

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Câmpus de Jaboticabal

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM HÍBRIDOS DE SORGO**

Caique Augusto Maia de Aguiar

Jaboticabal – SP

1º Semestre de 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Câmpus de Jaboticabal

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM HÍBRIDOS DE SORGO**

Caique Augusto Maia de Aguiar

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro
Coorientadores: Eng. Agron. Ezequiel Soares da Silva
Me. Guilherme Amâncio Vieira Grunewald

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, para graduação em
ENGENHARIA AGRONÔMICA

Jaboticabal – SP

1º Semestre de 2024

A282a Aguiar, Caique Augusto Maia de Aguiar
Adubação nitrogenada e Inoculação com bactérias promotoras de crescimento em híbridos de Sorgo / Caique Augusto Maia de Aguiar Aguiar. -- Jaboticabal, 2024
35 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Gustavo Vitti Moro Moro

Coorientador: Guilherme Amâncio Vieira Grunewald

1. Sorghum bicolor L. Moench. 2. Microrganismos. 3. Inoculação.

I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



CAIQUE AUGUSTO MAIA DE AGUIAR

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM HÍBRIDOS DE SORGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Agrônômica.

Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Espécies Alógamas

Data da defesa: 10/07/2024

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Vitti Mouro

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Dr. Antonio Rocha

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 12/07/2024

Profa. Dra. Cibele Chalita Martins

Chefe do Departamento

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, principalmente à minha falecida tia Suelene Soares Maia e à minha avó Djanira Rodrigues de Aguiar. Obrigado por acreditarem nos meus sonhos e por me apoiarem incondicionalmente. A fé de vocês em mim e o amor que me deram foram forças motrizes que me incentivaram a seguir em frente, mesmo nos momentos mais desafiadores. Este é o meu tributo a vocês, que sempre estarão presentes em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente à Deus, pela dádiva da vida e por toda a força para concluir este projeto. Sem ele nada seria possível.

À minha mãe Alexsandra Campos Maia e o meu pai Clacir Gomes de Aguiar, por toda a minha criação e por tudo o que fizeram por mim para eu conseguir chegar aonde estou hoje. Obrigado por todo o carinho, por toda paciência e por todo amor.

Aos meus avós, Agostinho Soares Maia e Georgina Campos Maia, por todo amor, suporte e cuidado dedicado a mim. Obrigado por me fazerem ser um homem do bem e por todos os conselhos.

À minha irmã, Ana Júlia Maia de Aguiar, por todos os puxões de orelha e principalmente por todo o amor passado estando do outro lado do Brasil. Obrigado maninha.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, juntamente ao NEGEMM pela oportunidade de realizar a pesquisa e recursos recebidos.

Ao meu orientador, Gustavo Vitti Moro, por acreditar em mim e por todo o ensinamento, paciência que levaram a finalização deste trabalho. E por contribuir com meu crescimento pessoal e profissional. A todos os membros do laboratório que me instruíram e me auxiliaram de alguma forma.

Aos meus Coorientadores, Guilherme Vieira e Ezequiel Soares, por todo o tempo investido nesse projeto, por todo ensinamento e pela parceria nesses três anos de NEGEMM.

Ao meu melhor amigo e irmão para a vida, Nathã Pereira de Oliveira, por estar comigo nos melhores e principalmente nos piores momentos. Agradeço demais por tudo o que você fez por mim nesses cinco anos de faculdade.

