



JÚLIA TORRES GOMES

**CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum*, *Bacillus* E *Rhizoglopus* EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MILHO ORGÂNICO**

**Sete Lagoas
2024**

JÚLIA TORRES GOMES

**CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum*, *Bacillus* E *Rhizogloinus* EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MILHO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Ivanildo Evódio Marriel
Coorientador: Dr. Francisco Adriano de Souza

**Sete Lagoas
2024**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G633c Gomes, Júlia Torres.
CO-INOCULAÇÃO DE Azospirillum, Bacillus E
Rhizoglo mus EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MILHO ORGÂNICO
/ Júlia Torres Gomes ; orientador Ivanildo Evódio
Marriel; coorientador Francisco Adriano de Souza. --
Sete Lagoas, 2024.
63 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São
João del-Rei, 2024.

1. Azospirillum. 2. Bacillus. 3. Rhizoglo mus. 4.
Inoculação à campo. 5. Milho crioulo. I. Marriel,
Ivanildo Evódio, orient. II. de Souza, Francisco
Adriano, co-orient. III. Título.

JÚLIA TORRES GOMES

**CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum*, *Bacillus* E *Rhizoglosum* EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MILHO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Ivanildo Evódio Marriel
Coorientador: Dr. Francisco Adriano de Souza

Sete Lagoas, 22 de julho de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Iran Dias Borges - UFSJ

Dr. Walter José Rodrigues Matrangolo - EMBRAPA

Prof. Dr. Ivanildo Evódio Marriel
Orientador - EMBRAPA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele eu jamais teria forças física, mental e espiritual para completar essa jornada.

À minha família, especialmente à minha mãe e aos meus irmãos, que são minha fortaleza, e que sempre me apoiaram em minhas escolhas, e sempre tiveram paciência e compreensão quando eu não podia estar disponível, devido aos meus estudos e à minha pesquisa.

Ao meu namorado, Breno José, que compreendeu minhas ausências, minhas crises de ansiedade e meus estresses, durante o desenvolvimento deste trabalho. E ainda, agradeço-o pelo cuidado, carinho e suporte dado, em todos os anos de relacionamento.

Aos meus amigos Afonso, Elise e Maria, que me acompanham e me incentivam desde o curso de graduação. Aos meus amigos, e companheiros de laboratório, Gleyce, Rayanne, Kamila, Luana e Ricardo, que estiveram ao meu lado, e contribuíram desde o auxílio em campo até o consolo dado, em dias de estresse, de preocupações, quando até mesmo pensava, em desistir de tudo. Aos demais amigos, por terem sido ombro quando precisei, ânimo quando estava para baixo, e por terem me dado “puxões de orelha” quando mereci.

Ao meu orientador, Dr. Ivanildo, e ao meu coorientador, Dr. Francisco, gratidão imensurável, por terem dispensado seu tempo, norteando-me e dando-me todo suporte, apoio, compreensão e ajuda, no decorrer do curso de mestrado.

Ao Lucas Castro, proprietário da Fazenda Vista Alegre, e ao seu colaborador Marconi.

Aos(às) pesquisadores(as) que desenvolveram o Projeto Sistema de Produção de Milho Orgânico, na região Central de Minas Gerais.

À UFSJ (Universidade Federal de São João del-Rei), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado, o qual me proporcionou crescimentos acadêmico, profissional e pessoal.

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pela concessão da bolsa de estudos.

À EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Milho e Sorgo, pela permissão do uso de sua estrutura física e de recursos, desde o desenvolvimento até a conclusão desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	I
ABSTRACT.....	II
INTRODUÇÃO GERAL.....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
ARTIGO 1 - MILHO CRIOULO CO-INOCULADO COM MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL.....	17
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33
ARTIGO 2 - PRODUÇÃO DE MILHO BRS CAIMBÉ CO-INOCULADO COM AZOSPIRILLUM, BACILLUS E RHIZOGLOMUS EM SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO.....	39
INTRODUÇÃO.....	41
MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum*, *Bacillus* E *Rhizoglopus* EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MILHO ORGÂNICO

RESUMO - O mercado para grãos orgânicos de milho é crescente no Brasil, e o suprimento dessa demanda requer à adoção de estratégias de cultivo sustentáveis. A inoculação de microrganismos pode incrementar a produtividade e a sustentabilidade dos cultivos. Neste sentido, avaliou-se o efeito da co-inoculação de *Azospirillum*, *Bacillus* e *Rhizoglopus* em sistema de produção de milho orgânico, na região central de Minas Gerais. Na safra 2021/2022, em Capim Branco (CB), com milho Crioulo, inoculado com *Azospirillum*, *Bacillus* e *Rhizoglopus*. Na safra 2022/2023, em Sete Lagoas (SL), o BRS Caimbé foi inoculado com *Azospirillum*, *Bacillus* e *Rhizoglopus*, em delineamento fatorial 2x2x2, em blocos casualizados, com 5 repetições. As fertilidades química e biológica foram avaliadas (BioAs) antes dos plantios. As variáveis estudadas foram taxa de colonização micorrízica e produtividade. Não houve diferença estatística, na produtividade, nas duas safras avaliadas (Crioulo CB e BRS Caimbé SL, 5094,23 e 6309,42 Kg/ha respectivamente). Em CB, houve incremento da produção do milho Crioulo, inoculado com *Bacillus* e co-inoculado com *Azospirillum*, *Bacillus* e *Rhizoglopus*, 21 e 17 sacas, respectivamente, a mais que o controle. Em SL, a produtividade do BRS Caimbé foi maior no tratamento não inoculado (107 sacas). Ainda que tenha ocorrido aumento na quantidade de sacas, não houve diferença estatística nos tratamentos. Este nível de produtividade demonstra que a resposta à inoculação é dependente de variáveis edafoclimáticas locais.

Palavras-chave: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Rhizoglopus*. Inoculação à campo. Milho crioulo. Produção orgânica. Bioinsumos.

CO-INOCULATION OF *Azospirillum*, *Bacillus* AND *Rhizoglopus* IN AN ORGANIC CORN PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT - The market for organic corn grains is growing in Brazil, and meeting this demand requires the adoption of sustainable cultivation strategies. The inoculation of microorganisms can increase the productivity and sustainability of crops. In this sense, the effect of co-inoculation of *Azospirillum*, *Bacillus* and *Rhizoglopus* in an organic corn production system in the central region of Minas Gerais was evaluated. In the 2021/2022 harvest, in Capim Branco (CB), with Crioulo corn, inoculated with *Azospirillum*, *Bacillus* and *Rhizoglopus*. In the 2022/2023 harvest, in Sete Lagoas (SL), BRS Caimbé was inoculated with *Azospirillum*, *Bacillus* and *Rhizoglopus*, in a 2x2x2 factorial design, in randomized blocks, with 5 replications. Chemical and biological fertility were evaluated (BioAs) before planting. The variables studied were mycorrhizal colonization rate and productivity. There was no statistical difference in yield in the two crops evaluated (Crioulo CB and BRS Caimbé SL, 5094.23 and 6309.42 Kg/ha respectively). In CB, there was an increase in the yield of Crioulo corn, inoculated with *Bacillus* and co-inoculated with *Azospirillum*, *Bacillus* and *Rhizoglopus*, 21 and 17 bags, respectively, more than the control. In SL, the yield of BRS Caimbé was higher in the non-inoculated treatment (107 bags). Although there was an increase in the number of bags, there was no statistical difference in the treatments. This level of productivity demonstrates that the response to inoculation is dependent on local edaphoclimatic variables.

Keywords: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Rhizoglopus*. Inoculation in the field. Creole corn. Organic production. Bioinputs.

INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por alimentos orgânicos cresceu 16% nos últimos três anos no Brasil (Organis, 2023). A baixa renda da maioria da população é fator que impede a ampliação do consumo de alimentos orgânicos. Esse crescimento reflete a conscientização da população sobre a importância do alimento produzido em sistema orgânico, para a sua saúde e para a conservação do meio ambiente. Esta pesquisa é particularmente importante, considerando que o Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. E recentemente, uma política de redução de Agrotóxicos (PRONARA) foi suspensa pelo Congresso Nacional por causa do poder econômico das multinacionais do agronegócio. Apesar do milho ser um alimento tradicional na culinária brasileira, o consumo de milho orgânico não figura entre os principais produtos consumidos (Organis, 2023), refletindo dificuldades para produção desse cereal em sistema orgânico de produção. Essas dificuldades estão relacionadas, em grande medida, à falta de pesquisa e à promoção de tecnologias apropriadas.

A produção de milho orgânico no Brasil é vista como uma grande oportunidade, uma vez que este é um mercado com demanda crescente, pois há um interesse não apenas para alimentação humana, mas também para outras cadeias produtivas de alimentos orgânicos, como as de: leite, carne, ovos e aves, que necessitam de matéria prima orgânica para obter certificação para seus produtos. Em 2020, a produção de milho orgânico foi 90% maior que no ano anterior (Canal Rural, 2021). Esse aumento na demanda é visto como um dos principais desafios da produção orgânica de milho, uma vez que a oferta ainda não consegue suprir a demanda.

Em função da finitude dos combustíveis fósseis, bem como a sua complicada utilização quando se pensa em problemas climáticos, é importante a realização de pesquisas que tenham como objetivos a redução da utilização de fertilizantes e de adubos provenientes desses combustíveis (Carvalho, 2008). O papel da pesquisa agropecuária neste sentido é produzir resultados, que estejam de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), nesse sentido, este trabalho atingiu resultados referentes às metas 2- Fome Zero e Agricultura Sustentável, 3- Saúde e Bem-estar, 11- Cidades e Comunidades Sustentáveis, 12- Consumo e Produção Sustentáveis (Zorzo et al., 2022).

A pesquisa em questão, possui grande relevância devido ao fato de que nesses mais de 50 anos, de pesquisa agropecuária brasileira, pouco foi estudado sobre interações mutualísticas

entre a biodiversidade e a produção agroindustrial. Deve-se considerar que no contexto apresentado, o milho orgânico deverá ser “promovido” à categoria de commodities com o apoio da pesquisa agropecuária. Neste cenário, a Embrapa Milho e Sorgo a partir de uma perspectiva sistêmica da pesquisa, gerou conteúdos acerca da produção orgânica de milho, através da realização de um projeto sobre milho orgânico, na região central de Minas Gerais.

Nos últimos anos, a disponibilidade das sementes transgênicas de milho modificou os padrões de produção de milho, também para a pequena propriedade, o que atingiu a oferta de produtos à base de milho, já que a qualidade da culinária tradicional ficou à mercê de milho transgênico.

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea da família Poaceae, cujo centro de origem é o México, sendo uma das principais culturas nativas das Américas. É uma planta anual, herbácea e monóica, ou seja, apresenta flores femininas nas axilas foliares; as espigas e flores masculinas, no ápice da planta, as panículas, que completa o seu ciclo entre quatro a cinco meses (Silva et al., 2021). O milho possui uma imensa riqueza genética, o que nos permite cultivá-lo nos mais variados habitats, desde o nível do mar até mais de 3.000 m de altitude, suportando também grande amplitude de latitudes. O mercado de sementes de milho oferta variedades, híbridos e transgênicos, produzidas por programas de melhoramento vegetal (Araújo e Nass, 2002), e também através da seleção empírica dos agricultores, gerando variedades e materiais crioulos. É importante salientar que a diversidade genética do milho é resultado de um trabalho milenar e ancestral das primeiras civilizações Ameríndias, que a partir do processo de domesticação, transformaram o milho no grão que se trabalha hoje (Rotili et al., 2015; Costa, 2013).

Os grãos do milho possuem grande diversidade de coloração, podendo apresentar grãos que variam do preto até o branco, passando pelo tradicional que são os grãos amarelos. O peso dos grãos pode variar entre 250 a 300 mg e sua composição (matéria seca) é de 61 a 78% de amido, 6 a 12% de proteína, 4% de fibra, 3 a 6% de óleo e 1 a 4% de minerais (Paes, 2008), distribuídos entre as principais estruturas formadoras do grão, que são: pericarpo, endosperma e embrião; o pericarpo representa 5% da massa total do milho, o embrião representa 10%, e o endosperma corresponde à 82% da massa do grão. O endosperma concentra 98% dos carboidratos totais do grão e também 75% de toda proteína do grão (Paes, 2008).

O sucesso de uma produção de milho depende da escolha de uma boa semente, do seu potencial genético dessa semente, e das condições edafoclimáticas do local de cultivo, além da realização de um bom manejo. O êxito da produção de milho no Brasil está relacionado ao

pacote tecnológico utilizado, híbridos com potencial de altos rendimentos, implementos agrícolas e plantio direto (Cruz et al, 2012). Essa afirmação deve ser tratada dentro de um contexto específico: o da agricultura industrial. Para sistemas agrobiodiversos, não há pacote. Os múltiplos contextos socioambientais locais, impedem que modelos prontos resultem em benefício para as comunidades. Contudo, independente de tais perspectivas, a pesquisa em questão tem relevância para quem deseja semear e colher.

O manejo adequado do solo, aliado à boas condições climáticas, também é de extrema importância para elevadas produtividades. Um solo rico, bem como a construção e a manutenção da fertilidade, está ligado às práticas utilizadas na área, no plantio direto, na rotação de culturas, na calagem para a correção da acidez do solo, na gessagem e na adubação (Embrapa, 2006). Além dessas práticas, um bom solo está relacionado com o manejo da matéria orgânica e com a ciclagem de nutrientes, e também com a microbiota existente nesse solo, que pode favorecer os teores de nutrientes no solo, pelos processos de fixação, de mineralização e de solubilização dos nutrientes (Rodrigues et al., 2012).

A adubação dos solos pode ocorrer através de fertilizantes minerais, de origem natural ou sintética, que fornecem de forma prontamente disponível, os nutrientes necessários ao desenvolvimento vegetal. Por outro lado, temos os fertilizantes orgânicos, de origem natural, vegetal, mineral ou animal, que fornecem os nutrientes necessários para as plantas, e ainda alimentam o solo com matéria orgânica. A matéria orgânica incorporada ao solo, é decomposta e forma o húmus, funcionando como fonte de energia para os microrganismos benéficos. O húmus, produto da decomposição do material orgânico, é composto por ácidos húmicos e fúlvicos que são moléculas orgânicas ricas em micro e macronutrientes. O húmus favorece a manutenção de uma diversificada flora microbiana que fornecem fitormônios reguladores que são essenciais para uma maior fertilidade natural dos solos (Nakakoji, 2008).

Além de melhorar a estrutura do solo, aumentar a capacidade de solo de reter e de armazenar água, o húmus também auxilia na manutenção da temperatura do solo, além de elevar a CTC - capacidade de troca catiônica (Malavolta et al., 2002).

A adubação orgânica é o processo de incorporar resíduos orgânicos ao solo, no intuito de manter sua fertilidade e melhorá-lo a médio prazo. O adubo orgânico pode ser definido como qualquer resíduo de origem animal, vegetal, industrial e urbano, que tenha elevados teores de matéria orgânica, bem como níveis adequados de nutrientes, principalmente N, P e K (Senar, 2004). O material vegetal, seja ele de origem vegetal ou animal, quando fornecido em quantidades adequadas, tem efeitos benéficos ao rendimento das culturas e ao desenvolvimento

das plantas, principalmente em se tratando de fornecimento de nitrogênio, uma vez que se sabe que a maior reserva de nitrogênio no solo, é a matéria orgânica, e o nitrogênio é imprescindível para o desenvolvimento das culturas agrícolas, em especial, para a cultura do milho.

Grupos de bactérias presentes no solo, mineralizam o nitrogênio orgânico, contido na matéria orgânica, convertendo-o em amônio ou nitrato, já outros grupos de bactérias atuam mineralizando e solubilizando outros nutrientes presentes na matéria orgânica, como por exemplo o fósforo orgânico, entre outros nutrientes, como o enxofre (Primavesi, 1980).

