,0	31,5A	9,5B
1,5	53,3A	9,5B
2,0	39,3A	4,3B
CTC		
0,0	58,0 ^(ns) A	59,9 ⁽⁷⁾ A
0,5	58,0B	63,5A
1,0	59,3A	62,6A
1,5	55,5B	64,4A
2,0	54,0B	71,6A

V%		
0,0	52,2 ^(ns) A	61,8 ⁽⁸⁾ A
0,5	29,0B	57,8A
1,0	37,8B	48,0A
1,5	29,5B	52,8A
2,0	38,3B	61,0A
m%		
0,0	4,8 ⁽⁹⁾ A	0,0 ^(ns) A
0,5	27,0A	5,0B
1,0	16,3A	8,8A
1,5	27,8A	5,8B
2,0	14,3A	0,0A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de “t” a 5% de probabilidade. ⁽⁴⁾ $y = 12,9 + 9,8x - 5,2x^2$ ($R^2 = 93,1\%$); ⁽⁵⁾ $y = 16,9 + 1,9x$ ($R^2 = 88,0\%$); ⁽⁸⁾ $y = 0,7 + 6,6x - 3,0x^2$ ($R^2 = 86,8\%$); ⁽⁶⁾ $y = 3,6 + 11,6x - 5,5x^2$ ($R^2 = 93,6\%$); ⁽⁷⁾ $y = 59,5 + 4,9x$ ($R^2 = 78,0\%$); ⁽⁹⁾ $y = 7,0 + 32,1x - 14,1x^2$ ($R^2 = 57,6\%$).

Tabela 7. Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,20-0,40 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 52 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,20-0,40m													
TRAT	P resina	MO	pH	K	Ca*	Mg*	H+Al	Al	SB*	S-SO4*	CTC*	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂		-----mmolc dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	-----%-----	
Inoculação													
com	7,7	16,3	5,3a	0,8	24,8	6,4	24,3b	0,7b	33,9	20,7	58,2a	58,1a	2,5b
sem	6,4	16,9	5,1b	0,9	13,5	6,1	29,1a	2,1a	20,5	57,2	49,5b	41,0b	10,1a
Doses de gesso													
0,0	8,5 ^(ns)	15,5 ⁽¹⁾	5,4 ^(ns)	1,0 ⁽²⁾	21,5	8,3	21,1 ⁽⁴⁾	0,3 ⁽⁵⁾	30,7	33,1	51,9 ^(ns)	58,9 ^(ns)	1,1 ⁽⁸⁾
0,5	6,9	15,1	5,1	0,9	19,1	8,3	27,4	2,0	26,3	46,6	53,7	47,7	9,0
1,0	6,5	16,3	5,1	1,0	16,1	6,6	28,4	1,9	23,7	39,5	52,1	45,4	7,6
1,5	6,1	16,3	5,1	0,8	17,8	6,0	29,1	2,0	24,5	48,0	53,7	44,4	9,5
2,0	7,0	17,6	5,3	0,7	21,0	9,0	27,3	0,9	30,7	27,5	58,0	51,3	4,1
CV	37,1	6,4	2,9	18,8	23,2	20,3	12,7	79,9	19,2	22,2	7,2	14,3	77,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de “t” a 5% de probabilidade. *interação significativa⁽¹⁾ $y = 15,1 + 1,1x$ ($R^2 = 78,6\%$); ⁽²⁾ $y = 0,9 - 0,1x$ ($R^2 = 62,8\%$); ⁽⁴⁾ $y = 21,5 + 12,2x - 4,7x^2$ ($R^2 = 96,4\%$); ⁽⁵⁾ $y = 0,4 + 3,4x - 1,6x^2$ ($R^2 = 91,8\%$); ⁽⁸⁾ $y = 1,7 + 14,6x - 6,6x^2$ ($R^2 = 84,3\%$).

Tabela 8. Desdobramento das interações significativas entre doses de gesso agrícola x inoculação para os valores de Ca, Mg, SB, S-SO₄, CTC na camada de 0,20-0,40m. Selvíria, MS, 2021.