RESUMO

O sorgo é uma cultura utilizada tanto para alimentação humana e animal. A alta exigência por nitrogênio tem sido o principal motivo para a aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados sintéticos na cultura. Esse fenômeno resulta no aumento dos custos de produção agrícola e em impactos ambientais adversos. Dessa forma, torna-se interessante investigar métodos alternativos que não apenas promovam o crescimento das plantas, mas também assegurem a produtividade, com foco na eficiência, viabilidade econômica e preservação ambiental. Bactérias diazotróficas têm o potencial de fixar nitrogênio atmosférico e produzir substâncias que estimulam o crescimento das plantas e essa abordagem não apenas pode diminuir os custos de produção, mas também mitigar os impactos ambientais associados ao uso excessivo de fertilizantes sintéticos. Para testar essas alternativas, este trabalho teve como objetivo avaliar a adubação nitrogenada e inoculação com bactérias promotoras de crescimento em híbridos de sorgo. A pesquisa foi composta por dois experimentos, todos em delineamento experimental em faixas. O primeiro foi realizado em casa de vegetação, no município de Jaboticabal-SP, no ano de 2023. Foram avaliados três híbridos de sorgo com ou sem inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis* contendo a mesma dosagem de adubação nitrogenada. Neste trabalho foram avaliadas as seguintes variáveis: Teor de clorofila das folhas, Altura média das plantas (cm), Biomassa fresca e seca da parte aérea (g/planta) e Biomassa fresca e seca das raízes (g/planta). O segundo ensaio realizado a campo, foram utilizados três híbridos comerciais de sorgo e para cada híbrido foram submetidos quatro tratamentos onde em todas as parcelas também foram utilizadas a mesma adubação de base. Neste segundo trabalho foram analisados: Altura média das plantas, Índice de Clorofila, Peso de Grãos e Produtividade. As avaliações em casa de vegetação permitiram concluir que a inoculação com *Azospirillum brasilense* mostrou melhorias significativas na altura das plantas, produção de biomassa e crescimento das raízes nos tratamentos com a bactéria, indicando que, a presença de microrganismos estimula o crescimento radicular e foliar, além de promover o crescimento em altura das plantas. Em campo a inoculação com *Azospirillum brasilense*, especialmente na ausência de nitrogênio, mostrou benefícios significativos no aumento da produtividade e do peso de grãos. As interações entre os fatores genotípicos e a inoculação com bactérias promotoras de crescimento evidenciam a importância dessas práticas para a melhoria da performance agrônômica das culturas.

Palavras-chave: *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Sorghum bicolor* L.Moench, fixação biológica de nitrogênio

ABSTRACT

Sorghum is a crop used for both human and animal consumption. The high nitrogen demand has been the primary reason for the excessive application of synthetic nitrogen fertilizers in this crop. This phenomenon leads to increased agricultural production costs and adverse environmental impacts. Thus, it is important to investigate alternative methods that not only promote plant growth but also ensure productivity, focusing on efficiency, economic viability, and environmental preservation. Diazotrophic bacteria have the potential to fix atmospheric nitrogen and produce substances that stimulate plant growth, and this approach can not only reduce production costs but also mitigate the environmental impacts associated with excessive use of synthetic fertilizers. To test these alternatives, this study aimed to evaluate nitrogen fertilization and inoculation with plant growth-promoting bacteria in sorghum hybrids. The research comprised two experiments, all in a strip-plot experimental design. The first was conducted in a greenhouse in Jaboticabal, São Paulo, in 2023. Three sorghum hybrids were evaluated with or without inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus subtilis* containing the same nitrogen fertilization dosage. The following variables were evaluated in this study: Leaf chlorophyll content, Average plant height (cm), Fresh and dry shoot biomass (g/plant), and Fresh and dry root biomass (g/plant). The second field trial used three commercial sorghum hybrids, and for each hybrid, four treatments were applied, where the same base fertilization was used in all plots. In this second study, the following were analyzed: Average plant height, Chlorophyll Index, Grain Weight, and Yield. Evaluations in the greenhouse concluded that inoculation with *Azospirillum brasilense* showed significant improvements in plant height, biomass production, and root growth in treatments with the bacterium, indicating that the presence of microorganisms stimulates root and foliar growth, as well as promoting plant height growth. In the field, inoculation with *Azospirillum brasilense*, especially in the absence of nitrogen, showed significant benefits in increasing productivity and grain weight. The interactions between genotypic factors and inoculation with growth-promoting bacteria highlight the importance of these practices for improving the agronomic performance of crops.

Keywords: *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*, *Sorghum bicolor* L. Moench, biological nitrogen fixation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 A Cultura do Sorgo	3
2.2 Bactérias Promotoras de Crescimento	7
2.3 Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> e <i>Bacillus subtilis</i>	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Experimento em Casa de Vegetação	10
3.2 Experimento em Campo	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Experimento em Casa de Vegetação	16
4.2 Experimento em Campo	18
5. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é um cereal altamente nutritivo que tem sido cultivado por milhares de anos. Pertencente à família Poaceae e nativo da África, tem sido um alimento básico por séculos devido aos seus benefícios nutricionais, adaptabilidade e aplicações versáteis. Essa cultura continua a ganhar popularidade em todo o mundo e seu potencial como cultivo sustentável e resiliente o torna um recurso importante para enfrentar os desafios de segurança alimentar, principalmente em regiões propensas à variabilidade climática e escassez de água.