A adubação com materiais orgânicos está dentro das práticas adotadas pela agricultura orgânica, que trata o solo como um organismo vivo, e não utiliza defensivos e adubos químicos (sintéticos), focando na produção sustentável (Saminêz et al., 2007; Leite e Polli, 2020). O termo agricultura orgânica (AO) foi proposto por Walter James, um estudante de Agricultura Biodinâmica, em seu livro *Look to the Land*, publicado em 1940 (Paull 2014). Atualmente, AO é amplamente aceita e difundida em documentos da Food and Agriculture Organization (FAO), e no Brasil a AO foi reconhecida oficialmente na legislação desde 1999, a partir da Instrução Normativa Nº. 7 (Brasil, 1999), e pela Lei 10.831/2003 (Brasil, 2003), e diversos decretos e instruções que normatizam esta lei.

Segundo Henz et al. (2007), a busca por alimentos mais saudáveis e que não utilizam agrotóxicos vem crescendo, além de uma preocupação do consumidor com sistemas de produção que respeitem o meio ambiente e o trabalhador.

Dentro da produção orgânica de alimentos, destaca-se a agroecologia que enxerga a agricultura por uma visão ecológica, integrando conceitos agronômicos, ecológicos, sociais e econômicos, tendo como finalidades reduzir a dependência externa de insumos e de energia, obtendo assim, uma produção mais sustentável. O objetivo da agroecologia é entender as relações ecológicas dentro de um agroecossistema, e as formas e a dinâmica em que ocorrem as relações entre meios bióticos e abióticos (Leite e Polli, 2020). A Agroecologia é Ciência, Prática e Movimento (MARCHETTI et al., 2023), e não se limita a entender as questões ecológicas, mas em praticar e transformar a realidade em benefício das comunidades locais, com a indispensável participação ativa dessas comunidades. Por deterem saberes que a academia não detém.

A Política Nacional de Bioinsumos, lançada em maio de 2020, objetiva impulsionar a produção agropecuária sustentável, e será importante promotora do movimento em direção à ampliação da oferta de produtos orgânicos e de uma agricultura mais sustentável (Brasil, 2020). Na esfera não governamental, o Instituto Brasil Orgânico (IBO), criado em 2019, com respaldo

da comunidade científica brasileira, incluindo a Embrapa, tem o propósito de representar, promover, proteger e incentivar o movimento orgânico brasileiro, em apoio às políticas públicas (IBO, 2023).

Os microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP), são um grupo heterogêneo de microrganismos, que possuem grande capacidade de ocupação e de colonização do ambiente rizosférico (região de interseção do solo e da planta), e também do interior da planta (endofíticos). A interação dos microrganismos com as plantas se inicia através da liberação de exsudados pelas raízes, que induzem os MPCP irem em direção à rizosfera, para que iniciem o processo de colonização extra e intraradicular, influenciando todo o desenvolvimento vegetal a partir de mecanismos diretos e indiretos (Marchioro, 2023).

Dentre os microrganismos com potencial para desenvolvimento de bioinsumos, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) se destacam (Ferrol et al. 2019). Esses fungos estabelecem simbiose mutualística e promovem o crescimento de inúmeras espécies de plantas, dentre as quais estão as principais “commodities” do agronegócio brasileiro, além de culturas tradicionais, como mandioca e diversas espécies arbóreas nativas empregadas para recuperação ambiental (Moreira & Siqueira 2006). Os FMA também favorecem a aquisição de água e de nutrientes, notadamente o fósforo, pelo sistema radicular das plantas, e aumentam a resistência dessas contra estresses bióticos (patógenos) e abióticos (seca), além de contribuírem para a agregação de partículas de solo, e para o processo de fixação biológica de nitrogênio por bactérias associadas às plantas.

Nessa simbiose, as plantas fornecem carboidratos essenciais para o crescimento e para a reprodução dos fungos micorrízicos arbusculares (Ferrol et al. 2019), que são biotróficos obrigatórios, requerendo o estabelecimento de simbiose com raízes de plantas compatíveis para completar seu ciclo de vida (Ferrol et al. 2019). Os propágulos de FMA presentes no solo, podem ser os esporos, os fragmentos de raízes já colonizados pelos fungos micorrízicos e as hifas do fungo. E essas estruturas diferem quanto à capacidade de iniciar a colonização e à capacidade de sobrevivência no solo (Mergulhão et al., 2007).

No grupo das bactérias rizosféricas, promotoras de crescimento, temos o gênero *Bacillus*, mais especificamente as espécies *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, que são responsáveis pelos processos de solubilização e de mineralização do fósforo no solo (Oliveira-Paiva et al., 2020), além de apresentarem outras características que promovem o crescimento vegetal, podendo-se citar a produção de substâncias semelhantes aos fitormônios produzidos pelas plantas, que induzem o crescimento vegetal. Além disso, o *B. megaterium* e o *B. subtilis*

produzem uma espécie de biofilme que recobre o sistema radicular, protegendo as raízes e reduzindo a perda de água, auxiliando na proteção contra patógenos (Ribeiro et al., 2018). Porém, o “trabalho” principal dessas bactérias é o auxílio no aumento da disponibilidade de fósforo no solo, através da liberação de ácidos orgânicos e de enzimas no solo, que disponibilizam o fósforo orgânico (Po) e inorgânico (Pi) presente no solo, mas indisponível para a absorção das raízes.

As enzimas liberadas no solo, responsáveis por mineralizar o Po, são as fitases e as fosfatases, que agem na matéria orgânica. Já a solubilização do Pi, ocorre através da liberação de ácidos orgânicos, sendo os principais o lático, o glucônico, o oxálico, dentre outros ácidos, que dissolvem material fosfático e/ou que atuam quelando cátions ligados a ânions fosfatos (Abreu et al., 2016). Outra importância das bactérias *B. megaterium* e o *B. subtilis*, é que elas formam endósporos que permitem a sobrevivência por um período de tempo maior no solo, além de proteger de condições externas adversas, como temperaturas extremas e alteração de pH (Oliveira-Paiva et al., 2020).

Outro gênero de bactéria, promotor de crescimento vegetal, amplamente estudado é o *Azospirillum sp.* O interesse nesse gênero é devido à sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, em associação com diversas espécies de plantas, especialmente as gramíneas. Espécies do gênero *Azospirillum sp.* possuem também a capacidade de colonizar as plantas endofiticamente. Além da capacidade de fixar nitrogênio, convertendo N₂ em NH₄ (forma assimilável pelas plantas) (Moreira & Siqueira, 2006), o *Azospirillum sp.* influencia o desenvolvimento das plantas através da síntese de fitormônios, modulando os níveis hormonais, como a auxina; promovendo crescimento radicular, determinando a arquitetura da planta, induzindo formação de raízes laterais e de pêlos radiculares, e ainda, possui papel importante na indução de tolerância e de resistência a estresses bióticos e abióticos (Marchioro, 2023).

Compreender as associações estabelecidas entre os diversos microrganismos e as plantas é de extrema importância para a ciência. A utilização dos microrganismos presentes na microbiota do solo, pode melhorar o desenvolvimento e o crescimento das plantas, bem como aumentar a disponibilidade de nutrientes (Saxena; Chandra; Naim, 2013). Mas para que isso ocorra, deve-se considerar o fato de que tais organismos dependem de manejo que promovam o manejo ecológico do solo e excluam agrotóxicos.

Inoculação é o processo de vinculação de microrganismos, como fungos e bactérias, ao cultivo - seja na forma de peletização de sementes, pulverização no solo ou nas folhas, dentre

outros. A co-inoculação consiste na utilização de dois ou mais microrganismos em conjunto, com as finalidades de potencializar a ação e de adicionar funcionalidades complementares ao sistema, para aumentar a produtividade e a sustentabilidade agrícola (Simonetti; Souza, 2019). Em relação à cultura do milho (*Zea mays* L.), um dos microrganismos mais utilizados é a bactéria *Azospirillum brasilense* que além de promover o crescimento vegetal pela produção de fitormônios, também proporciona maiores produtividades devido à capacidade de fixação biológica de nitrogênio (Hungria, 2016).

O presente trabalho teve como objetivos avaliar; I - a resposta individual e o efeito sinérgico à co-inoculação de *Azospirillum*, de *Bacillus* e de *Rhizoglosum*, em sistema de produção de milho orgânico; II - avaliar o efeito da co-inoculação sobre a comunidade nativa de fungos micorrízicos arbusculares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. S.; GOMES, E. A.; Oliveira, C. A.; FONTES, J. E.; SANTOS, V. L.; MARRIEL, I. E.; Produção de ácidos orgânicos por bactérias endofíticas de milho solubilizadoras de fosfato. 2016. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo.

ARAUJO, P. M. de; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. *Scientia Agricola*, v.59, p. 589-593, jul./set. 2002

BABALOLA, Olubukula Oluranti. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology Letters*, v. 32, p. 1559-1570, 2010.

BRASIL. Lei nº. 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Seção 1, p. 8., 24 dez. 2003.

BRASIL. Instrução Normativa nº. 7 de maio de 1999. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, nº. 94, Seção 1, pág. 11, 14 mai. 1999.

CANAL RURAL. Embrapa: região Sul lidera produção de milho orgânico no Brasil. 2021. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/canal-do-criador/embrapa-regiao-sul-lidera-producao-de-milho-organico-no-brasil/>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

CARVALHO, J. F. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. 2008. *Cienc. Cult.* vol.60 no.3 São Paulo Sept. 2008. ISSN 2317-6660.

COSTA, F. M. (2013). Diversidade genética e distribuição geográfica: uma abordagem para a conservação on farm e ex situ e o uso sustentável dos recursos genéticos de milho do Oeste de Santa Catarina.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; & GONTIJO NETO, M. M. (2012). Milho para silagem. Sete Lagoas: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Embrapa Milho e Sorgo.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sistema brasileiro de classificação de solos, Rio de Janeiro: Cnpso, 2006. 412 p.

FERROL, N.; AZCÓN-AGUILAR, C.; PÉREZ-TIENDA, J. (2019) Review: Arbuscular mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: An overview on the mechanisms involved. *Plant Sci* 280:441–447. doi: 10.1016/j.plantsci.2018.11.011

FORNASIERI FILHO, D. (2007). Manual da cultura do milho. Funep.

BRASIL. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. DECRETO Nº 10.375, DE 26 DE MAIO DE 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>. Acesso em: 14 de set. de 2023.

HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A.; RESENDE, F. V. Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 308p., 2007.

IBO, Instituto Brasil Orgânico. Conheça o Instituto. Disponível em: <https://institutobrasilorganico.org/conheca-o-instituto/> Acesso em: 14 de set. de 2023.

LEITE, A. B.; POLLI, H. Q. Agricultura orgânica no Brasil com enfoque na agricultura biodinâmica. *Interface Tecnológica* - v. 17 n. 1. 2020 DOI: 10.31510/infa.v17i1.787

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. Adubos e Adubações. São Paulo: Nobel, 2002.

MARCHETTI, Fábio Frattini et al. Agroecologia: ciência, movimento político e prática social para mitigação e adaptação às mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 388-415, 2023.

MARCHIORO, E. Inoculação de microrganismos promotores do crescimento vegetal na cultura do milho. Dissertação. UFSC. 2023.

MERGULHÃO, A. C. E. S., OLIVEIRA, J. P., BURITY, H. A., MAIA, L. C. Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas nativas e impactadas por mineração gesseira no semi-árido brasileiro. *Hoehnea* 34(3): 341-348, 4 tab., 2007.

MOREIRA, Fátima; SIQUEIRA, José Oswaldo. Microbiologia e bioquímica do solo. Editora UFLA, 2006.

NAKAKOJI, N. K. N.; NARUSAWA, I. D. S.; SILVA, C. F.; FERREIRA, C. P.; SOUTO, G. C. Eficiência do húmus de minhoca no desempenho do milho crioulo no Nordeste Paraense. Capítulo 3. p. 25-34. In: *Tópicos em Ciências Agrárias* - Volume 6 – Editora Poisson, Belo Horizonte, MG, 2020. ISBN: 978-65-86127-68-3.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V.M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JÚNIOR, R. Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 260).

ORGANIS. Panorama do consumo de orgânicos no Brasil 2023. Associação de Promoção dos Orgânicos. Disponível em: <https://organis.org.br/pesquisa-consumidor-organico-2023/>
PAES, M. C. D. Manipulação da composição química do milho: impacto na indústria e na saúde humana. (2008). Artigo em Hypertexto. Recuperado de http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/milho/index.htm

PAULL, John (2014). Lord Northbourne, the man who invented organic farming, a biography *Journal of Organic Systems*, 9 (1), pp. 31-53.

PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo: Agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1980, 549 p.

RIBEIRO, V. P.; MARRIEL, I. E.; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; MATTOS, B. B.; PAIVA, C. A. O.; GOMES, E. A. Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 49S, p. 40-46, 2018.

REGITANO-d'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELLUCCI, A. C. L. Processamento e industrialização do milho para alimentação humana. *Visão Agrícola* n. 131. p. 138-140. Jul/dez 2015.

RODRIGUES, T. R. D.; BROETTO, L.; OLIVEIRA, P. S. R.; RUBIO, F. Desenvolvimento da cultura do milho submetida a fertilizantes orgânicos e minerais. *Bioscience Journal*., Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 509-514, July/Aug. 2012.

ROTILI, E. A.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; PIMENTA, R. S.; & de CARVALHO, E. V. (2015). Importância das características morfológicas e agrônômicas no estudo da biodiversidade genética em milho. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(5), 10.

SAMINÊZ, T. C. O.; DIAS, R. P.; NOBRE, F. G. A., MATTAR, R. G. H., GONÇALVES, J. R. A. Princípios norteadores. In: *Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 17-28. 2007.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Trabalhador na agricultura orgânica: informações básicas. Curitiba – Pr. 2004. p. 7-27.

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; NETO, S. G.; CABRAL, A. M. D.; Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas de sorgo e milho: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, e123103131172, 2021. (CCBY 4.0) | ISSN 2525-3409. | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13172>

ZORZO, F. B.; LAZZARI, F.; SEVERO, E. A.; FERRO de GUIMARÃES, J. C. (2022). DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AGENDA 2030: UMA ANÁLISE DOS

INDICADORES BRASILEIROS. *Revista Gestão E Desenvolvimento*, 19(2), 160–182.
<https://doi.org/10.25112/rgd.v19i2.3114>.

ARTIGO 1

MILHO CRIOULO CO-INOCULADO COM MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL

RESUMO - A produção de milho crioulo, em sistemas agroflorestais, é crescente no Brasil e a adoção de práticas sustentáveis podem elevar à eficiência do sistema produtivo. A inoculação de microrganismos promotores de crescimento de plantas pode melhorar a eficiência de uso dos nutrientes, e promover incrementos na produção. Neste cenário, avaliou-se os efeitos da inoculação e da co-inoculação de *Azospirillum* sp., *Bacillus* spp. e *Rhizogloium intraradices* na produção de milho crioulo vermelho, em sequeiro, em área de produtor, em Capim Branco, Minas Gerais. O experimento foi conduzido na safra 2021/2022, com os seguintes tratamentos: 1) Controle não inoculado, 2) *Azospirillum* sp., 3) *Bacillus* spp., 4) *Rhizogloium Intraradices*, e 5) Co-inoculação; e foi instalado em DBC, com 3 blocos. Antes e após o plantio, o solo da área foi caracterizado através de análise química para fins de fertilidade e de bioanálise (BioAs). Foram estudadas as variáveis: taxa de colonização micorrízica (TCM) e produtividade. A TCM apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A inoculação com *Bacillus* favoreceu a micorrização e apresentou a maior média (65%), sendo 20% superior ao controle. A produção de grãos não apresentou diferença estatística. Os valores obtidos por tratamento foram: 94 (5650,57 kg/ha); 90,3 (5417,73 kg/ha); 86,16 (5169,77 kg/ha); 81,23 (4873,5 kg/ha) e 72,66 sacas (4359,5 kg/ha), respectivamente, para *Bacillus* spp, co-inoculação, *Azospirillum* sp., *Rhizogloium intraradices*, e controle.