Gesso	Inoculação	
	sem	Com
Ca		
0,0	19,3 ⁽³⁾ A	23,8 ^(ns) A
0,5	12,8B	25,5A
1,0	12,3B	20,0A
1,5	11,5B	24,0A
2,0	11,5B	30,5A
Mg		
0,0	7,8 ^(ns) A	8,8 ^(ns) A
0,5	4,8B	7,8A
1,0	6,8A	6,5A
1,5	4,3B	7,8A
2,0	7,0B	8,0A
SB		
0,0	28,1 ^(ns) A	33,4 ^(ns) A
0,5	18,5B	34,1A
1,0	20,1A	27,4A
1,5	16,5B	32,6A
2,0	19,2B	42,2A
S-SO₄-		
0,0	57,0 ^(ns) A	9,3 ⁽⁶⁾ B
0,5	57,8A	35,5B
1,0	50,8A	28,3B
1,5	72,3A	23,8B
2,0	48,3A	6,8B
CTC		
0,0	50,1 ^(ns) A	53,7 ⁽⁷⁾ A
0,5	49,5B	57,9A
1,0	50,3A	53,9A
1,5	48,3B	59,1A
2,0	49,5B	66,5A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de “t” a 5% de probabilidade. ⁽³⁾ y = 16,8 – 3,4x (R² = 65,0%); ⁽⁶⁾ y = 12,1 + 44,5x – 23,9x² (R² = 86,6%); ⁽⁷⁾ y = 52,8 + 3,4x (R² = 66,7%),

Tabela 9- Médias dos atributos químicos do solo na camada 0,40-0,60 m de profundidade, em função da inoculação das sementes das gramíneas antecessoras por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 52 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

0,40-0,60m													
TRAT	P resina	MO	pH	K	Ca	Mg*	H+Al	Al	SB	S-SO4	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	-----%-----	
Inoculação													
com	7,8a	17,6	5,5a	1,1	28,7a	10,4	22,6b	0,0	40,7a	31,1b	63,8	63,6a	0,0
sem	5,8b	16,6	5,3b	1,0	15,2b	7,6	25,5a	0,0	23,8b	62,5a	49,2	47,9b	0,0
Doses de gesso													
0,0	6,9 ^(ns)	16,0 ⁽¹⁾	5,4 ^(ns)	1,2 ^(ns)	22,3 ^(ns)	9,1	19,9 ⁽²⁾	0,0 ^(ns)	32,6 ^(ns)	36,9 ⁽³⁾	52,4 ⁽⁴⁾	60,9 ^(ns)	0,0 ^(ns)
0,5	6,1	16,1	5,3	1,1	21,9	7,8	24,6	0,0	30,8	55,5	55,4	53,9	0,0
1,0	5,9	16,9	5,3	1,2	17,5	8,0	25,1	0,0	26,7	50,5	51,8	51,0	0,0
1,5	6,7	17,6	5,3	1,0	22,6	8,6	26,3	0,0	32,9	56,4	59,1	53,1	0,0
2,0	8,3	18,9	5,5	1,0	25,4	11,4	24,1	0,0	38,1	34,8	62,3	59,2	0,0
CV	26,0	10,1	2,5	29,8	27,5	19,4	13,0	0,0	16,5	26,2	11,6	12,9	0,0

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de “t” a 5% de probabilidade. *interação significativa⁽¹⁾ $y = 15,7 + 1,5x$ ($R^2 = 93,2\%$); ⁽²⁾ $y = 20,1 + 9,5x - 3,8x^2$ ($R^2 = 95,0\%$); ⁽³⁾ $y = 37,5 + 39,1x - 19,9x^2$ ($R^2 = 81,8\%$); ⁽⁴⁾ $y = 51,5 + 4,7x$ ($R^2 = 69,1\%$).

Tabela 10. Desdobramento das interações significativas entre doses de gesso agrícola x inoculação para os valores de Mg na camada de 0,40-0,60m. Selvíria, MS, 2021.

Gesso	Inoculação	
	sem	Com
Mg		
0,0	8,3 ^(ns) A	10,0 ^(ns) A
0,5	5,5B	10,0A
1,0	8,0A	8,0A
1,5	6,3B	11,0A
2,0	9,8B	13,0A

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

A inoculação por *A. brasilense* nas sementes da Aveia preta proporcionou maior produção de MS/ha, por conta disso, também houve aumento no acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (Tabela 6). Esse resultado pode ser explicado pela ação da bactéria na promoção do crescimento radicular (HUNGRIA,2011), permitindo a planta explorar um maior volume de solo, levando a maior absorção água e nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade, como no caso do P, Ca, Mg. Nakao et al. (2018) e Soares et al. (2022) também avaliando sorgo, Sousa (2014) no milho e Stivanin (2023) na Aveia preta, também obtiveram incrementos na produção de matéria seca quando as sementes de gramíneas foram inoculadas com *A.brasilense*.