Particularmente no caso do sorgo, o nitrogênio é acumulado de forma linear até o estágio de maturação, sendo o nutriente que mais frequentemente restringe sua produtividade. Todavia, Silva e Lovato (2008) colocam que a resposta de uma cultura a doses crescentes de nitrogênio depende de vários fatores que interferem na disponibilidade desse elemento às plantas. Entre os principais fatores, destacam-se os edafoclimáticos, como a textura do solo e o regime de chuvas, além dos fatores genéticos específicos de cada cultivar, que influenciam sua capacidade de resposta à adubação.

Os efeitos da adubação nitrogenada em gramíneas anuais de verão têm sido muito mais estudados do que aqueles resultantes da adição de outros nutrientes. Isso, provavelmente, em razão da maior e mais vantajosa resposta obtida com as aplicações de nitrogênio. A adubação nitrogenada, até mesmo em áreas não irrigadas, apresenta efeitos consideráveis quanto a produção, concentração de proteína bruta e outros indicadores da qualidade (MAYS, 1974).

Entre os macronutrientes, o nitrogênio é crucial para a nutrição das plantas, pois é um componente essencial das proteínas e tem uma influência direta no processo fotossintético, devido à sua presença na molécula de clorofila (ANDRADE et al, 2000).

O efeito benéfico da aplicação de diferentes produtos na cultura do sorgo já é conhecido há muito tempo, dentre os quais se destacam os hormônios, fungicidas, inseticidas, biorreguladores, entre outros. A associação positiva entre microrganismos e espécies vegetais também já é conhecida, onde se destaca a fixação biológica do Nitrogênio pelas bactérias do gênero *Rhizobium* em espécies leguminosas. Nas gramíneas, dentre as quais o sorgo, alguns estudos foram realizados com o intuito de identificar microrganismos capazes de fixar Nitrogênio, o que resultaria na substituição/redução da adubação nitrogenada nessas culturas. Embora os resultados desses trabalhos não tenham identificado organismos eficientes e específicos como ocorre nas espécies leguminosas, alguns resultados positivos foram obtidos com alguns microrganismos, como os do gênero *Azospirillum* (Bashan, Y., & de-Bashan, L. E., 2010).

Para contribuir de forma positiva no aumento da produtividade é imprescindível à adoção de tecnologias que possam favorecer a produção de espécies agrícolas de forma mais econômica e sustentável. Entre essas tecnologias, destaca-se o uso de inoculantes microbiológicos, que contêm bactérias associativas, como as dos gêneros *Azospirillum spp.* e *Bacillus spp.*, aplicadas em plantas não leguminosas.

Com isso o objetivo desta pesquisa foi testar o efeito benéfico da inoculação de *Azospirillum brasilense* e da adubação nitrogenada no porte, ciclo e produtividade da cultura do sorgo

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Cultura do Sorgo

Estudos indicam que a domesticação do sorgo ocorreu provavelmente na Etiópia, localizada na África Oriental, há cerca de 5.000 anos (TABOSA et al., 2019; VENKATESWARNA et al., 2019). Com o tempo, essa cultura se espalhou pela África Ocidental e, a partir do século XIX, expandiu-se para outros países. Originário de regiões tropicais, o sorgo pertence à família *Poaceae* e espécie *Sorghum bicolor* [L.] Moench (RIBAS, 2007; ALMEIDA, 2019; TABOSA et al., 2019). A planta necessita de altas temperaturas para seu desenvolvimento ideal, com uma temperatura ótima de 33°C. É cultivado em áreas onde a temperatura é superior a 20°C, pois sua produtividade diminui significativamente quando a temperatura fica abaixo de 16°C (MENEZES et al., 2015).