Palavras-chave: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Rhizogloium*. Milho crioulo. Co-inoculação. Taxa de colonização micorrízica. Produtividade.

CREOLE CORN CO-INOCULATED WITH PLANT GROWTH-PROMOTING MICROORGANISMS IN AN AGROFORESTRY SYSTEM

ABSTRACT - The production of Creole corn in agroforestry systems is growing in Brazil and the adoption of sustainable practices can increase the efficiency of the production system. The inoculation of plant growth-promoting microorganisms can improve the efficiency of nutrient use, and promote increases in production. In this scenario, the effects of inoculation and co-inoculation of *Azospirillum* sp., *Bacillus* spp. and *Rhizogloium intraradices* on the production of red Creole corn, in rainfed land, in a producer's area, in Capim Branco, Minas Gerais, were evaluated. The experiment was conducted in the 2021/2022 crop year, with the following treatments: 1) Non-inoculated control, 2) *Azospirillum* sp., 3) *Bacillus* spp., 4) *Rhizogloium Intraradices*, and 5) Co-inoculation; and was installed in DBC, with 3 blocks. Before and after planting, the soil of the area was characterized through chemical analysis for fertility and bioanalysis purposes (BioAs). The following variables were studied: mycorrhizal colonization rate (MCT) and productivity. MCT showed a significant difference between treatments. Inoculation with *Bacillus* favored mycorrhization and had the highest mean (65%), being 20% higher than the control. Grain production did not show statistical difference. The values

obtained per treatment were: 94 (5650.57 kg/ha); 90.3 (5417.73 kg/ha); 86.16 (5169.77 kg/ha); 81.23 (4873.5 kg/ha) and 72.66 bags (4359.5 kg/ha), respectively, for *Bacillus* spp, co-inoculation, *Azospirillum* sp., *Rhizogloium* intraradices, and control.

Keywords: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Rhizogloium*. Creole maize. Co-inoculation. Mycorrhizal colonization rate. Yield.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) possui uma grande riqueza genética e uma vasta cultura alimentar associada a diferentes variedades e tipos de grãos (Pereira Filho & Borghi, 2020). Essas características, aliadas à demanda por produtos orgânicos, resgate da cultura alimentar tradicional, culinária gourmet, e qualidade de vida - vêm impulsionando a demanda por variedades de milho crioulo (Pereira et al, 2017; Projeto Crioulo, 2024). Essa demanda impõe desafios e oportunidades para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis nas suas bases social, ambiental e financeira (Silva et al, 2021).

Neste sentido, a produção de milho em sistema orgânico vem ganhando destaque na alimentação humana, uma vez que segue crescente a busca por alimentos de origem natural, não transgênicos e saudáveis (Oliveira, 2020; Organics, 2023). As produções comerciais são feitas em sistemas orgânicos certificados, sem utilização de agrotóxicos ou fertilizantes sintéticos, ou seja, dentro das diretrizes previstas na legislação para a agricultura orgânica brasileira (MAPA, 2003).

Os sistemas de produção agroflorestais, que estão em conformidade com as diretrizes da agricultura orgânica, fazem a utilização de insumos naturais, podendo ser de origem vegetal, animal, microbiana e/ou mineral (Fassbender, 1992; Schroth et al., 2004; Silva, 2022). O manejo orgânico e agroecológico do solo traz inúmeros benefícios, tanto para o próprio solo quanto para a planta e para o agroecossistema (Almeida e Teixeira, 2017; Silva, 2022).

Um solo rico em material orgânico, é mais resiliente, armazena mais água e também mais nutrientes, além de possibilitar a manutenção de uma biomassa microbiana ativa e diversa (Avillez e Carvalho, 2015). Porém, os microrganismos presentes no solo, e suas comunidades, nem sempre estão ativos e são suficientes para suprir as plantas, na velocidade e no tempo necessário para o desenvolvimento das culturas. Muitas vezes torna-se fundamental, a inoculação de microrganismos promotores de crescimento de plantas, que através da disponibilização de nutrientes no solo ou por outros benefícios promovidos por esses microrganismos, como o controle biológico de patógenos, podem ser utilizados como biofertilizantes (Favarato, 2015; Gomes et al, 2016; Primavesi, 2002).

A atividade biológica do solo é fundamental não só para obtenção de boas produtividades, mas também para uma produção sustentável. Dentre os microrganismos mais utilizados na produção de milho, temos as bactérias do gênero *Azospirillum* e *Bacillus*,

responsáveis por aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo, como nitrogênio e fósforo, além de produzirem substâncias semelhantes a fitormônios, que auxiliam no crescimento e desenvolvimento radicular, dentre outros benefícios para a promoção do crescimento vegetal. (Hungria et al, 2022; Oliveira-Paiva et al., 2020).

Outro grupo de microrganismos, que promove crescimento vegetal, são os fungos micorrízicos arbusculares (MA), que formam associações mutualísticas com as raízes das plantas, aumentando a superfície de exploração do solo, através de suas hifas, e consequentemente, a eficiência da absorção de água e de nutrientes, principalmente o fósforo, que é um elemento de pouca mobilidade no solo (Andrade, 2004; Smith e Smith, 2011; Miranda, 2012).

Compreender as associações estabelecidas entre os diversos microrganismos e as plantas é de extrema importância para a ciência. A utilização dos microrganismos presentes na microbiota do solo, pode melhorar o desenvolvimento e o crescimento das plantas, bem como aumentar a disponibilidade de nutrientes (Saxena; Chandra; Naim, 2013).

Inoculação é o processo de vinculação de microrganismos, como fungos e bactérias, ao cultivo - seja na forma de peletização de sementes, de pulverização no solo ou nas folhas, dentre outros. A co-inoculação consiste na utilização de dois ou mais microrganismos em conjunto, com as finalidades de potencializar a ação e de adicionar funcionalidades complementares ao sistema, para aumentar a produtividade e a sustentabilidade agrícola (Simonetti; Souza, 2019). Em relação à cultura do milho (*Zea mays* L.), um dos microrganismos mais utilizados é a bactéria *Azospirillum brasilense*, que além de promover o crescimento vegetal pela produção de fitormônios, também proporciona maiores produtividades devido à capacidade de fixação biológica de nitrogênio (Hungria, 2016).

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a produção de milho crioulo, em campo, em resposta à inoculação e à co-inoculação, com microrganismos promotores de crescimento vegetal, sendo os gêneros de bactéria *Azospirillum* sp., as espécies *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, e o fungo MA, da espécie *Rhizoglosum intraradices*, em sistema de produção agroflorestal com certificação orgânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização, características da área do experimento e preparo para plantio

O experimento foi realizado na safra de 2021/2022, na Fazenda Vista Alegre, localizada no município de Capim Branco, MG, altitude 839 m, latitude 19.5489S, longitude 44.1167W, com temperatura média de 21,5 °C, e precipitação média de 111 mm/mês (INPE, 2023). O clima é classificado como Cwa, definido com verões quentes e úmidos, e invernos secos (Koppen-Geiger, 2007). A área de produção de grãos é manejada em sistema agroflorestal, com faixas delimitadas por leiras plantadas com banana, limão e mogno na linha, desde 2012.

O solo da área é classificado como Latossolo. Para a caracterização química do solo foram coletadas amostras nas profundidades de 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, e para a bioanálise do solo (BioAs), 0 - 0,10 m, com resultados descritos nas Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente. A análise BioAS (Tabela 2), além dos parâmetros convencionais, detalha as atividades das enzimas arilsulfatase e betaglicosidase, os teores de matéria orgânica e fornece parâmetros de armazenamento de nutrientes, de ciclagem de nutrientes e de suprimento de nutrientes, referentes à atividade do solo (Mendes et al., 2021). São apresentados também os Índices de Qualidade do Solo (IQS), IQS Fertbio, IQS Químico e IQS Biológico, apresentados em uma escala de faixas numéricas (0-0,2 muito baixo; 0,21-0,4 baixo; 0,41-0,6 médio; 0,6-0,8 alto; e 0,81- 1 muito alto).

Foram coletadas amostras compostas de solo, que foram encaminhadas ao Laboratório Campo Análises, em Paracatu, MG. O plantio do milho orgânico foi feito em regime de sequeiro. O preparo da área consistiu de uma gradagem, seguida de adubação de pré-plantio, com 7 toneladas, por hectare, de esterco de gado curtido. Próximo a data da semeadura, foi realizado o revolvimento do solo com enxada rotativa. Após o final do experimento, foi feita nova coleta de solo para avaliar seu estado, após os tratamentos.

Delineamento experimental, plantio e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos: 1) Controle (T); 2) Inoculação com *Azospirillum* sp (A); 3) Inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* (B); 4) Inoculação com *Rhizoglosum intraradices* (R); e 5) Co-inoculação *Azospirillum* x *Bacillus* x *Rhizoglosum* (ABR); e 3 blocos. Foram utilizadas sementes de variedades de milho crioulo vermelho, produzidas na propriedade (Projeto Crioulo, 2024).

Os isolados, para o inóculo de *Azospirillum brasilense*, foram as estirpes CMS 11 e CMS 18, provenientes do Laboratório de Microbiologia do Solo, da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Já os *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, foram provenientes do inoculante comercial Biomaphos, e os isolados de *Rhizoglyphus intraradices*, do inoculante comercial Rootella Br. As doses utilizadas foram as recomendadas pelos fabricantes.

A semeadura do milho crioulo foi realizada no dia 28 de outubro de 2021, em área de sequeiro. As capinas foram feitas em 19 e 26 de novembro, respectivamente 22 e 29 dias após o plantio. A produção de grãos foi avaliada em 23 de março de 2022, amostrando manualmente a produção. A colheita foi realizada de forma mecanizada. A área experimental foi de 3,4 m² por parcela, sendo uma linha de 4 metros, e espaçamento de 0,80 metros.

Avaliação da taxa de colonização radicular por Fungos Micorrízicos Arbusculares

Para a diafanização, a acidificação e a coloração das raízes foi utilizada a metodologia descrita por Phillips & Hayman (1970), com modificações conforme descrito abaixo. Foram usadas raízes finas, previamente preservadas em solução contendo álcool 70%. Essas raízes foram lavadas em água corrente, para remoção da solução alcoólica, e logo após, transferidas para tubos Falcon (50 mL), sendo acrescentado KOH 10% para diafanização do material, em banho-maria à 65 °C, durante 1h e 30min. Após o período do banho-maria, as raízes foram novamente lavadas em água corrente, e acidificadas com solução de HCl 1%, em temperatura ambiente, de um dia para o outro. Posteriormente, as raízes foram imersas em solução de corante Trypan Blue 0,05% (500 mL de glicerina, 450 mL de água tipo 1, 50 mL HCl 1% e 0,5g de corante azul de tripano) e aquecidas em banho mariam à 65°C, por 45 minutos. A avaliação da Taxa de Colonização radicular foi determinada segundo O Método de Interseção de Linhas de Grade, descrito por Giovanetti & Mosse (1980), com auxílio de microscópio estereoscópico com magnificação de até 60 x.

Análises estatísticas

As variáveis resposta foram: estande; peso das espigas; prolificidade; teor de umidade nos grãos; produção (kg/ha); taxa de colonização micorrízica.

Para a análise estatística dos dados foi feito o teste de normalidade de Teste de Kolmogórov-Smirnov. Em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA), seguido pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados no software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da área de plantio

O solo da área apresentou resultados considerados bons, para a produção de grãos de milho. A saturação por bases (V) apresentou valor de 59%, sendo que o valor ideal para a cultura deve estar acima de 50%. O solo em questão, também não apresentou problemas com alumínio e questões relacionadas ao pH, uma vez que sua saturação (m) foi de 0 e o pH apresentou valor de 5,91 (Sousa e Lobato, 2004; Benites et al., 2010).

Tabela 1 - Parâmetros químicos da área experimental de milho orgânico crioulo em sequeiro, Capim Branco, MG. Safra 2021/2022.

Parâmetro	Unidade	0 – 20 cm	20 – 40 cm
pH - água	-	5,91	5,01
pH - CaCl ₂	-	5,55	4,59
Matéria Orgânica	dag/kg	4,21	3,88
C-org Total	dag/kg	2,43	2,24
Fósforo - P (Mehlich 1)	mg/dm ³	18,3	10
Potássio - K	mg/dm ³	166,07	77,77
Enxofre - S	mg/dm ³	2,78	*
Cálcio - Ca ²⁺	cmol c/dm ³	3,51	2,3
Magnésio - Mg ²⁺	cmol c/dm ³	0,83	0,54
Alumínio - Al ³⁺	cmol c/dm ³	<0,1	<0,1
Acidez Potencial - H+Al	cmol c/dm ³	3,3	3,22
CTC	cmol c/dm ³	8,06	6,26
Saturação por bases (V)	%	59	49
Saturação por Al ³⁺ (m)	%	0	0

*valores não obtidos.

Para avaliação do teor de nutrientes em solos do Cerrado, é levada em consideração o teor de argila do solo, que nessa propriedade é de 612 g/kg. Os teores de Matéria Orgânica (MO) (42,1 g/kg), K (166,07 mg/dm³) e Ca (3,51 cmol c/dm³) estavam acima do considerado nível crítico para a produção, que são de 35 g/kg, 80 mg/dm³ e 2,4 cmol c/dm³, para MO, K e Ca, respectivamente (Sousa e Lobato, 2004; Benites et al., 2010).

O manejo do solo, como a correção do solo e a adubação, nesse caso orgânica, auxiliam na construção da fertilidade do solo (Fontoura et al., 2015), o que é fundamental para a boa produção e bons rendimentos de grãos para a cultura do milho (Resende et al., 2016). No caso da Fazenda Vista Alegre, além do manejo orgânico adotado, há também a adoção do pousio uma parte do ano, para que a fertilidade “se recupere” para o plantio seguinte.

Tabela 2 - Bionálise do solo (BioAs): IQS FertBio, IQS Químico, IQS Biológico. Teores de matéria orgânica no solo, e atividade das enzimas arilsulfatase e betaglicosidase, em área de milho crioulo orgânico em sequeiro, Capim Branco, MG.

Parâmetros	Antes da Semeadura	Após a Colheita
Arilsulfatase (µg PNF/g.h)	253,94 - Muito alto	501 - Muito alto
Betaglicosidase (µg PNF/g.h)	164,91 - Muito alto	174 - Muito alto
Matéria Orgânica (g/kg)	42,1 - Muito alto	38 - Muito alto
IQS FerBio	0,88	0,9
IQS Biológico	1,00	0,96
IQS Químico	0,82	0,87
Ciclagem de Nutrientes	1,00	0,96
Armazenamento de Nutrientes	0,99	0,88
Suprimento de Nutrientes	0,64	0,85

Legenda (IQS, Ciclagem, Armazenamento e Suprimento de Nutrientes): 0,81 a 1 - muito alto; 0,61 a 0,8 - alto; 0,41 a 0,6 - médio; 0,21 a 0,4 - baixo; 0 a 0,2 - muito baixo.

Segundo resultados da Bio-análise (BioAS), os parâmetros que medem a qualidade do solo melhoraram entre as fases antes e após o plantio (Tabelas 1 e 2). A agricultura orgânica não utiliza herbicidas, necessitando de intervenções mecânicas como, gradagem, enxada rotativa e passagens de cultivador, para controle de plantas espontâneas. O uso de plantas de cobertura também promove o controle de plantas espontâneas. Os métodos mecânicos de manejo perturbam a estrutura do solo.

De acordo com Ceretta e Aita (2010), o preparo convencional do solo, com arações e gradagens causam destruição dos agregados do solo, e com isso, alterações na dinâmica da matéria orgânica do solo, que afeta diretamente a atividade da comunidade biológica do solo. Porém, a adição de adubação orgânica e o não uso de herbicidas, defensivos e adubos químicos, podem estar contrabalanceando os efeitos negativos do preparo do solo no sistema orgânico – todos os parâmetros avaliados sofreram melhorias após o cultivo da área (Tabela 2).