As doses residuais de gesso apresentaram ajustes significativos para produtividade de massa seca da Aveia preta (Tabela 12) aos 52 meses após sua aplicação, contudo, o efeito foi linear negativo, diminuindo também os acúmulos de K, Ca e Mg.

Houve interação entre gesso x inoculação para as concentrações de N e P, porém, somente nos tratamentos onde as gramíneas não receberam a inoculação por *A. brasilense*, com menor acúmulo desses nutrientes. Para o enxofre, com o aumento da dose de gesso, houve menor acúmulo, indiferente da inoculação ou não nas sementes.

Anteriormente nessa mesma área experimental, observou-se que houve resposta positiva para a cultura da aveia preta para doses de gesso, com ajuste quadrático, alcançando a máxima eficiência da gessagem na dose de 4871 kg ha⁻¹, ou seja, próxima a dose padrão (5700 kg ha⁻¹) calculada e aplicada em 2017 (CRISTOVAM, 2021).

Essa menor produtividade de biomassa da aveia preta conforme aumento da dose de gesso, pode ser atribuído ao efeito do SO₄⁻² em lixiviar Mg²⁺ (CAIRES et al., 2001 e SOUZA et al., 2022). O sulfato age redistribuindo o magnésio no perfil do solo, como pode ser observado no experimento, especialmente quando aplicado em altas doses (1,5 e 2,0x a dose padrão), limitando o desempenho da aveia. Em contrapartida, Caires (1999), Cristovam (2021)

e Pauletti et al. (2015) não encontraram influência do residual do gesso na produtividade da aveia preta.

Os maiores teores de Ca no solo advindo do gesso, também podem ter levado a menor produtividade da cultura, por conta da inibição da absorção de Mg, pelo aumento da relação Ca/Mg, como nos trabalhos de Büll et al. (1993), Pauletti et al. (2014) e Sorrato e Crusciol (2008a). Nos trabalhos de Costa (2015), Silva et al. (1997) e Sorrato e Crusciol (2008b) os resultados foram similares em relação a gessagem e menor acúmulo de Mg em diferentes culturas.

Tabela 11. Médias de produtividade de matéria seca e dos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S da aveia preta, em função da inoculação das sementes das gramíneas por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 46 meses após a aplicação. Selvíria-MS, 2021.

TRAT	MS*	N*	P*	K	Ca	Mg	S*
Kg ha ⁻¹							
Inoculação							
com	6229	117	14,2	93a	21a	12,3a	11,2
sem	4044	81	9,9	58b	12b	7,5b	7,2
Doses de gesso							
0	6325	116	15,7	100 ⁽⁵⁾	22 ⁽⁶⁾	13,5 ⁽⁷⁾	12,1
0,5	5324	108	11,6	79	17	10,4	9,1
1	5132	99	11,5	67	14	8,5	8,9
1,5	4278	91	11,4	61	14	8,3	7,7
2	4624	82	10,0	69	15	8,6	8,1
CV	11,8	15,2	21,1	22,8	20,0	17,8	17,4

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5%*interação significativa; ⁽⁵⁾K = 91,4 – 16,1x(R²= 67,7%); ⁽⁶⁾Ca = 19,6 – 3,1x (64,3%); ⁽⁷⁾Mg = 12,2 – 2,4x(R²= 72,4%).

Esse mesmo efeito auxilia no entendimento dos valores de acúmulo de K (Tabela 11), onde a dose de gesso afetou linearmente o acúmulo desse nutriente pela planta. O excesso de Ca proveniente da calagem e gessagem gerou um desbalanço na relação Ca/K, inibindo a absorção do último pela cultura, uma vez que esses competem pelo mesmo sítio de absorção na planta (BÜLL et al., 1993). O menor acúmulo de Ca possivelmente ocorreu devido à menor produtividade de matéria seca na planta de cobertura.

O menor acúmulo de S pela Aveia preta é passível de ser explicado devido à mobilidade do sulfato (SO₄²⁻), levando a sua distribuição no perfil do solo, principalmente em subsuperfície (Tabelas 5, 6, 7 e 9), e assim limitando a absorção pela planta nas menores concentrações

existentes na camada superficial, como verificado por Nogueira e Melo (2003) na soja. Deve-se ressaltar que durante o ciclo da cultura, a precipitação na área experimental foi de apenas 52,3 mm (Tabela 1), podendo esse fator ter afetado o enraizamento da planta, não permitindo o acesso a camadas mais profundas do solo.