Além do consumo humano, esse cereal exerce um papel importante na alimentação de animais, muito utilizado na formulação de rações. Com um custo relativamente baixo de implantação e menor remuneração, proporciona rações com preços mais baixos para os agricultores (MAY et al., 2011). Devido aos valores nutricionais de 80% a 95% em relação ao milho, torna-se uma alternativa muito interessante aos agricultores e pecuaristas (STRINGHINI et al., 2009). Outra utilidade promissora do sorgo é seu destino para a produção de

biocombustíveis, visto que apresenta semelhança à cana-de-açúcar (ALBUQUERQUE FILHO E TARDIN, 2009), produz grande quantidade de biomassa na rebrota, mas em comparação à essa última cultura, o seu ciclo é em torno de 120 a 130 dias, em comparação aos 18 meses da cana de açúcar (TEIXEIRA et al., 1997)

Habitual de clima tropical, o sorgo ajusta-se bem ao clima quente, sendo ótima opção para essas regiões, devido ao sistema radicular bem desenvolvido, extenso e fibroso. Nesse sentido, a cultura usa de forma mais eficiente os recursos hídricos e minerais (MAGALHÃES et al., 2003). Possui características de evolução adaptativa desenvolvidas para sobreviver em meios severamente secos, sua faixa de temperatura ideal varia entre 33°C a 34°C graus, acima de 38°C e abaixo de 16°C a produtividade tende a cair (MAGALHÃES et al., 2000; SOUZA, 2006).

Como uma planta do grupo C4, o sorgo é capaz de tolerar altos níveis de radiação solar, resultando em taxas fotossintéticas elevadas e reduzindo a abertura dos estômatos, o que diminui a perda de água. Dessa forma, um aumento na intensidade da luz leva a uma maior produtividade, desde que outras condições sejam favoráveis. O consumo de água pelo sorgo varia entre 380 e 600 mm durante o ciclo da cultura, dependendo, principalmente, das condições climáticas dominantes. Mesmo após um período prolongado de murchamento, em apenas 5 dias com condições ambientais propícias, o sorgo pode recuperar a abertura dos estômatos, retornando às atividades fisiológicas normais (SANS et al., 2003). O ciclo de estádios de crescimento do sorgo pode ser dividido em três fases. A primeira (0 a 4), começa no plantio e vai até o início da panícula, a

segunda (4 a 6) vai do desenvolvimento da panícula até o florescimento e a terceira (6 a 9) começa no florescimento até a maturação fisiológica (Figura 1) (MAGALHÃES et al., 2000).

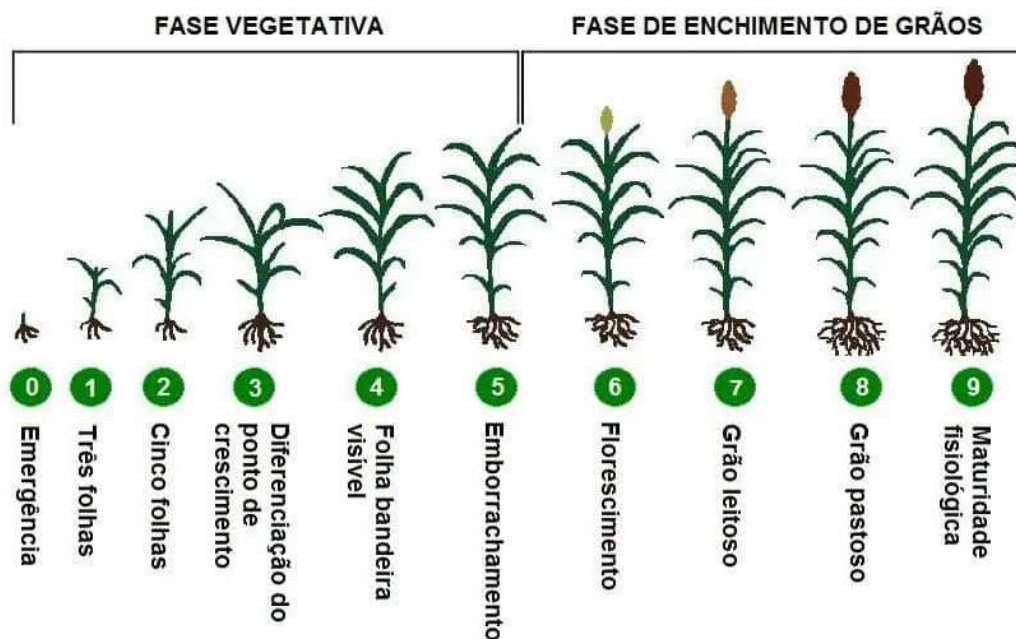


Figura 1: Estádios de desenvolvimento do sorgo. (Fonte: Traduzido de United Sorghum Checkoff Program)