A avaliação das atividades das enzimas arilsulfatase e betaglicosidase, pela análise BioAs, mostrou-se sensível para detectar alterações no manejo utilizado. Essas enzimas têm relação com a matéria orgânica do solo (Mendes et al. 2021). Além dos valores enzimáticos, os outros parâmetros e índices, avaliados pela análise BioAs, também tiveram um incremento após o cultivo na área. A análise de componentes biológicos do solo contribui para avaliação de práticas de manejo mais sustentáveis, como o manejo orgânico. Em outras palavras, pode-se dizer que o manejo orgânico adotado enriquece o solo, melhorando a sua saúde e sustentabilidade.

A análise de variância dos dados (Tabela 3) não indicou diferença significativa, entre as médias das variáveis resposta: estande, peso de espiga, prolificidade, umidade e produção (kg/ha), exceto para a variável taxa de colonização micorrízica.

Tabela 3 – Estimativas de quadrados médios para as variáveis taxa de colonização, estande, peso de espiga (P.E.), prolificidade (PRO), umidade dos grãos (U) e produção nos tratamentos com inoculação e co-inoculação, em milho crioulo sequeiro, Capim Branco, MG.

FV	GL	QM					
		Estande	P.E.	N. E.P	PROD	TX	U
Tratamentos	4	1,65 ns	0,12 ns	5,07 ns	756282,3	330,07*	0,85 ns
					4 ns		

Bloco	2	1,05	0,33	1,22	147.2288 ,08	3,47	0,25
Resíduo	8	1,36	0,13	4,27	726702,9 3	50,97	0,52
Média Geral	---	15,9	15,47	15,57	5094,23	47,07	12,99
CV (%)	---	7,34	2,32	13,29	16,73	15,17	5,57

*Nível de significância a 5%; ns: não significativo; P.E.: Peso de espiga (g), PRO.: Prolificidade, PROD: Produção (kg/ha), TX: Taxa de colonização micorrízica (%), U.: Teor de umidade nos grãos (%).

A taxa de colonização micorrízica (Tabela 4), foi a variável resposta que obteve diferença significativa a 5% de probabilidade, porém o tratamento inoculado apenas com o fungo *R. intraradices*, apresentou a menor taxa de colonização, 34%. O tratamento com a maior média de colonização foi o tratamento inoculado com *Bacillus* (63%), seguido dos tratamentos, co-inoculação ABR (49%), controle (não inoculado) e *Azospirillum* (45 e 44,33%), respectivamente.

Tabela 4 – Percentual de colonização micorrízica (%) em resposta à inoculação com bioinsumos em raízes de milho crioulo em Capim Branco, MG.

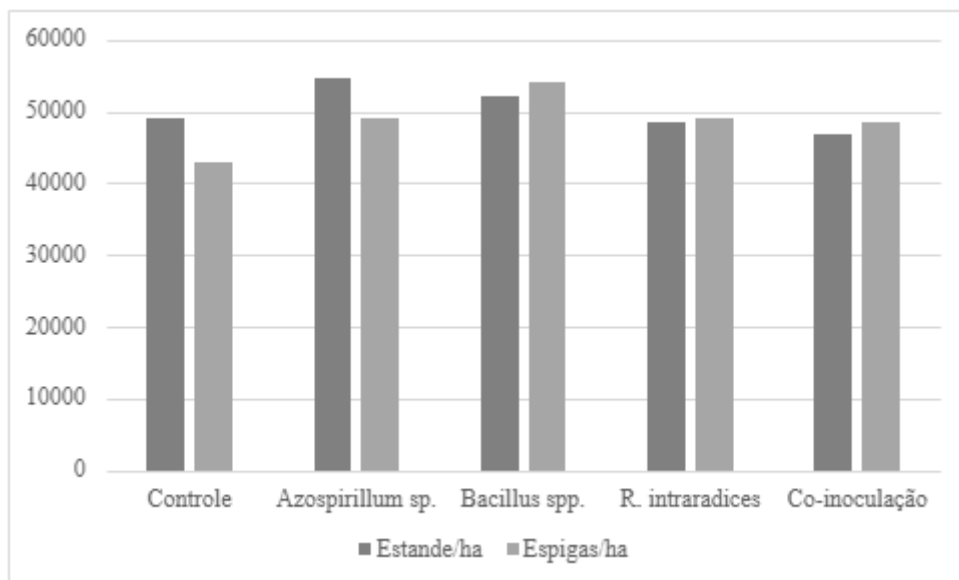
Tratamento	Médias	Tukey
<i>Bacillus</i>	65%	a
Co-inoculação ABR	49%	a b
Controle (não inoculado)	45%	b
<i>Azospirillum</i>	44,33%	b
<i>Rhizoglofus</i>	34%	b

Médias seguidas de mesma letra verticalmente, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

O resultado médio de estande (Figura 1) encontrado neste trabalho foi de 54.687, 52.083 e 48.958 plantas/ha, para os tratamentos inoculados com *Azospirillum* sp., *Bacillus* spp.

e para o tratamento controle (não inoculado), respectivamente. Os tratamentos *Rhizogloium intraradices* e a co-inoculação apresentaram valores abaixo da média do tratamento não inoculado, sendo 48437,5 e 46.875 plantas por hectare, respectivamente.

Figura 1 - Estande e número médio de espigas de milho crioulo por hectare, em resposta aos tratamentos de inoculação com bioinsumos em Capim Branco, MG.



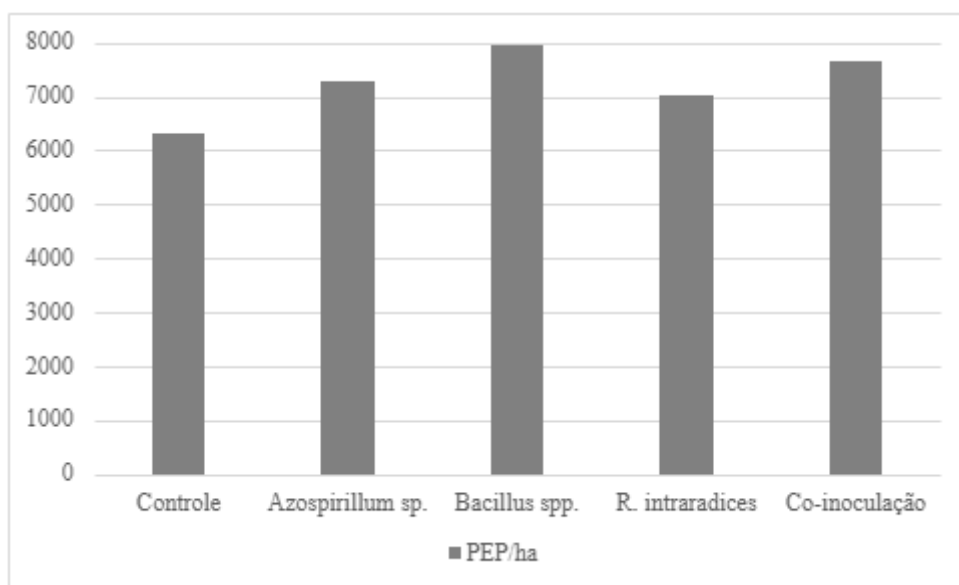
A prolificidade por hectare foi de 49.063 espigas, no tratamento inoculado com *Azospirillum*; 54.063 espigas no tratamento com *Bacillus*; 48.437,5 para o tratamento inoculado com *Rhizogloium*; e 48.438 espigas, no tratamento com a co-inoculação tripla (Figura 1). O tratamento controle (não inoculado) apresentou a menor média (42.813 de espigas por hectare) (Figura 1).

Duas variáveis em conjunto (estande/ha e prolificidade) apontaram que o número de plantas na área, nem sempre evidenciará a expectativa de produção. Uma vez que o tratamento com o co-inoculação apresentou menos plantas, por hectare, que o controle, porém teve valores maiores quando a variável avaliada foi a prolificidade por hectare, indicando que algumas plantas produziram mais de uma espiga, geralmente duas. Em relação à nutrição das plantas, pode ser que a co-inoculação tenha favorecido a produção de espigas proporcionando assim, um número maior.

O estande e a prolificidade relatado por Campanha et al. (2022), para o milho crioulo amarelo na mesma propriedade, foi de 47.970 plantas por hectare, e de 45.312,5 espigas por hectare.

O peso médio das espigas com palha (Figura 2), foi de 7291,67 kg/ha, 7932,23 kg/ha, 7036,46 kg/ha, para *Azospirillum* sp., *Bacillus* spp., e *Rhizoglosum intraradices*, respectivamente, e de 7651,04 kg/ha para o tratamento com a co-inoculação. O menor valor registrado foi para o tratamento controle, onde o peso médio de espigas com palha foi de 6328,13 kg/ha.

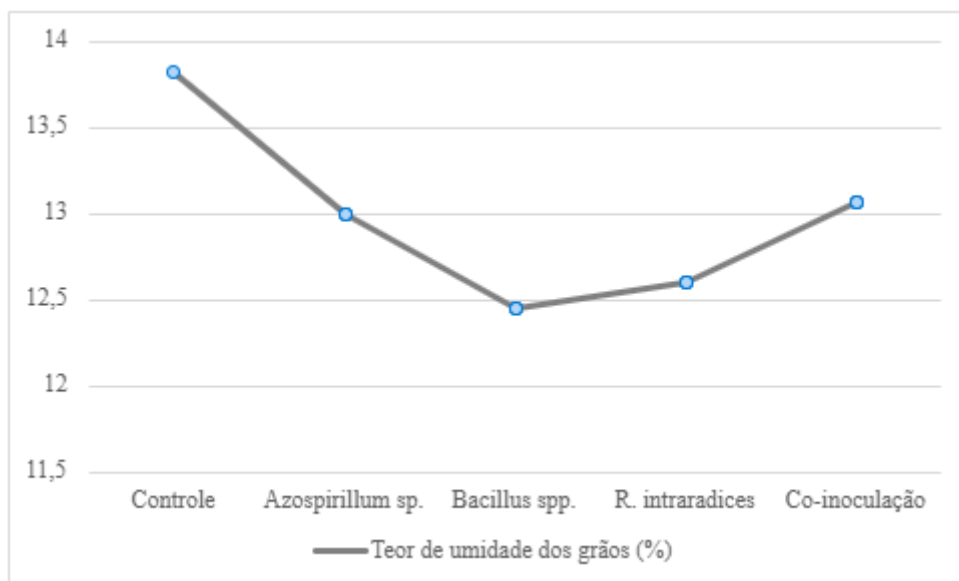
Figura 2 – Peso de espigas com palha (g) (PEP) de milho crioulo em resposta aos tratamentos de inoculação com bioinsumos em Capim Branco, MG.



As médias de valores PEP dos tratamentos foram 25,34% para *Bacillus*, 20,9% para co-inoculação, 15,22% para *Azospirillum* e 11,19% para *Rhizoglosum*, acima do controle, respectivamente (Figura 2).

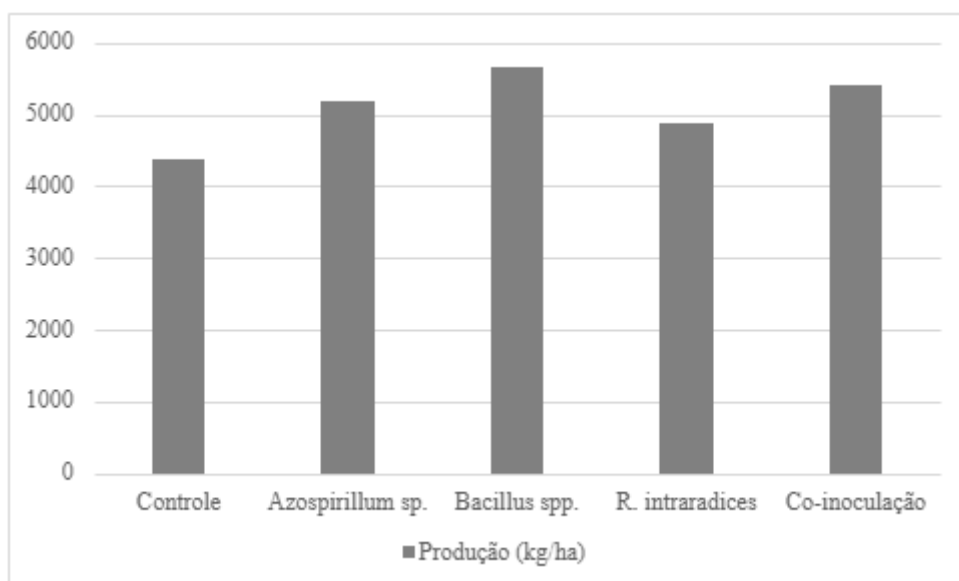
O teor de umidade dos grãos (Figura 3), no momento da colheita, teve pouca variação, com menos de 2% de diferença entre o tratamento com o maior e o menor teor de umidade. O tratamento controle (não inoculado) apresentou a maior média de umidade, no momento da colheita, 13,82%. A menor média registrada foi para o tratamento inoculado com *Bacillus*, 12,45%; as demais médias foram 12,6% para *Rhizoglosum*, 13% para *Azospirillum* e 13,07% para o tratamento co-inoculado.

Figura 3 - Teor de umidade dos grãos (%) de milho crioulo, em resposta aos tratamentos de inoculação com bioinsumos, no momento da colheita, em Capim Branco, MG.



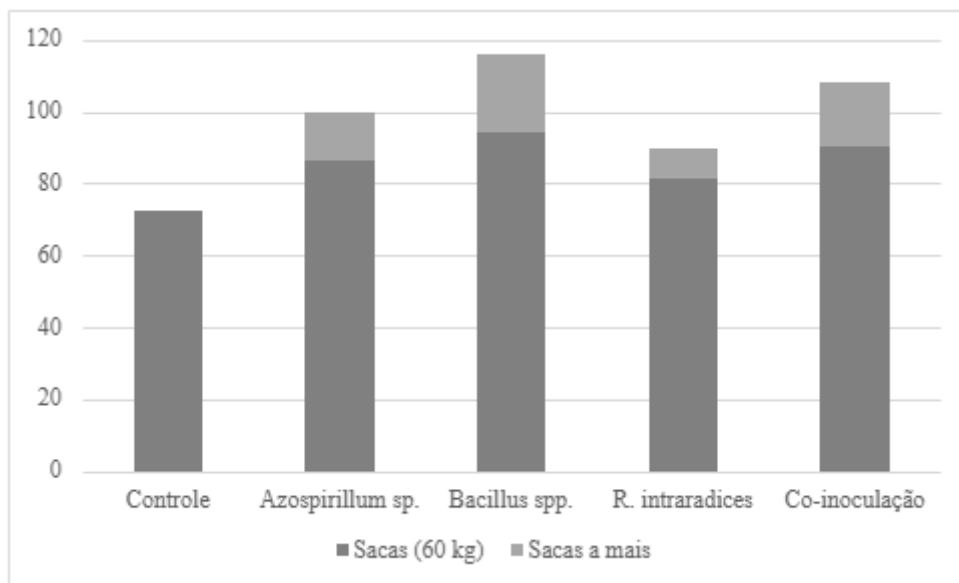
Em relação à produção de grãos (Figura 4), todos os tratamentos inoculados apresentaram valores acima do tratamento controle (não inoculado), porém não houve diferença significativa. O tratamento inoculado com *Bacillus* spp. produziu 5650,57 kg/ha, a co-inoculação produziu 5417,73 kg/ha, seguido dos tratamentos com *Azospirillum* sp. e com *Rhizoglossum intraradices*, que produziram 5169,77 kg/ha e 4873,5 kg/ha, respectivamente. O tratamento controle (sem inoculação) produziu 4359,5 kg/ha.