É importante salientar que quando foi realizada a inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), o enxofre acumulado foi significativamente maior em relação ao sem inoculação, evidenciando assim o poder da bactéria em auxiliar na maior absorção de nutrientes, principalmente quando a planta estiver em déficit hídrico, além do efeito secundário na ciclagem do S (Tabela 5).

Tabela 12. Desdobramento das interações significativas entre doses de gesso agrícola x inoculação para produtividade de matéria seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo e enxofre na aveia preta. Selvíria, MS, 2021.

Gesso	Inoculação	
	com	sem
MS		
0	7918 ⁽¹⁾ A	4731 ⁽²⁾ B
0,5	5917A	4731B
1,0	6235A	4029B
1,5	5501A	3055B
2,0	5574A	3673B
N		
0	153 ^(ns) A	97 ⁽³⁾ B
0,5	99A	97A
1,0	117A	75B
1,5	118A	64B
2,0	97A	74B
P		
0	19,5 ^(ns) A	12,0 ⁽⁴⁾ B
0,5	12,0A	12,0A
1,0	13,75A	9,25B
1,5	15,0A	7,75B
2,0	10,75A	9,25B
S		
0	15,75 ⁽⁸⁾ A	8,5 ⁽⁹⁾ B
0,5	9,75A	8,5A
1,0	11,0A	6,75B
1,5	10,0A	5,5B
2,0	9,5A	6,75B

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5%. ⁽¹⁾ $y = 7250 - 1021x$ ($R^2 = 66,6\%$); ⁽²⁾ $y = 4802 - 759x$ ($R^2 = 69,8\%$); ⁽³⁾ $y = 97 - 15,7x$ ($R^2 = 71,1\%$); ⁽⁴⁾ $y = 11,7 - 1,8x$ ($R^2 = 69,2\%$); ⁽⁸⁾ $y = 13,6 - 2,5x$ ($R^2 = 55,2\%$); ⁽⁹⁾ $y = 8,5 - 1,3x$ ($R^2 = 63,3\%$).

A inoculação por *A. brasiliense* nas sementes da cultura antecessora (Aveia preta) e na principal (Milho), incrementou os teores foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio no

milho (Tabela 6). Para os demais nutrientes não houve diferença significativa nos teores foliares, perante a presença ou não da inoculação das culturas.

Tabela 13. Médias dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S do milho, em função da inoculação das sementes por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 52 meses após a aplicação. Selvíria-MS, 2021.

TRAT	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹						
Inoculação						
sem	25,1b	2,1b	13,8	1,4b	1,7b	1,6
com	26,9a	2,3a	14,9	2,1a	2,4a	1,7
Doses de gesso						
0,0	26,9 ^(ns)	2,2 ^(ns)	14,7 ^(ns)	1,9 ^(ns)	2,2 ^(ns)	1,7 ^(ns)
0,5	26,1	2,1	13,7	1,4	1,8	1,5
1,0	26,2	2,2	14,1	2,0	2,2	1,6
1,5	26,2	2,2	13,8	1,8	1,9	1,8
2,0	26,0	2,2	15,4	1,9	2,0	1,7
CV	4,8	8,1	14,4	19,8	15,6	16,9

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

De acordo com Cantarella et al. (2022), os teores de macronutrientes aqui obtidos estão dentro dos limites adequados para a cultura do milho, com exceção do Ca e K que ficaram pouco abaixo, podendo ser explicado pela ação condicionante do gesso, que após 52 meses da gessagem determinou maiores teores desses nutrientes em camadas mais profundas do solo, limitando a absorção da cultura (MORAES, 2022).

Os maiores teores foliares com a inoculação se deram devido a capacidade da bactéria em produzir hormônios de crescimento vegetal, como auxinas e giberelinas, favorecendo principalmente, o crescimento das raízes e desse modo com maior exploração do solo, absorção de água e nutrientes (LAMBRECHT et al., 2000; REIS 2007). Em complemento a esse efeito, Gopalswamy e Vidhy Asekaran (1988) e Hartmann et al. (1983) notaram aumento na quantidade de pelos radiculares e na formação e desenvolvimento de raízes laterais primárias e secundárias, em plântulas de milho quando inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

Em diferentes trabalhos avaliando os teores de macronutrientes foliares das plantas de milho, Araújo (2008), Coelho (2018), Galindo et al. (2016) e Modesto (2017), em função da inoculação com BCPV, também encontraram maiores teores de N, P, Ca e Mg quando da inoculação em relação à testemunha. Entretanto, Cunha et al. (2014), Lana et al. (2015), Moraes

et al. (2015) e Muller et al. (2018) não obtiveram efeito significativo da bactéria sobre o aumento dos teores foliares de macronutrientes na cultura do milho. Essa diferença de resultados tem vasta menção da literatura e pode ocorrer devido a interação da bactéria com o ambiente, solo ou substrato, com as plantas e outros componentes da microflora do solo (DOBBELAERE et al., 2001).