Figura 4 - Produção média de grãos, em kg/ha, de milho crioulo, em resposta aos tratamentos de inoculação com bioinsumos em Capim Branco, MG.



Convertendo os dados para sacas de 60 kg de grãos (Figura 5), percebeu-se que o tratamento com *Bacillus* produziu 21 sacas a mais, por hectare, que o tratamento sem inoculação. Os tratamentos com co-inoculação, *Azospirillum* e *Rhizoglofus* produziram 17,64; 13,5 e 8,57 sacas a mais, respectivamente.

Figura 5 - Sacas (60 kg) por hectare, e diferença em relação ao tratamento controle (não inoculado) de milho crioulo, em resposta aos tratamentos de inoculação com bioinsumos em Capim Branco, MG.



Na literatura não foram encontrados trabalhos em campo com co-inoculação tripla de *Azospirillum*, *Bacillus* e *Rhizoglofus*, nem para o milho crioulo nem para outras cultivares de milho, sugerindo que este trabalho é pioneiro nesta área.

Estudos realizados em condições controladas, utilizando esses mesmos tratamentos de inoculação e de co-inoculação, com *Azospirillum*, *Bacillus* e *Rhizoglofus*, em dois materiais genéticos milho BRS Caimbé (variedade) e híbrido na fase de germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas (Gomes, 2022), indicaram tanto a compatibilidade quanto o sinergismo, nos parâmetros avaliados. A co-inoculação promoveu um incremento no peso seco da raiz e da parte aérea, e no comprimento radicular e da parte aérea das plântulas. Nesse mesmo estudo, os tratamentos de co-inoculação com *Azospirillum*, *Bacillus* e *Rhizoglofus* apresentaram a maior média, tanto para peso seco de raiz (2,7 g), quanto para comprimento de raiz (24 cm) e comprimento de parte aérea (20 cm). Para a variável resposta peso seco de parte aérea, os tratamentos que apresentaram a maior média (2,96 g) foram a co-inoculação de *Azospirillum* e de *Rhizoglofus*. Essa avaliação, em condições controladas, demonstrou o potencial da co-inoculação apresentando um possível sinergismo, resultado

esperado haja visto que tais organismos estão presentes em ambientes naturais, e certamente evoluíram em conjunto.

No presente trabalho realizado em campo, não houve uma resposta significativa dos tratamentos de inoculação e de co-inoculação destes bioinsumos, possivelmente devido ao material genético diferente, e principalmente, à competição dos microrganismos inoculados com as populações nativas do solo.

Os resultados de produtividade obtidos por Campanha et al. (2022), em outras áreas na mesma safra dentro da mesma propriedade, foram de 4.200 kg/ha, para o milho crioulo vermelho em sequeiro, e de 5.449 kg/ha, para o milho crioulo amarelo em sistema irrigado. Dentre os tratamentos estudados nesta pesquisa, a inoculação de *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*, produziu 5650,57 kg/ha, produção superior ao da outra área na mesma propriedade. Porém os demais tratamentos não foram capazes de alcançar tal produção.

Barros (2022), realizou a co-inoculação de *Azospirillum* com duas espécies de FMA, *Acaulospora scrobiculata* e *Rhizoglossum clarum*, em milho, sendo o FMA utilizado, o mesmo gênero da espécie utilizada neste estudo. O resultado obtido pelo tratamento *Azospirillum* + *Rhizoglossum clarum*, para altura de plantas (1,67 m), foi estatisticamente superior aos demais tratamentos. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas nas demais variáveis.

A taxa de colonização de raízes apresentou um resultado onde o tratamento inoculado com o fungo micorrízico *Rhizoglossum* obteve a menor média entre os tratamentos. Esse resultado pode evidenciar uma competição entre o inoculante e os fungos nativos do solo, necessitando de trabalhos futuros para comprovação da hipótese. Outra possível explicação para esse resultado, pode ser a baixa capacidade do *Rhizoglossum* em se estabelecer nesse ambiente e colonizar o sistema radicular do milho crioulo, um milho com uma variabilidade genética imensa e pouco estudado. Quando o inoculante à base de fungo micorrízico foi validado no Brasil, foi utilizado híbridos de milho (Stoffel, 2019).

O tratamento inoculado com *Bacillus* proporcionou a maior taxa de colonização micorrízica. Este resultado sugere um sinergismo entre estes dois grupos de microrganismos, os fungos micorrízicos e as bactérias do gênero *Bacillus*. É sabido que em condições de extrema baixa de fósforo, a planta pode desligar a micorrização, e nesta condição, a solubilização de fósforo, pelo *Bacillus*, pode causar uma sinalização da planta para permitir a entrada do fungo na raiz, para aumentar a aquisição do fósforo presente no solo. Sabe-se que a regulação da

intensidade da formação das estruturas de micorrizas nas raízes é feita pelas próprias plantas (Smith & Smith, 2011), logo, um aumento de fósforo no solo pode ter causado um aumento da necessidade das raízes por estruturas que aumentem a absorção do mesmo.

O solo é um ambiente complexo, e os efeitos benéficos das interações entre microrganismos, de diferentes grupos funcionais, com plantas, dependem da compatibilidade genética e da complementaridade das funções desses microrganismos, com o genoma da planta para um dado ambiente. Moncada et al., (2015), encontraram efeito positivo na aclimação e no desenvolvimento de plantas inoculadas com *Glomus* sp. e *Bacillus amyloliquefaciens*, sendo esse desenvolvimento igual, e muitas vezes superior ao encontrado quando utilizado o fertilizante químico.

Em plantas de milho, Neta (2022), testou a inoculação de cepas de bactérias promotoras de crescimento e de fungos micorrízicos arbusculares, a fim de amenizar os efeitos do estresse salino. Os tratamentos onde houve a inoculação das bactérias, apresentaram maior taxa de colonização das raízes.

Estudos de Rolfe, Griffiths e Ton (2019), evidenciaram que quando estão em ambientes adversos e/ou sob estresse, as plantas tendem a exsudar compostos específicos pelas raízes, recrutando os microrganismos. Essa remodelação químico-biológica da rizosfera, produz substratos para o crescimento microbiano, o que facilita a colonização radicular. Nesse trabalho, o milho crioulo foi cultivado em sequeiro, o que pode ter causado em algum momento, estresse hídrico nas plantas, o que pode explicar os resultados obtidos no tratamento inoculado com *Bacillus*, uma vez que o *Bacillus* reduz a perda de água pelas raízes, e os FMA, com seu manto hifal, auxilia na absorção de água (Oliveira-Paiva et al., 2019; Ferrol et al., 2019).

CONCLUSÕES

1 A taxa de colonização micorrízica foi maior nos tratamentos inoculados com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, sinalizando um sinergismo entre o inoculante e os fungos micorrízicos nativos do solo. Contudo, salienta-se a necessidade de mais estudos sobre a interação desses microrganismos, bem como o seu sinergismo.

2 Não houve resposta significativa para a produtividade de grãos de milho crioulo, embora a produção de grãos com *Bacillus* tenha sido de 21 sacas a mais que no controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, U. X. de; TEIXEIRA, G. C. da S. Agricultura Orgânica como estratégia para o desenvolvimento da agricultura familiar. Monografia (Tecnologia em Produção de Grãos) Universidade Estadual de Goiás. Posse, Goiás. 2017

ANDRADE, G. Role of functional groups of microorganisms on the rhizosphere microcosm dynamics. In VARMA, V.; ABBOT, L.; WERNE, D.; HAMPP, R. Plant Surface Microbiology. New York: editor Springer, p. 51-68, 2004.

ARAÚJO, P. M. de; NASS, L.L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. Scientia Agricola, v. 59, p. 589-593, jul./set. 2002.

AVILLEZ, F. e CARVALHO, M. (2015). A importância de uma gestão sustentável do solo para o crescimento futuro da agricultura portuguesa. Cultivar Cadernos de Análise e Prospetiva, N. 2, GPP do MAP, 27-40. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/16556>.

BAREA, J. M.; ANDRADE, G.; BIANCIOTTO, V.; DOWLING, D.; LOHRKE, S.; BONFANTE, P.; O'GARA, F.; AZCÓN-AGUILLAR, C. Impact on arbuscular mycorrhiza formation of *Pseudomonas* strains used as inoculants for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens. Applied and Environmental Microbiology, Washington, v. 64, p. 2304-2307, 1998.

BARROS, S. Fungos micorrízicos arbusculares e *Azospirillum* brasileiro no desenvolvimento de sorgo e milho cultivados em solo contaminado com cobre. Dissertação (Mestre em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria. Frederico Westphalen, RS. 2022.

BENITES, V. de M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais. Viçosa: SBCS, 2010. 5 p. Disponível em:<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/954898>>.

CAMPANHA, M. M.; MATRANGOLO, W. J. R.; DUARTE, J. O.; PIMENTEL, M. A. G.; SOUZA, F. A.; COELHO, A. M.; LANDAU, E. C.; GOMES, J. T.; SOUSA, L. C. A. Produção

orgânica de milho crioulo: Fazenda Vista Alegre. Documentos 269. Embrapa, ISSN 1518-4277. Outubro / 2022.

CERETTA, C. A.; AITA, C. Manejo e conservação do solo. 1ª. ed. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, UAB, 2010.

FASSBENDER, H. W. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2ª. ed. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie de Materiales de Enseñaza no. 29, 1992.

FAVARATO, Luiz Fernando. Plantio direto orgânico de milho-verde sobre diferentes plantas de cobertura. 2015. 83 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.

FERROL, N.; AZCÓN-AGUILAR, C.; PÉREZ-TIENDA, J. (2019). Review: Arbuscular mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: An overview on the mechanisms involved. *Plant Sci* 280:441–447. doi: 10.1016/j.plantsci.2018.11.011

PEREIRA FILHO, I. A. e BORGHI, E. Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos. 1ª. ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. (1980). Na evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular Mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84, 489-500. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>

GOMES, E. A.; SILVA, U. C.; PAIVA, C. A. O.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L. Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas. Documentos 208. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2016.

GOMES, J. T. Avaliação do efeito isolado e da combinação de três grupos de microrganismos promotores de crescimento de plantas sobre o desenvolvimento inicial do milho no sistema de produção orgânico. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma). Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais. 2022.

HUNGRIA, M. Azospirillum: um velho novo aliado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 32.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 16.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 14., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 11., 2016, Goiânia. Rumo aos novos desafios. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. FertBio 2016.

HUNGRIA, M.; BARBOSA, J. Z.; RONDINA, A. B. L.; & NOGUEIRA, M. A. (2022). Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Agronomy Journal*, 114, 2969–2980. <https://doi.org/10.1002/agj2.21150>

INPE, Instituto de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: [Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - INPE - Sete Lagoas / MG](#). Acesso em: 22 de setembro de 2023.

KOPPEN, W.; GEIGER, R. Distribuição actualizada dos tipos de clima segundo a classificação Köppen-Geiger. Peel, M. C. and Finlayson, B. L. and McMahon, T. A. (2007). " Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification". 'Hydrol. Earth Syst. Sci.' 11: 1633-1644. International Standard Serial Number ISSN 1027-5606.

MACHADO, A. T. A conservação e o desenvolvimento das sementes crioulas em uma perspectiva interdisciplinar da agrobiodiversidade. In: PEREIRA, V. C.; DAL SIOGLO, F. K. (org.). Conservação das sementes crioulas: uma visão interdisciplinar da agrobiodiversidade. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020. p. 79-103.

MAPA. Lei Nº 10.831 de 23 de Dezembro de 2003. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Atualizado em 21/03/2017. Disponível: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/lei-no-10-831-de-23-dedezembro-de-2003.pdf/view>

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; REIS JÚNIOR, F. B. dos; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, O. D. D. da; OLIVEIRA, M. I.; MALAQUIAS, J. V. Tecnologia BioAS: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 50 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 369).

MENDES, I. C.; DE SOUSA, D. M. G.; DOS REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade do solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 32, n.1/2, 2015.

MIRANDA, J. C. C. Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo. Embrapa, 2ª ed, 2012.

MONCADA, U. A. P.; GÓMEZ, M. M. R.; NARVÁEZ, Y. A. Z.; SÁNCHEZ, J. M. C. Efecto de la inoculación simple y combinada con Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular

(HFMA) y Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) en plántulas micropropagadas de mora (*Rubus glaucus* L.). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.* 16(1): 95-103.

NETA, S. J. C., Amenização do estresse salino em milho inoculado com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fungo micorrízico arbuscular. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

OLIVEIRA, D. N. Utilização de resíduo de cama de frango na fertilização em cobertura de milho variedade em sistema agroflorestal. 2020. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12281>.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V.M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JÚNIOR, R. Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 260).

ORGANIS. Associação de Promoção dos Orgânicos. Panorama do consumo de orgânicos no Brasil. Curitiba, 2019. Disponível em: <https://organis.org.br/pesquisa-consumidor-organico-2019/>. Acesso em: 13 jan. 2021.

PEREIRA, V. C.; LÓPEZ, P. A.; DAL SOGLIO, F. K. A CONSERVAÇÃO DAS VARIEDADES CRIOULAS PARA A SOBERANIA ALIMENTAR DE AGRICULTORES: ANÁLISE PRELIMINAR DE CONTEXTOS E CASOS NO BRASILENO MÉXICO. HOLOS, vol. 4, 2017, pp. 37-55. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

PHILLIPS, J. M.; HaAYMAN, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel, 2002.

PROJETO Crioulo. Nossa História. Disponível em: <https://www.projetcrioulo.com.br/paginas/nossa-historia>. Acesso em: 24 de mai 2024.

ROLFE, S. A.; GRIFFITHS, J.; TON, J. Crying out for help with root exudates: adaptive mechanisms by which stressed plants assemble health-promoting soil microbiomes. *Current Opinion in Microbiology*. V. 49, P. 73-82, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2019.10.003>.

SAXENA, J.; CHANDRA, S.; NAIN, L. Synergistic effect of phosphate solubilizing rhizobacteria and arbuscular mycorrhiza on growth and yield of wheat plants. *Journal of soil science and plant nutrition, Temuco*, v. 13, n.2, p. 511-525, 2013.

SCHROTH, G. et al. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Washington: Island Press, 2004.

SILVA, A. F. C. da.. (2022). Pragas, patógenos e plantas na história dos sistemas agroecológicos. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 17(1), e20210023. <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2021-0023>

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; NETO, S. G.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13172>

SIMONETTI, A. P. M. M.; SOUZA, S. L. S. S. Inoculação e coinoculação (aqui não tem o hífen?) de *Rhizobium* e *Azospirillum* na cultivar de feijão BRS FC 104. Artigo Científico publicado na Revista Cultivando o Saber. Cascavel, Paraná, 2019.

SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual Review of Plant Biology*, v. 62, p. 227-250, 2011.

SOARES, S. A. G.; LIMA, M. R. R.; MAAZE, T. C. U.; MAIA, L. C. Efeito de bactérias na germinação de fungos micorrízicos arbusculares e co-inoculação em mudas de abacaxizeiro. *Revista Caatinga*, vol. 22, n. 2, abril-junho, 2009, pp. 31-38.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2ª. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p. il. Biblioteca(s): Embrapa Cerrados.

STOFFEL, S. C. G. Inoculante micorrízico a base de *Rhizophagus* (é isso mesmo?) intraradices no crescimento e nutrição de culturas de importância agrícola. Dissertação (Mestre em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2019.

TYLKA, G. L.; HUSSEY, R. S.; RONCADORI, R. W. Axenic germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: effects of selected *Streptomyces* species. *Phytopathology*, St. Paul, v. 81, p. 754-759, 1991.

ARTIGO 2

PRODUÇÃO DE MILHO BRS CAIMBÉ CO-INOCULADO COM AZOSPIRILLUM, BACILLUS E RHIZOGLOMUS EM SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO

RESUMO - A produção de grãos no Cerrado é marcada pela limitação da disponibilidade de fósforo nos solos. A inoculação de microrganismos pode proporcionar maior aproveitamento dos adubos utilizados. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da co-inoculação de *Azospirillum* (A), *Bacillus* (B) e *Rhizogloimus* (R), na produção de milho orgânico em Sete Lagoas, Minas Gerais. O experimento foi conduzido na safra de 2022/2023, em delineamento em blocos casualizados com 5 blocos e esquema fatorial 2x2x2, sendo o primeiro fator, a inoculação da bactéria *Azospirillum* spp.: com e sem inoculação; o segundo fator, a inoculação das bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*: com e sem inoculação; e o terceiro fator, a inoculação do fungo *Rhizogloimus intraradices*: com e sem inoculação. Foi utilizada a cultivar BRS Caimbé. Antes da montagem do experimento, foram coletadas amostras de solo para caracterização química das áreas. Foram avaliados: número de esporos de fungos micorrízicos, taxa de colonização e produtividade. A taxa de colonização, o número de esporos e a produção de grãos não apresentaram diferença estatística. Neste estudo, a inoculação com esses microrganismos não proporcionou incrementos de produtividade.

Palavras chave: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Rhizogloimus*. Co-inoculação. Taxa de colonização micorrízica. Produtividade.

PRODUCTION OF BRS CAIMBÉ CORN CO-INOCULATED WITH AZOSPIRILLUM, BACILLUS AND RHIZOGLOMUS IN AN ORGANIC CROPPING SYSTEM

ABSTRACT - Grain production in the Cerrado is marked by limited phosphorus availability in soils. The inoculation of microorganisms can provide greater use of the fertilizers used. In this sense, the objective of this study was to evaluate the effect of co-inoculation of *Azospirillum* (A), *Bacillus* (B) and *Rhizogloimus* (R) on organic corn production in Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil. The experiment was conducted in the 2022/2023 harvest, in a randomized block design with 5 blocks and a 2x2x2 factorial scheme, the first factor being the inoculation of the bacterium *Azospirillum* spp.: with and without inoculation; the second factor, the inoculation of the bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium*: with and without inoculation; and the third factor, the inoculation of the fungus *Rhizogloimus intraradices*: with and without inoculation. The cultivar BRS Caimbé was used. Antes da montagem do experimento, foram coletadas amostras de solo para caracterização química das áreas. Foram avaliados: número de esporos de fungos micorrízicos, taxa de colonização e produtividade. A taxa de colonização, o número de esporos e a produção de grãos não apresentaram diferença estatística. Neste estudo, a inoculação com esses microrganismos não proporcionou incrementos de produtividade.

Keywords: *Azospirillum*. *Bacillus*. *Rhizoglyphus*. Co-inoculation. Mycorrhizal colonization rate. Productivity.

INTRODUÇÃO

A produção de milho orgânico no Brasil é vista como uma grande oportunidade. O mercado para essa cultura vem apresentando uma demanda crescente nos últimos anos, pois há um interesse não apenas para alimentação humana, mas também para fomentar outras cadeias produtivas de alimentos orgânicos, como as de leite, carne, ovos e aves, que necessitam de matéria prima orgânica para obter certificação para seus produtos. Em 2020, a demanda por milho orgânico foi 90% maior que no ano anterior (Silva, 2023).

Esse aumento na demanda é visto como um dos principais desafios da produção orgânica de milho, uma vez que a oferta ainda não consegue suprir a demanda (Organis, 2023) e o suprimento da mesma, requer a adoção de estratégias de cultivo sustentáveis. A inoculação de microrganismos pode incrementar a produtividade e sustentabilidade dos cultivos. Aliado a isso, temos também o uso de materiais genéticos adequados para a produção orgânica, em termos de manejo, de produtividade e de custo de produção.

Outro desafio para a produção orgânica de milho em solos do Cerrado é o suprimento de nutrientes, principalmente o fósforo (P) e o nitrogênio (N), por se tratar de solos altamente intemperizados e que apresentam grande capacidade de fixação do fósforo, fazendo com que altas doses de fertilizantes sejam requeridas (Resende, 2004; Figueiredo, 2016). É importante salientar que a adubação orgânica não disponibiliza os nutrientes prontamente em solução, pois a solução ou os nutrientes apresentam os problemas de fixação e lixiviação (Sete et al., 2013), e devem ser respeitadas as doses de reposição, dos nutrientes extraídos pela cultura (EEEP, 2011).

Além disso, o milho é uma cultura bastante responsiva à disponibilidade de P no solo. Apesar de ser um dos macronutrientes em menor quantidade demandada, para a cultura do milho, o fósforo representa grande parte dos custos de produção de uma lavoura (Coelho & Alves, 2003). Entretanto, solos manejados de forma mais conservacionista tendem a ter maior aproveitamento de P (Bonetti, 2019).

A utilização de fertilizantes orgânicos é uma das premissas da agricultura orgânica, que preconiza equilíbrios do solo e dos recursos naturais, para uma sustentabilidade do agroecossistema. A cultura do milho apresenta resultados satisfatórios com a adubação orgânica, tanto para a produção de espigas, quanto para a de grãos, porém esses fertilizantes podem não conseguir suprir a demanda de fósforo da cultura (Brasil, 2003; Coelho et al., 2016).

Como alternativa para o baixo teor de fósforo no solo, e sua dinâmica no mesmo, existem microrganismos que aumentam a disponibilidade desse nutriente no solo, além de aumentar a superfície do solo explorado pelas raízes das plantas.

Microrganismos capazes de solubilizar e de mineralizar o fósforo no solo são alternativas viáveis, para amenizar o problema do fósforo nos solos do Cerrado, bem como de regiões tropicais. Dentre esses microrganismos destacam-se o grupo de bactérias *Bacillus*, especialmente *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*, que além de aumentar o teor de fósforo na solução do solo através da ação de enzimas e de ácidos orgânicos liberados no rizosfera, também promovem outros benefícios para o crescimento da cultura do milho (Oliveira-Paiva et al., 2020).

Outro grupo de bactérias capazes de promover e beneficiar o crescimento das plantas são do gênero *Azospirillum*, que são conhecidas por seu potencial de fixar o nitrogênio (N) da atmosfera e disponibilizá-lo para as plantas, e promover uma agricultura mais sustentável (Cassán et al., 2020; Hungria et al., 2022).

Além das bactérias promotoras de crescimento de plantas, outro grupo de microrganismos capazes de beneficiar as plantas na absorção do fósforo e do nitrogênio, são os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que formam simbiose com a maior parte das raízes de plantas, ampliando a superfície de exploração do solo, através do seu manto de hifas, aumentando não somente a absorção do fósforo, mas também de outros nutrientes e de água (Ferrol et al., 2019).

A co-inoculação, que consiste em inocular dois ou mais grupos de microrganismos, tem potencial de melhorar o desempenho das culturas, aumentando a eficiência do uso de água e nutrientes (Dartora et al., 2016; Chen et al., 2018).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de uma variedade de milho co-inoculado, com as bactérias *Azospirillum* sp.; *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*, e o fungo micorrízico *Rhizoglyphus intraradices*, em sistema de produção orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização, características da área do experimento e preparo para o plantio

O experimento foi realizado na safra de 2022/2023, na área de orgânicos do Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, MG, latitude 19° 28' 4" S, e longitude 44° 14' 52" W, com temperatura média de 20,9 °C e precipitação média de 1,27 mm/mês e umidade relativa média anual é de 70,5% (INPE, 2023). O clima é classificado como Cwa, definido com verões quentes e úmidos, e invernos secos. A área estava em pousio há algumas safras antes do plantio.

Para a caracterização química do solo foram coletadas amostras nas profundidades de 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, e os resultados foram descritos na Tabela 1.

Delineamento experimental, plantio e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x2x2, com cinco blocos (repetições). O primeiro fator foi composto pela inoculação da bactéria *Azospirillum* spp.: com e sem inoculação; o segundo fator foi composto pela inoculação das bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*: com e sem inoculação; e o terceiro, e último fator, foi composto pela inoculação do fungo *Rhizoglyphus intraradices*: com e sem inoculação.

Os isolados de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* foram provenientes do inoculante comercial Biomaphos, e os isolados de *Rhizoglyphus intraradices* foram provenientes do inoculante comercial Rootella BR. As doses utilizadas foram as recomendadas pelos fabricantes. Os isolados de *Azospirillum brasilense* foram as estirpes CMS 11 e CMS 18, provenientes do Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais.

A parcela experimental foi composta por oito linhas de milho variedade BRS Caimbé, primeira semente de milho da Embrapa comercializada no Brasil, com certificação de semente orgânica, com 5,5 metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,70 m, totalizando 30,8 m² de área da parcela. Para as avaliações foram consideradas as quatro linhas centrais (área útil), com área de 15,4 m².

O solo foi preparado com duas passagens de grade aradora, e limpeza de capim da área com trator de esteira. A adubação foi feita com a aplicação de esterco bovino, na dose de 8,153 kg/ha, que foi aplicado com o implemento Brutus. Foram aplicados também 400 kg/ha de pó de rocha e realizada a operação com subsolador.

O plantio foi feito no dia 11 de novembro de 2022, de forma mecanizada com a plantadeira de parcelas SB. Nos dias 12 e 14 de novembro de 2022, foi realizada a liberação de *Trichogramma* spp. para controle biológico da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Foram liberados na área o microrganismo *Bacillus thuringiensis*, na dose de 1 L/ha. Além disso, para monitorar e para fazer o levantamento de adultos de *Spodoptera frugiperda*, foram instalados na área a armadilha “iscada”, com feromônio sexual sintético.

Extração e contagem dos esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares

A extração dos esporos micorrízicos foi realizada via peneiramento úmido, seguido de centrifugação. Amostras de 50 mL de solo foram separadas em tubos do tipo Falcon (50mL), para cada unidade experimental, e para cada amostra foi obtida uma suspensão de solo que foi passada pelas peneiras de malha de 850 µm e 53 µm. O material retido na peneira de menor malha, foi novamente colocado em tubo Falcon para centrifugação, a 3000 rpm, por 3 minutos. Descartou-se o sobrenadante e foi adicionado solução de sacarose 50%, e feita a homogeneização. O material foi novamente centrifugado, a 1500 rpm, por 1 minuto. O sobrenadante foi passado novamente na peneira de 53 µm, e o material retido nesta peneira foi lavado com água destilada.

Os esporos foram contados em placa canaletada, com auxílio de microscópio estereoscópico com magnificação de até 60x.

Avaliação da taxa de colonização radicular por Fungos Micorrízicos Arbusculares

Para determinação da taxa de colonização micorrízica, foram realizados processos de diafanização, de acidificação e de coloração das raízes, segundo metodologia descrita por Phillips & Hayman (1970), com modificações, utilizando raízes finas, previamente preservadas em solução contendo álcool 70%. Essas raízes foram lavadas em água corrente para remoção da solução alcoólica, e logo após, transferidas para tubos Falcon (50 mL), onde foi acrescentado KOH 10% para diafanização do material, em banho maria à 65°, durante 1h 30min.. Após o período do banho maria, as raízes foram novamente lavadas em água corrente, e acidificadas com solução de HCl 1%, em temperatura ambiente de um dia para o outro. Em seguida, as raízes foram imersas em solução de corante Trypan Blue 0,05% (500 mL de glicerina, 450 mL de água tipo 1, 50 mL Hcl 1% e 0,5g de corante azul de tripano) e foram novamente aquecidas em banho maria à 65°, por 45 minutos. A avaliação da taxa de colonização micorrízica foi

determinada segundo Método de Interseção de Linhas de Grade, descrito por Giovanetti & Mosse (1980), com auxílio de microscópio estereoscópico com magnificação de até 60 x.

Determinação da capacidade infectiva do solo – Unidade de infecção

Para a determinação da capacidade infectiva do solo, foi utilizada a metodologia de Franson & Bethlenfalvay (1989), onde emprega-se uma diluição seriada do inóculo, no caso, o solo. O solo utilizado como inóculo é proveniente do experimento montado no campo, coletado na época de floração do milho, onde o solo de cada bloco foi misturado por tratamento, sendo então 8 fontes de inóculo: 1) Solo onde não houve a inoculação (Controle); 2) Solo onde houve a inoculação de *Azospirillum* sp.; 3) Solo onde houve a inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*; 4) Solo onde houve a inoculação de *Rhizoglossus intraradices*; 5) Solo onde houve a inoculação de *Azospirillum* sp. x *Bacillus* spp.; 6) Solo onde houve a inoculação de *Azospirillum* sp. x *Rhizoglossus intraradices*; 7) Solo onde houve a inoculação de *Bacillus* spp. e *Rhizoglossus intraradices*; e 8) Solo onde houve a inoculação de *Azospirillum* sp. x *Bacillus* spp. x *Rhizoglossus intraradices*.

Para a montagem do experimento, foram utilizados tubetes de 280 ml, que foram previamente lavados e autoclavados por 35 min., a 120 °C (1 atm). Além dos tubetes, o substrato utilizado (areia+vermiculita 1:2) também foi autoclavado por 1h30min., a 120 °C (1 atm), para completa esterilização do material.

As proporções (diluições) utilizadas foram 0:1 (240 g de inóculo), 1: 3 (60 g de inóculo), 1:15 (15 g de inóculo), e 1:65 (3,75 g de inóculo). O substrato estéril foi misturado ao solo, dentro de sacos plásticos, até completa homogeneização do material. Após homogeneização, o substrato foi disposto nos tubetes, e o milho BRS Caimbé foi semeado.

Os tubetes ficaram em casa de vegetação durante 14 dias, tempo necessário para ocorrerem as primeiras infecções por fungo micorrízico arbuscular. Após esse período, as raízes foram coletadas, e passaram por processo de clarificação, de acidificação e de coloração, segundo procedimento descrito por Phillips & Hayman (1970).

Análises estatísticas

As variáveis resposta foram: peso das espigas, teor de umidade nos grãos, produção (kg/ha), taxa de colonização micorrízica e capacidade infectiva do solo.

Para a análise estatística dos dados foi feito o teste de normalidade, Teste de Kolmogorov-Smirnov. Em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA), e por fim, o Teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados no software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da área de plantio

Os resultados obtidos, na análise do solo, foram considerados bons para o cultivo do milho, pois apresentou saturação por bases (V) acima de 50%, que é o recomendado para a cultura, elevado teor de matéria orgânica, mas não demonstrou problemas com alumínio e com pH (Rodrigues et al., 2009).

Tabela 1 - Parâmetros químicos do Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG. Safra 2022/2023.

Parâmetro	Unidade	0 – 20 cm	20 – 40 cm
pH - água	-	6,4	6
pH - CaCl ₂	-	5,8	5,4
Matéria Orgânica	dag/kg	2,78	1,97
C-org Total	dag/kg	1,61	1,14
Fósforo - P (Mehlich 1)	mg/dm ³	38	12,1
Potássio - K	mg/dm ³	205,8	96,6
Enxofre - S	mg/dm ³	3	4
Cálcio - Ca ²⁺	cmol c/dm ³	5,1	4,09
Magnésio - Mg ²⁺	cmol c/dm ³	1,31	0,65
Alumínio - Al ³⁺	cmol c/dm ³	0	0
Acidez Potencial - H+Al	cmol c/dm ³	3,2	3,6
CTC	cmol c/dm ³	10,1	8,6
Saturação por bases (V)	%	68,7	58
Saturação por Al ³⁺ (m)	%	0	0

*valores não determinados.

Os teores de nutrientes do solo também estavam apropriados para boas produções de grão de milho, destacando o P e o K, que apresentaram teores de 38 e 205,8 mg/dm³, respectivamente. O teor de matéria orgânica desse solo também é considerado alto, segundo Mendes et al. (2021). Um solo com elevado teor de matéria orgânica, consegue elevar sua

fertilidade através do suprimento de nutrientes e da atividade microbiológica, que ela estimula, e também, da atividade enzimática (Mendes et al., 2021).