Analisando os teores foliares de nutrientes do milho quando em consórcio com a *Urochloa* e inoculação por *A.brasilense*, Modesto (2017) também não obteve efeitos significativos para o K, além de constatar que esse, juntamente ao Ca, estavam fora da faixa de suficiência proposta por Cantarella et al.(1997). Neste experimento, os mesmos resultados foram verificados (Tabela 8), sendo que os dois nutrientes se encontravam um pouco abaixo dos teores adequados para a cultura (17 a 30 g kg⁻¹ para K e 2,5 a 6,0 g kg⁻¹ para o Ca) (CANTARELLA et al., 2022). O K é o segundo cátion mais absorvido pelo milho, sendo necessário em grandes quantidades pelas raízes, porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula na planta como apresentado por Meurer (2006). Com relação ao Ca, o milho possui baixa capacidade competitiva por esse nutriente, relacionada ao menor crescimento do milho na presença da *Urochloa*, as quais exploram o solo em superfície, consequentemente, intensificam os efeitos competitivos entre ambas as espécies em consórcio (SILVA et al., 2015). Além disso, o uso do gesso agrícola fez com que houvesse uma distribuição de ambos os nutrientes no perfil do solo (Tabelas 3, 5, 7 e 9).

A não significância para o S em relação a inoculação ou não por *A.brasilense* pode ser explicada devido as necessidades por esse nutriente serem geralmente supridas com a utilização de fertilizantes ou corretivos, aumentando os teores no solo e a disponibilidade para as plantas. Como grande parte do S está ligado à MO, seu incremento pela utilização de manejo em SPD, também disponibiliza maior quantidade desse nutriente para a cultura, pela decomposição e mineralização de resíduos vegetais (MODESTO, 2017).

As doses residuais de gesso não apresentaram ajustes significativos para os teores foliares de macronutrientes no milho (Tabela 13), 52 meses após sua aplicação, podendo esse efeito estar relacionado ao elevado teor encontrado destes no solo. Minato et al. (2017), notaram que os teores de N, P e S apresentaram respostas significativas positivas com o aumento das doses de gesso agrícola, enquanto que não houve significância para os teores de Ca, K e Mg. Entretanto, Caires et al. (2011) observaram aumento nos teores de Ca quanto maior a aplicação de gesso, não havendo variações para K e Mg.

Quando avaliados os componentes de produção e produtividade do milho e do capim Paiaguás (Tabela 9), verifica-se que houve diferença entre os tratamentos com *A.brasilense*

somente para altura de inserção da espiga (AIE), que variou positivamente com o uso da BPCV. A produtividade de matéria seca (PMS) do capim apresentou interação significativa entre dose de gesso x inoculação, sendo que o aumento da dose de gesso acarretou na diminuição linear produtividade do capim, quando as sementes de milho receberam inoculação com a bactéria.

A produtividade do capim BRS Paiaguás quando inoculado ou não com BPCV pode ser explicada devido ao sistema radicular vigoroso e profundo das plantas do gênero *Urochloa*, por apresentam elevada tolerância à deficiência hídrica e alta absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo (BARDUCCI et al., 2009), podendo interferir nos efeitos hormonais do *Azospirillum* em crescimento radicular e acúmulo de MS, além da área em questão se encontrar a 10 anos em SPD. Sampaio et al. (2020), em trabalho com *Urochloa brizantha* cv. Marandu inoculada com *A.brasilense* e dose zero de N obtiveram incrementos na massa seca da parte aérea. Também Modesto (2017) constatou maior produção de massa seca da braquiária quando em consórcio com milho inoculado por *Azospirillum brasilense*. A produtividade do consórcio, tanto da cultura granífera quanto forrageira deve ser analisada com muito cuidado, por conta da interação entre as duas plantas, podendo uma interferir de forma direta na produtividade da outra por efeito de competição (CECCON, 2013).

Tabela 14. Médias para o número de fileiras de grãos (NF), de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos (M100), altura de inserção da espiga (AIE), altura de planta (AP), diâmetro basal do colmo (DC), população de plantas (POP), número de espigas (NE), massa de grãos por espiga (MGE), produtividade de matéria seca do capim (PMS) e produtividade do milho (13 % de umidade), em função da inoculação das sementes por *A. brasilense* e doses residuais de gesso, segundo a metodologia de Caires e Guimarães (2016), aos 52 meses após a aplicação. Selvíria-MS.

TRAT	NF	NGE	M100	AIE	AP	DC	POP	NE	MGE	PMS*capim	Produtividade
			(g)	-----cm-----			(plantas ha ⁻¹)	(ha ⁻¹)	(g)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Inoculação											
com	18	529	32	113a	198	2,1	64556	59556	168	3612	7742
sem	17	552	32	106b	191	2,1	64556	60889	174	3320	7219
Doses de gesso											
0	18	525	31	113	196	2,0	65833	59722	163	3974	7184
0,5	18	551	31	106	191	2,1	64167	59167	171	3519	7230
1	18	532	33	109	196	2,0	63333	58056	174	3183	7360
1,5	17	550	31	107	194	2,1	64167	61389	172	3132	7634
2	18	546	32	113	196	2,0	65278	62778	175	3522	7994
CV	7,2	8,6	6,3	8,6	5,5	4,0	6,1	6,9	11,9	13,4	13,9

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

Os demais componentes de produção e produtividade do milho não tiveram efeitos significativos, tanto para inoculação das sementes das gramíneas quanto para o residual das doses de gesso agrícola. Também Cunha et al. (2014), estudando o efeito da inoculação por *A.brasilense* no milho não verificaram respostas significativas no diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga e altura de planta. Verona et al. (2010) não constataram diferenças significativas para a altura de planta. Entretanto, Moreira et al. (2019), verificaram efeito positivo da bactéria em aumentar a altura de planta, porém o número de fileiras de grãos não foi afetado pela inoculação.

Em estudo com milho e sorgo, respectivamente, Kappes et al.(2011) e Nakao et al. (2014), também relataram o aumento na altura das plantas ao se utilizar essa bactéria diázotrófica. Contudo, Modesto (2017) obteve resultados significativos da inoculação para número de grãos por espiga (NGE) em milho, mas a população de plantas (POP) não teve efeito da bactéria. É importante salientar, que o sucesso da interação bactéria-planta está muito relacionado a fatores ambientais e de ecofisiologia da cultura, explicando assim os resultados conflitantes encontrados por inúmeros pesquisadores (MULLER et al., 2018).

Nogueira e Melo (2003) atribuíram a ausência de resposta da soja a aplicação de gesso à quantidade de S proveniente da mineralização da matéria orgânica, sendo este suficiente para suprir as necessidades da cultura. Zandona et al. (2015) verificaram que o gesso aumentou a produtividade do milho em 9,3% na dose de 2 t ha⁻¹ com ausência de déficit hídrico. Enquanto que Maschietto (2009) constatou que com a aplicação do gesso agrícola, a produtividade do milho apresentou incremento de 11,0% na produção de grãos.

Apesar de não serem significativas estatisticamente, as diferenças de produtividade do milho nas parcelas inoculadas foi 523kg ha⁻¹ maior em relação às não inoculadas, e de 810kg ha⁻¹ entre a testemunha e a aplicação de duas vezes a dose recomendada de gesso. Convertendo para sacas essa diferença, tem-se o ganho de 8,72 sacas de milho a mais com o uso da inoculação e 13,5 sacas com o efeito residual de doses crescentes de gesso, assim, o aumento de lucro por hectare seria de R\$698,21 e R\$1080,94 respectivamente, nos preços praticados na safra 2021/22 (R\$80,07 por saca).

4. CONCLUSÃO

A inoculação por *Azospirillum brasilense* aumentou a produtividade e acúmulo de nutrientes da aveia preta, entretanto, o residual do gesso agrícola após 46 meses de sua aplicação diminuiu linearmente a produtividade de matéria seca da aveia preta.

A inoculação por *A. brasilense* contribuiu para uma maior ciclagem de nutrientes, evitando maiores perdas por lixiviação em solo sob 10 anos em SPD.

A inoculação por *A. brasilense* e o residual da gessagem não alteraram a produtividade do consórcio milho-capim Paiaguás.

O gesso agrícola foi eficiente em eliminar o Al tóxico em profundidade, evidenciando seu efeito de condicionar de solo.

A interação entre as doses residual de gesso x inoculação por *A. brasilense* mostrou benéfica na manutenção da fertilidade do solo ao longo dos meses.