A análise de variância dos dados (Tabela 3), apresentou diferença significativa entre as médias das variáveis avaliadas, apenas para a co-inoculação de *Bacillus* e *Rhizoglopus*, na matéria seca, e, para a co-inoculação de *Azospirillum* e *Rhizoglopus*, na altura da planta.

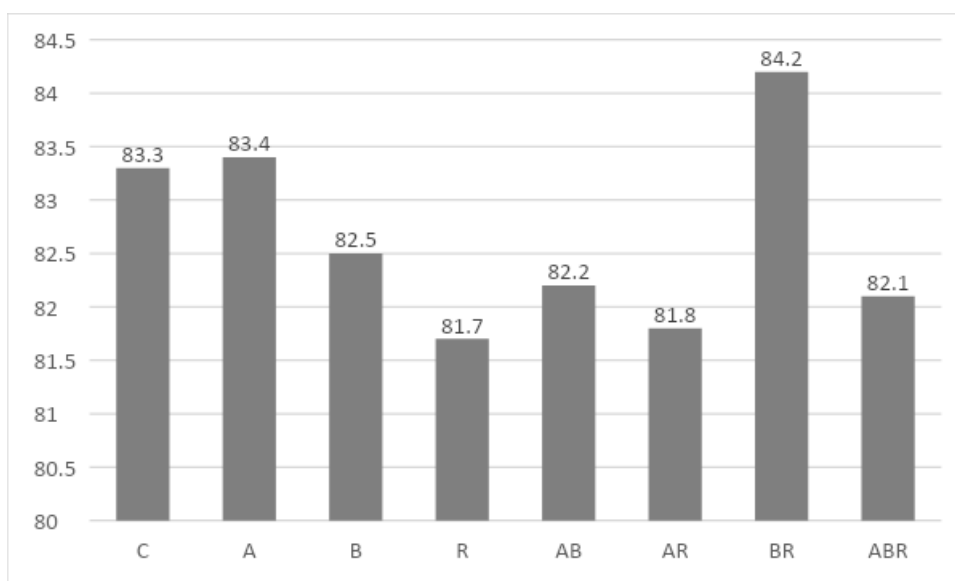
Tabela 2 – Estimativas de quadrados médios, para as variáveis matéria seca (MS), estande (EST), altura de inserção da espiga (ALT E), altura da planta (ALT), teor de umidade dos grãos (U), número de esporos de fungos micorrízicos (N ESP), taxa de colonização (TX) e produção (PROD), Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

FV	GL	QM							
		MS	EST	ALT E	ALT	U	N ESP	TX	PROD
Azospirillum (A)	1	3,08	32,4	90,0	45,16	0,01	1795,6	21,02	0,67
Bacillus (B)	1	0,34	0,01	40,0	0,16	0,04	448,9	15,62	0,87
Rhizoglosum (R)	1	1,6	0,4	90,0	375,16	0,01	2131,6	3,02	0,75
A x B	1	3,9	48,4	22,5	12,65	0,37	640,0	5,62	0,68
A x R	1	1,8	10,0	302,5	1410,15*	0,14	14822,5	4,22	0,69
B x R	1	15,31*	25,6	202,5	191,41	0,01	211,9	148,23	0,57
A x B x R	1	2,1	65,6	122,5	237,65	0,29	220,9	11,02	0,69
Bloco	4	2,68	22,6	2333,4	2105,70	0,16	146703,34	105,40	0,01
Resíduo	28	1,2	898,6	118,5	171,33	0,28	5322,9	30,34	0,66
Média Geral	---	82,64	87,9	139,0	252,31	18,12	452,3	44,72	5637,44
CV (%)	---	1,33	6,44	7,83	5,19	2,95	16,13	12,32	11,61

*Nível de significância a 5%; MS: Teor de Matéria Seca (%), EST.: Estande, ALTE.: Altura de inserção da espiga (cm), ALT: Altura da planta (cm), U.: Teor de umidade nos grãos (%), N. EPS.: Número médio de esporos de fungos micorrízicos, TX: Taxa de colonização micorrízica (%), PROD: Produção (kg/ha).

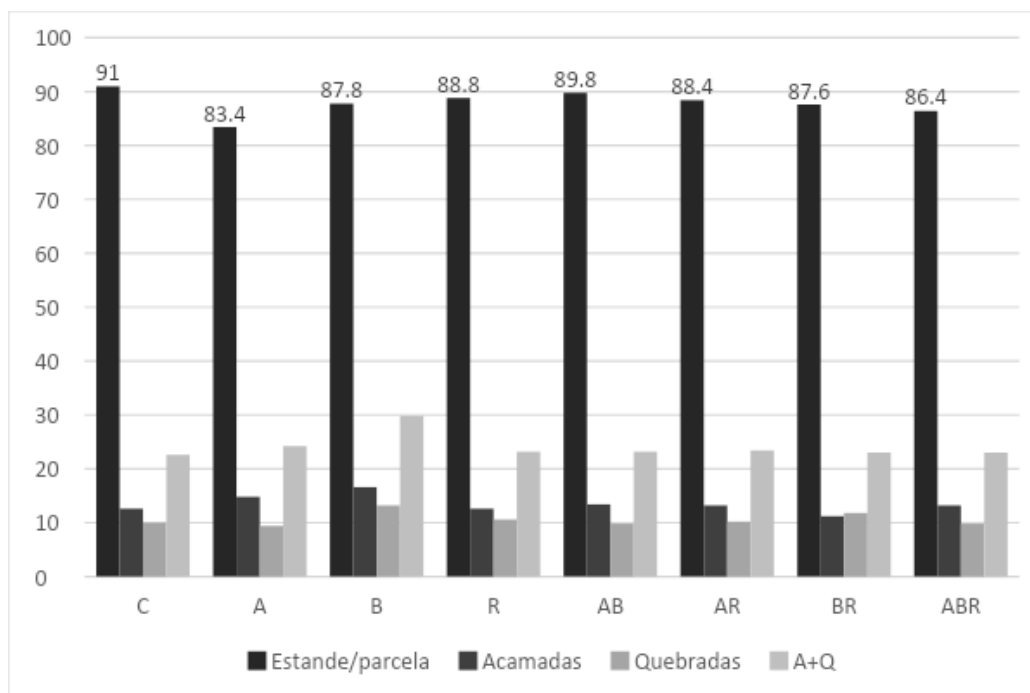
O teor de matéria seca da planta colhida, na época da floração (Figura 1), apresentou diferenças estatísticas no tratamento onde houve a co-inoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* e *R. intraradices* (BR), onde essa co-inoculação apresentou teor maior (84,2%). Os demais, apresentaram as seguintes médias: 83,3; 83,4; 82,5; 81,7; 82,2; 81,8; 82,1%, para os tratamentos controle (C), *Azospirillum* (A), *Bacillus* (B), *Rhizoglofus* (R), AB, AR e ABR, respectivamente.

Figura 1 – Teor de matéria seca das plantas de milho na época de floração em resposta aos tratamentos de inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.



O estande de plantas (Figura 2) obtidos neste experimento não apresentou diferenças estatísticas, e o tratamento onde não houve inoculação de microrganismos (C) foi o que, numericamente, apresentou a maior média de plantas, 91.

Figura 2 – Estande médio de plantas de milho, plantas acamadas e quebradas, em resposta aos tratamentos de inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.



Devido à uma ventania que ocorreu na área, na época do enchimento das espigas, várias plantas foram quebradas e algumas delas acamaram (Tabela 3), a contagem das plantas na parcela desconsiderou essas plantas, porém apresenta-se na Figura 2, os valores dessas plantas “perdidas” na parcela.

Tabela 3 – Valores médios de plantas acamadas e quebradas na área do experimento de resposta à inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Tratamento	Acamadas	Quebradas
C – Controle	12,6	10,0
A – <i>Azospirillum</i>	14,8	9,4
B – <i>Bacillus</i>	16,6	13,2
R – <i>Rhizoglofus</i>	12,6	10,6
AB	13,4	9,8
AR	13,2	10,2
BR	11,2	11,8
ABR	13,2	9,8

A altura de inserção da primeira espiga de milho (Figura 3), também não apresentou diferença estatística. Em relação à altura média da planta (Figura 3), o tratamento de co-inoculação entre *A. brasilense* e *R. intraradices* apresentou interação entre os fatores, sendo a médias obtida 260,5 cm, maior média entre as combinações duplas de co-inoculação, sendo 241,5 cm e 246,5 cm, para *A. brasilense* e *Bacillus* spp., e *Bacillus* spp. e *R. intraradices*, respectivamente.

Figura 3 – Altura da planta e altura da inserção da espiga de milho, em resposta aos tratamentos de inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

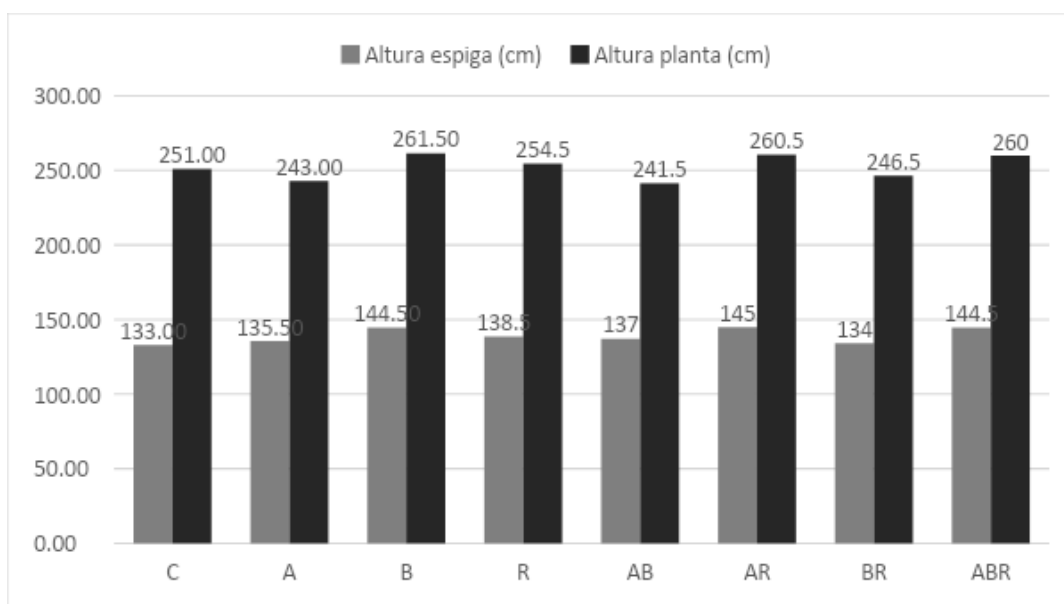
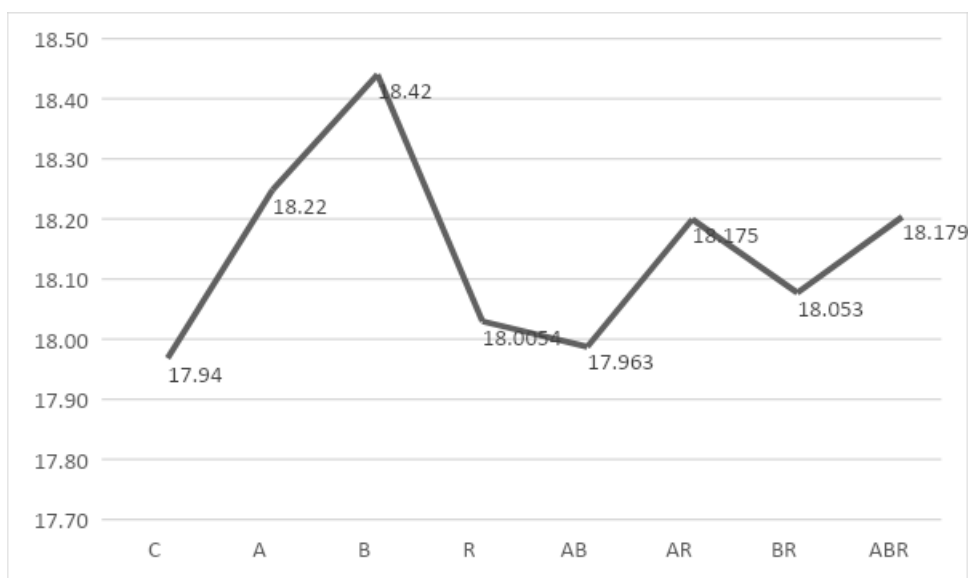


Figura 4 - Teor de umidade dos grãos (%), em resposta aos tratamentos de inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.



O número médio de esporos, assim como a taxa de colonização (Tabela 4), demonstram que todos os tratamentos promoveram a mesma capacidade de inoculação de fungos micorrízicos nativos da área, bem como o mesmo potencial do fungo inoculado, *R. intraradices*. Pode ter havido competição entre o fungo inoculado e os nativos, ou o material utilizado não era o mais promissor para promover a colonização das raízes de milho.

Tabela 4 – Número médio de esporos e taxa de colonização média (%) nas raízes de milho, em resposta aos tratamentos de inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

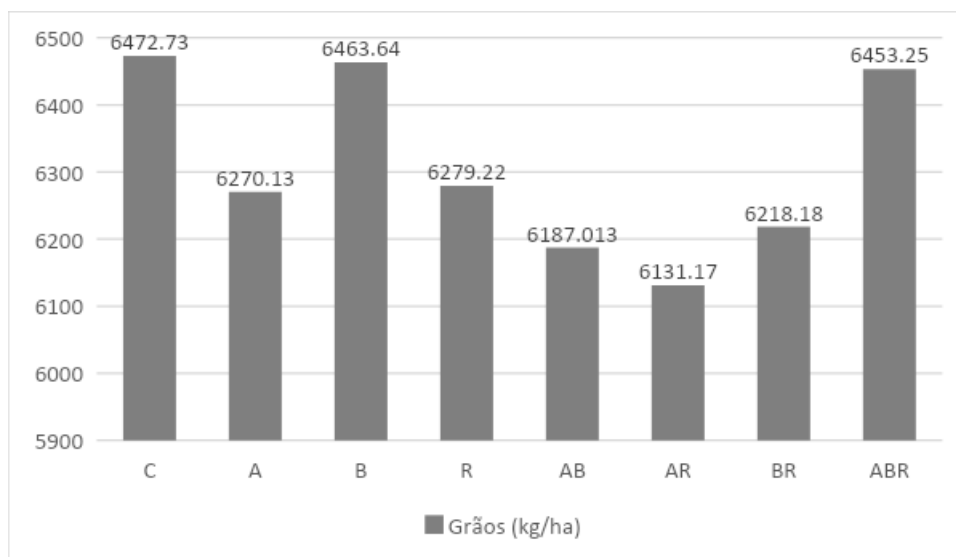
Tratamento	Número de esporos	Taxa de Colonização (%)
C – Controle	418,4	48,2
A – <i>Azospirillum</i>	483	45,8
B – <i>Bacillus</i>	419,8	42,8
R – <i>Rhizoglopus</i>	471,6	43,2
AB	459	41
AR	449,8	44,2
BR	472,8	47,6
ABR	444,4	45

O número de esporos em todos os tratamentos foi considerado alto (100 a 1280 esporos por 100g solo), segundo Mello et al. (2012). As condições ambientais interferiram na esporulação dos fungos, e como esta área estava em pousio, isso pode ter favorecido a produção de esporos, uma vez que não houve perturbação no ciclo de desenvolvimento dos fungos micorrízicos, além disso, regiões quentes e secas, como Sete Lagoas, também favorecem a esporulação (Mello, 2015; Lovelock et al., 2003). Outro ponto importante, é que o solo tem elevado teor de matéria orgânica, o que também beneficia o desenvolvimento dos fungos micorrízicos, bem como a atividade microbológica no geral.

Em relação à produção de grãos, o tratamento sem inoculação – C apresentou a maior média, sendo 6472,73 kg/ha, e o tratamento onde se inoculou *Azospirillum* +

Rhizogloinus apresentou a menor média, 6131,17 kg/há, mas não houve diferença entre os tratamentos.

Figura 5 – Produção média de grãos de milho, em resposta aos tratamentos de inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.



Os resultados obtidos, para a determinação da capacidade infectiva do solo – Unidade de infecção (Figura 6), demonstraram que o solo nos diferentes tipos de tratamento, com inoculação, proporcionou o mesmo potencial de inóculo de fungos micorrízicos, uma vez que, assim como os dados demonstrados anteriormente, não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 5).

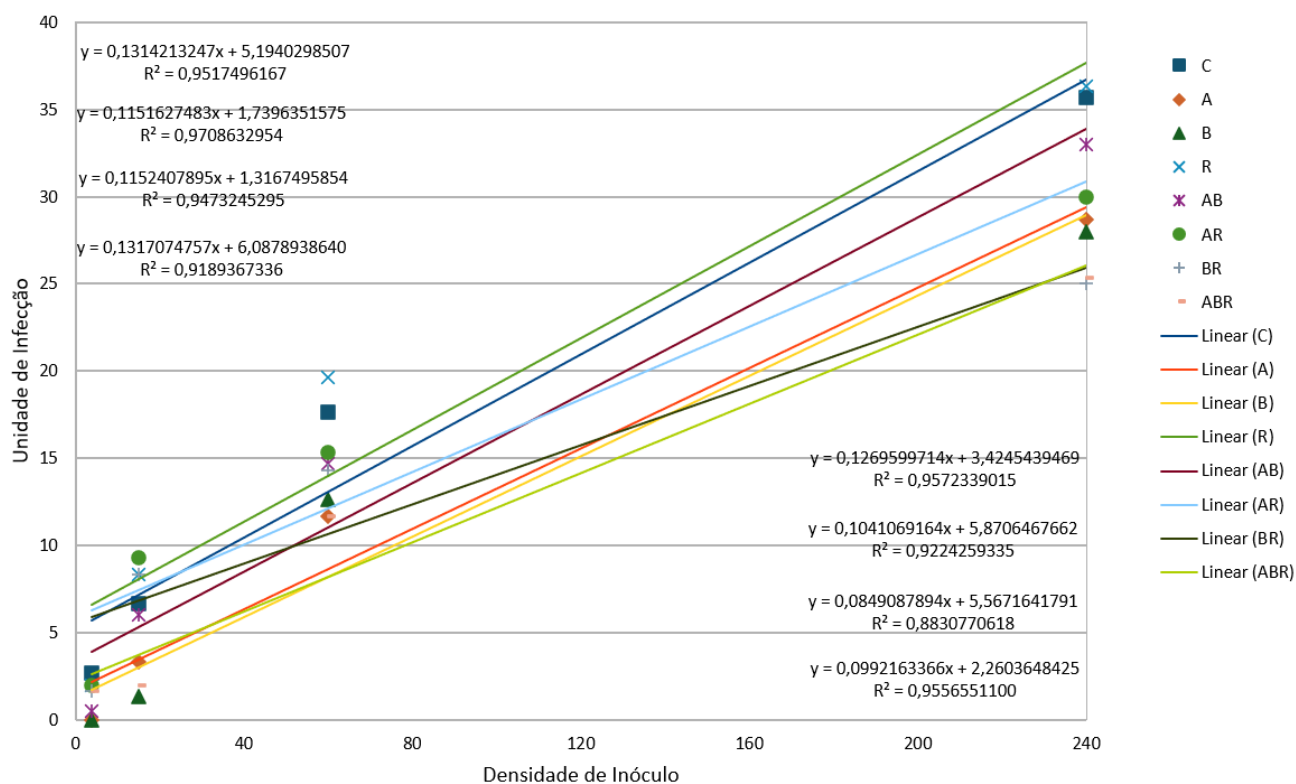
Tabela 5 - Estimativa de quadrado médio para a determinação da capacidade infectiva do solo, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

FV	GL	QM
		UI
Azospirillum (A)	1	60,17
Bacillus (B)	1	176,04
Rhizogloinus (R)	1	10,67
Diluição (D)	3	3930,74*
AxD	3	5,75

BxD	3	16,79
RxD	3	24,75
AxBxD	3	24,41
AxRxD	3	5,34
BxRxD	3	13,19
AxBxRxD	3	24,41
Resíduo	68	8,77
Média Geral	---	12,98
CV (%)	---	22,83

A diferença estatística foi notada apenas nas diferentes diluições feitas com o inóculo, no caso o solo coletado do experimento.

Figura 6 – Unidade de infecção do solo em resposta aos tratamentos de inoculação, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.



Um solo biologicamente ativo, é mais produtivo, pois é capaz de reter mais água, possui melhor estrutura e boa ciclagem de nutrientes (Mendes et al., 2018). Mendes et al. (2018), salientam que os parâmetros biológicos do solo são importantes para que os agricultores continuem mantendo suas atividades de manejo conservacionistas, caso tenham obtido resultados bons nas suas análises, como os valores alto e muito alto dos parâmetros utilizados, e que quando os valores encontrados não estejam tão bons assim, que seja feito manejo para que a saúde do solo melhore.

Os fungos micorrízicos, representados neste trabalho pela espécie *Rhizoglossum intraradices*, além dos fungos nativos do solo, proporcionaram benefícios para o solo, desde a agregação de partículas maiores pela ação do manto hifal, quanto de partículas menores, devido à decomposição de suas hifas e liberação no solo de glomalina, proteína conhecida como “super cola” que agrega as partículas de argila do solo (Moreira e Siqueira, 2006).

Os valores médios encontrados neste estudo, para a taxa de colonização, podem ser considerados baixos, e isso se dá principalmente, por causa da responsividade simbiótica do material genético utilizado, no caso o BRS Caimbé; do fungo utilizado na inoculação, que pode não ter sido o mais efetivo na colonização do milho (Moreira e Siqueira, 2006; Smith e Read, 2009); além do fato de poder ter existido competitividade com os fungos nativos do solo, que apresentaram um bom teor de matéria orgânica, o que aumentou os teores de microrganismos habitantes desse solo (Silveira e Freitas, 2007).

Primavesi (2009), relata que quanto mais matéria orgânica no solo, mais ativa a microvida do solo, maior a mobilização de nutrientes e da saúde vegetal. O adubo orgânico também auxilia na melhora das características, tanto químicas quanto biológicas do solo, uma vez que serve de “alimento” não só para as plantas ao fornecer os nutrientes, como também para a microbiota do solo.

A produtividade média de grãos, do BRS Caimbé, reportada por Oliveira et al., 2013 nas regiões de Roraima, de Goiás e de Minas Gerais foi de 5938 kg/ha, e todos os tratamentos estudados no trabalho produziram acima dessa média, sendo a maior média apresentada pelo tratamento controle (6472,73 kg/ha), seguido por 6463,64, 6453,25, 6279,22, 6270,13, 6218,18, 6187,01 e 6131,17 kg/ha, para os tratamentos *Bacillus*, Co-inoculação AxRxR, *Rhizoglossum*, *Azospirillum*, Co-inoculação BxR, Co-inoculação AxR e co-inoculação AxR, respectivamente.

A produtividade de grãos na safra 2021/2022, segundo CONAB (2022), foi de 6471 kg/ hectare, e apenas o tratamento controle superou a produtividade dessa safra.

Cruz et al. (2009), estudaram a produtividade de variedades de milho, em sistema de produção orgânico, e verificaram rendimentos de 3779 kg/ha a 7297 kg/ha. Já Souza (1998), obteve produtividades variando de 5967 kg/ha a 9831 kg/ha. Ambas as variações encontradas pelos autores, corroboram com os resultados obtidos nesse trabalho.

Oliveira et al. (2020), estudaram a interação entre fungos micorrízicos e bactérias rizosféricas, no desenvolvimento radicular do milho e verificaram que os tratamentos inoculados com rizobactéria, individualmente, apresentaram maiores valores para peso fresco de raiz, 0,052g. Os tratamentos inoculados com rizobactérias e com micorrizas, tiveram uma tendência de apresentarem maiores valores para comprimento e para volume de raiz.

Neta (2022), relatou que a co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas e de fungos micorrízicos promoveu um aumento significativo da biomassa vegetal de milho, quando em diferentes concentrações salinas, 18,04 g/planta no tratamento co-inoculado contra 7,75 g/planta no tratamento controle (não inoculado). O No trabalho do autor supracitado, foi utilizada a espécie *Rhizoglossus clarus*, espécie do mesmo gênero do fungo utilizado no presente trabalho, o *Rhizoglossus intraradices*.

CONCLUSÕES

Para as condições avaliadas, em um solo que se manteve por um período de tempo em pousio, a co-inoculação com os microrganismos não proporcionou incrementos de produtividade, para a cultivar BRS Caimbé, uma vez que o tratamento não inoculado apresentou as maiores médias, mesmo não havendo diferença estatística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei n.10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil, Brasília, 24 dez. 2003. Seção 1, p.8. 2003.

BONETTI, Gabriel. Produção de massa seca de aveia e teor de fósforo no solo em resposta à inversão da adubação fosfatada. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2019.

CASSÁN,, F.; CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; MOLINA, R.; NIEVAS, S.; de CARLAN, C. L. N.; DONADIO, F.; TORRES, D.; ROSAS, S.; PEDROSA, F. O.; de SOUZA, E.; ZORITA, M. D.; de-BASHAN, L.; & MORA, V. (2020). Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*, 56(4), 461–479. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y>

CHEN, M.; ARATO, M.; BORGUI, L.; NOURI, E.; REINHARDT, D. (2018). Beneficial Services of Arbuscular Mycorrhizal Fungi – From Ecology to Application. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, 1270. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01270/full>.

COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, PIRACICABA.

COELHO, A. M. Nutrição e Adubação do Milho. Circular Técnica 78. ISSN 1679-1150 Sete Lagoas, 2006.

COELHO, S. P.; GALVÃO, J. C. C.; GIEHL, J.; CAMPOS, S. DE A.; BRITO, L. M.; SANTOS, T. R. DOS; MENDONÇA, B. F. Influência de *Azospirillum brasiliense* no crescimento de milho em manejo orgânico e convencional. In. Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo, 31, p. 1083-1086, 2016.

CONAB, Conjunturas da Agropecuária. Superintendência Regional de Minas Gerais. 2022. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; OLIVEIRA, A. C.; GUIMARÃES, L. J. M.; QUEIROZ, L. R.; MATRANGOLO, W. J. R.; MOREIRA, J. A. Produtividade de Variedades de Milho em Sistema Orgânico de Produção. 2009. Comunicado Técnico 171. ISSN 0102-0099. Sete Lagoas, MG.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MENEZES, C. R. J.; FREIBERGER, M. B.; CASTOLDI, G.; GONÇALVES, E. D. V. Maize response to inoculation with strains of

plant growth-promoting bacteria. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.7, p.606-611, 2016.

EEEP, Escola Estadual de Educação Profissional. Manejo de solo e água. 2011. Curso Técnico em Agronegócio. Governo do Estado do Ceará. Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2011/10/Agronegocio_-_Manejo_de_solo_e_gua_pdf.pdf. Acesso em: 05 de novembro de 2023.

GIOVANNETTI, M., MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular Mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84, 489-500. 1098. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>

GUIMARAES, P. E. de O.; PARENTONI, S. N.; MEIRELLES, W. F.; PACHECO, C. A. P.; SILVA, A. R. da; GUIMARAES, L. J. M.; CARDOSO, M. J.; ROCHA, L. M. P. da; COSTA, R. V. da; OLIVEIRA, J. S. e; COTA, L. V.; CARVALHO, H. W. L. de; GODINHO, V. de P. C.; CECCON, G.; MACHADO, A. T.; BASTOS, E. A.; VILARINHO, A. A.; SOUZA, F. R. S. de; DIAS, W. P.; EMYGDIO, B. M.; GARCIA, J. C.; WRUCK, F. J.; CASELA, C. R. Híbrido: híbrido simples de milho. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 169). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

HUNGRIA, M.; BARBOSA, J. Z.; RONDINA, A. B. L.; & NOGUEIRA, M. A. (2022). Improving Maize Sustainability with Partial Replacement of N-fertilizers by Inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Agronomy Journal*. <https://doi.org/10.1002/agj2.2115>

LANDAU, E. C.; CAMPANHA, M. M.; MATRANGOLO, W. J. R. Variação geográfica da ocorrência de produtores de milho orgânico cadastrados no Brasil. *Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 225. ISSN 1679-0154. Junho/2021.

LOVELOCK, C.E.; ANDERSEN, K. & MORTON, J.B. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. *Oecologia* 135, 268–279 (2003). <https://doi.org/10.1007/s00442-002-1166-3>

MELLO, C.M.A.; SILVA, G. A.; VIEIRA, H .E. E., SILVA.; I.R., MAIA; L.C., OEHL, F., (2012): *Fuscutata aurea*, a new species in the Glomeromycetes from cassava and maize fields in the Atlantic rainforest zone of Northeastern Brazil. *Nova Hedwigia* 95, 267-275.

MELLO, C. M. A. Riqueza e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas com milho, no nordeste do Brasil. 2015. 114f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2015.

MENDES, I. de C.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JUNIOR, F. B. dos; LOPES, A. A. de C. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2018. 23 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 38).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. M. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. ed. atual. E ampl. Lavras. Editora UFLA, 2006.

NETA, S. J. C. AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM MILHO INOCULADO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS E FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2022.

OLIVEIRA, I. J. de; DIAS, M. C.; FONTES, J. R. A.; PAMPLONA, A. M. S. R.; GUIMARAES, L. J. M.; PACHECO, C. A. P. BRS Caimbé: variedade de milho recomendada para o Estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JÚNIOR, R. Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 260). (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, 96). ISSN: 1517-3887

OLIVEIRA, N. A. M. de; SOUZA, I. R. P. de; ALMEIDA, M. A.; SOUZA, F. A. de; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, A. C. de; ANDRADE, C. de L. T. de. Interação micorriza e rizobactérias no desenvolvimento radicular e no gradiente de alongação da folha de milho. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 220). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. 1970. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.

RESENDE, A. V. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2004.

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; PEDROSA, E. M. R., & OLIVEIRA, V. S.. (2009). Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(1), 94–99. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000100014>

SETE, P. B.; TRAPP, T.; LOPES, J. D. R.; de OLIVEIRA, P. D.; de MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G. Lixiviação de nitrogênio em um Cambissolo cultivado com pessegueiro e submetido à aplicação de composto orgânico. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013. Florianópolis, SC. 2013.

SILVA, E. Orgânicos: mercado brasileiro é estimado em R\$7 bi em 2023. Disponível em: g1.globo.com/agricultura/noticia/2023/02/organicos-mercado-brasileiro-e-estimado-em-r-7-bi-2023.ghtml) Acesso em: 20 setembro de 2023.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. Microbiota do solo e qualidade ambiental. Instituto Agrônomo-IAC, Campinas, 2007. 312 p.

SOUZA, J. L. de. Desenvolvimento agrônomo da cultura do milho em sistema orgânico de produção. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. Globalização e segurança alimentar: anais. Recife: IPA, 1998.

SMITH, S. E.; READ, D. Mycorrhizal Symbiosis. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2009. 787 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo orgânico do milho, promoveu incremento nos índices de qualidade do solo, apresentados na bioanálise do solo, demonstrando que o manejo adotado na área está favorecendo a atividade biológica do solo.

O milho crioulo vermelho, que é selecionado por produtores apresentou resultados positivos quando comparados com o controle não inoculado, comprovando que a presença dos microrganismos foi benéfica para o desenvolvimento dessa cultivar. O mesmo efeito benéfico não foi encontrado para o BRS Caimbé, que teve sua maior produtividade no tratamento não inoculado, evidenciando que a inoculação e a co-inoculação, nas condições apresentadas nesse trabalho, não foram adequadas para o desenvolvimento da cultivar.