Após 52 meses da aplicação do gesso agrícola, o pH das camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m se tornou mais ácido que em comparação ao das profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, muito por lixiviação de bases trocáveis e decomposição de MO do solo. Sendo assim, deve se buscar formas de manejo que visem repor esses nutrientes nas camadas superficiais do solo após a gessagem.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. et al. **Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração**. 2019.
- ARAUJO, S. C. Realidade e perspectivas para o uso de *Azospirillum* na cultura do milho. **Revista Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 122, p. 4-6, 2008.
- AMARAL, L. A. et al. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. **Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 35, p. 31-41, 2017.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Canadá, v. 50, p. 521-577, 2004.
- BENEDICTO, L. A. O. **Efeito residual de doses de fósforo na produtividade de Avena strigosa com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense***. 2022. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual Paulista.
- BLUM, S. C. et al. **Atributos químicos de um latossolo e comportamento do trigo e da soja no sistema plantio direto influenciados pela aplicação e reaplicação de gesso agrícola** Ponta Grossa-PR. 2008.
- BORGES, W. L. B. et al. Novas metodologias para aplicação superficial de calcário e gesso em diferentes sistemas de cultivo. **Sustainability**, v. 14, n. 14, p. 8926, 2022.
- BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, Oxford, v. 90, p. 45-47, 1989.
- BÜLL, L. T. **Influência da relação K/(Ca+ Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras**. 1986. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 275-286, 2003.
- CAIRES, E. F. et al. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 60, p. 213-223, 2001.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A. & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 315-327, 1999.
- CAIRES, E. F.; MASCHIETTO, E.H.G.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, S.; JORIS, H.A.W. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 209-216, 2011.

CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.

CECCON, G. et al. **Consórcio milho-braquiária**. 2013.

CHEN, L; DICK, W. A. **Gypsum as an agricultural amendment: General use guidelines**. Ohio State University Extension, 2011.

COELHO, S. P. **Azospirillum brasilense no sistema de plantio direto orgânico e convencional de milho**. 2018. Tese Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.

CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; ESTRADA, M. **Azospirillum brasilense-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities**.

COSTA, C. H. M. **Efeito residual da aplicação superficial de calcário e gesso nas culturas de soja, aveia-preta e sorgo granífero**. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

COSTA, N. R. et al. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 852-863, 2015.

CRISTOVAM, M. E. P. **Doses de gesso agrícola no solo e sua correlação com a produtividade da aveia preta inoculada ou não com Azospirillum brasilense, e da soja em sucessão**. 2021. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2021.

CUNHA, F. N. et al. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014.

DAL CHIAVON, J. A. **Consórcio milho e Brachiaria brizantha submetida à inoculação com Azospirillum brasilense e nitrogênio**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

DAVISON, J. **Plant beneficial bacteria**. Bio/Technology, Nova York, v.6, p.282-286, 1988.

DE SOUZA, M. P. et al. Taxas de longo prazo de gesso e nitrogênio de cobertura na produção de forragem de aveia preta após milho em plantio direto. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Santiago, v. 22, n. 3, pág. 3448-3462, 2022.

DOBBELAERE, S. et al. Respostas de culturas agronomicamente importantes à inoculação com *Azospirillum*. **Biologia Vegetal Funcional**, Austrália, v. 28, n. 9, pág. 871-879, 2001.

FARIA, C.; COSTA, N. D.; FARIA, A. F. Ação de calcário e gesso sobre características químicas do solo e na produtividade e qualidade do tomate e melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 615-619, 2003.

FIKRE, L.; et al. Mecanismos de manejo ecológico de plantas daninhas por cultivo de cobertura: uma revisão. **Revista de Ciências Biológicas**, Paquistão, v. 14, n. 7, pág. 452-459, 2014.

GALINDO, F. S. et al. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, 2016.

GOPALSWAMY, G.; VIDHYASEKARAN, P. Effect of *Azospirillum lipoferum* inoculation and inorganic nitrogen on wetland rice. **Oryza**, v. 26, p. 378-380, 1988.

HARTMANN, A.; SINGH, M.; KLINGMÜLLER, W. Isolation and characterization of *Azospirillum* mutants excreting high amounts of indoleacetic acid. Canadian **Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 29, n. 8, p. 916-923, 1983.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. **Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense***. Buenos Aires: Associação Argentina de Microbiologia, p. 17-35, 2008.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 2010. 19 p. (Documentos, 281).

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

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactérias diazotróficas e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **O uso da aveia como planta forrageira**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 5p.

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R. M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, v. 7, p. 39-43, 1989.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BACELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas organizadas com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Circular técnica, 38).

LAMBRECHT, M. et al. Ácido indol-3-acético: uma molécula de sinalização recíproca em interações bactérias-plantas. **Trends in Microbiology**, Londres, v. 8, n. 7, pág. 298-300, 2000.

LANA, M. Q. **Teores de macronutrientes foliares em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em solo de cerrado**. 2015.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

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).

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1997.

MASCHIETTO, E. H. G., et al. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG; Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 281-298.

MINATO, E. A., et al. Teores foliares de macronutrientes e produção de milho (*Zea mays* L.) após gessagem em um Latossolo Vermelho Distrófico típico. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.16, n.2, p. 219-224, 2017.

MODESTO, V. C. **Desempenho técnico e econômico da cultura do milho e da pastagem de capim marandu após o consórcio em função da inoculação com *Azospirillum brasilense***. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2017. 110f.

MORAES, E. L. **Doses de gesso agrícola no solo e sua mudança com a produtividade de soja em área inoculada ou não com *Azospirillum brasilense***. 2022. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual Paulista.

MORAIS, T. P. et al. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, p. 589-596, 2015.

MOREIRA, R. C.; DE ASSIS VALADÃO, F. C.; JÚNIOR, D. D. V. Desempenho agrônômico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 62, 2019.

MÜLLER, D. T., et al. **Rendimento da cultura do milho submetido a inoculação com *azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio após o cultivo de nabo como planta de cobertura**. Salão do Conhecimento, 2018.

NAKAO, A. H. et al. Intercropping *Urochloa brizantha* and sorghum inoculated with *Azospirillum brasilense* for silage. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 49, p. 501-511, 2018.

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

NÓIA, N. R. de C.; DAVALO, M. J.; RIBON, A. A.; WOSNIAK, H. do N. Efeito de doses de gesso nas propriedades químicas do solo. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 10-21, 2014.

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

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

RAIJ, B. van, et al.. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1996.

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

SALVO, L. P.; FERRANDO, L.; FERNANDÉZ-SCAVINO.A.; SALAMONE, I. E. G. Microorganisms reveal what plants do not: wheat growth and rhizosphere microbial communities after *Azospirillum brasilense* inoculation and nitrogen fertilization under field conditions. **Plant and Soil**, Holanda, v. 424, p. 405-417, 2018.

SAMPAIO, F. A. R. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* associada à adubação nitrogenada na nutrição, desenvolvimento e produção do capim *Urochloa brizantha* cv. marandu**. 2020.

SÁVIO, F. L., et al. Calagem e gessagem na nutrição e produção de soja em solo com pastagem degradada. **Revista Agrotecnologia**, Goiânia, v. 2, n. 1, p. 19-31, 2011.

SERAFIM, M. E.; LIMA, J.M.; LIMA, V.M.P.; ZEVIANI, W.M.; PESSONI, P.T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 30-40, 2012.

SILVA, F. A.; LOPES, F. C. F.; ROCHA, P. R.; CUNHA, R. L.; DALLABONA DOMBROSKI, J. L. X.; HOLANDA, J. L. C.; ELIANI, M.; MAYKY, F. P. L. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 327-340, 2015.

SILVA, N. et al. Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. **Bragantia**, Campinas, v. 56, p. 389-401, 1997.

SOARES, G. F. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha**. Dissertação. Jataí, Universidade Federal de Goiás; 2016.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Nutrição e produtividade de grãos da aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 715-725, 2008.b

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 928-935, 2008.a

SOUZA, W. C. R. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho pelo uso da inoculação com *Azospirillum brasilense* em consórcio com capim xaraés**. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2014.

STIVANIN, Y. C. **Aveia preta inoculada por *Azospirillum brasilense* e submetida a diferentes doses de nitrogênio.** 2023.

STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, Berlin, v. 149, p. 55-60, 1994.

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

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**, v. 37, p. 1016-1024, 1979.

VERONA, D. A.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; ROSSOL, C. D., ZOZ, T.; COSTA, A. C. T. Tratamento de sementes de milho com Zeavit (r), Stimulate (r) e inoculação com *Azospirillum* sp. In: **28º Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia. Anais, Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2010. p.3731-3737.

VICENSI, M., et al. Efeito residual de doses de gesso e nitrogênio na rebrota da aveia-preta e na sucessão da soja em plantio direto. **International Journal of Plant Production**, Suíça, v.15, n.3, p.431-445, 2021.

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.