A versatilidade do sorgo é notória de consumo do grão ou farináceo, o uso como matéria prima para amido, cera, bebidas, ração, óleos e produção bioenergéticas como de biocombustível (SILVA; 2019). Nas estatísticas, o sorgo aparece sendo o quinto maior cereal produzido no mundo, onde os três maiores produtores são Nigéria, Sudão e Estados Unidos, já o Brasil ocupa a oitava posição (FAO,2022). A área cultivada na safra 2023/2024 foi de 1.571,70 mil hectares, com produção total de 4.962,30 mil toneladas e produtividade média de 3.157,00 kg/ha, sendo que a região centro-sul do Brasil respondeu por cerca de 74% da área cultivada e 83% da produção (CONAB,2024). Apesar de ser conhecido por sua alta tolerância ao estresse hídrico, tornando-o uma escolha

recomendada para cultivo durante períodos com menor e maior irregularidade de chuvas, o sorgo é equivocadamente visto como adequado para solos ácidos e com baixa fertilidade (MENEZES, 2015).

Do ponto de vista agrônômico, o sorgo é dividido em quatro categorias: granífero; forrageiro para silagem e/ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte; verde/fenação/cobertura morta e sorgo para vassoura (Quadro 1). O primeiro grupo abrange variedades de porte baixo adaptadas à colheita mecânica. O segundo grupo inclui variedades de porte alto, adequadas para produção de silagem e/ou de açúcar e álcool. O terceiro grupo é composto por sorgos usados para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta. O quarto grupo é formado por tipos cujas panículas são utilizadas na fabricação de vassouras (BARCELOS, 2012).

Quadro 1: Tipos de sorgo e sua utilização

Tipo de Sorgo	Produto Final	Utilização
Vassoura	Panícula	Produção de Vassouras
Biomassa	Biomassa	Produção de etanol 2a geração, produção de bioenergia
Forrageiro	Biomassa	Corte, silagem e feno
Sacarino	Colmo e Grãos	Produção de etanol, sacarose, frutose, alimentação animal
Granífero	Grão	Alimentação humana, alimentação animal, Indústria

Fonte: Adaptado de Barcelos (2012)

A composição, o valor nutritivo e a produtividade dependem do tipo de sorgo que se difere pelo colmo, folhas e panículas. O sorgo granífero resulta em pouca massa verde, já que a planta possui porte baixo e é visada principalmente para a produção de grãos. Já o sorgo forrageiro tem alto rendimento de massa verde devido à característica de altura da planta que é de 2,0 a 3,0 metros, sendo

mais indicado para a silagem. Também, se destaca para a produção os híbridos, que além do porte alto entre 2,0 e 2,5 metros, apresenta boa produção de massa verde e produz grãos satisfatoriamente (COELHO, 1979, apud BUSO, 2011).

2.2 Bactérias Promotoras de Crescimento

Para contribuir de forma positiva no aumento da produtividade é imprescindível a adoção de tecnologias que possam favorecer a produção de espécies forrageiras de forma mais econômica e sustentável. Nas raízes de muitas plantas cultivadas, há comunidades ativas de microrganismos diazotróficos, que têm a capacidade de fixar nitrogênio. Ao longo do tempo, essas associações evoluíram para estabelecer relações específicas e altamente coordenadas entre a planta e os microrganismos. Entre os microrganismos fixadores de nitrogênio encontrados nas raízes de gramíneas, as espécies pertencentes ao gênero *Azospirillum* são amplamente pesquisadas (HARTMANN & BALDAM, 2006). Estes procariontes apresentam a capacidade de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico através da enzima nitrogenase (HUNGRIA, 2011), reduzindo-o em NH_4^+ , sendo que nesta forma, as plantas são capazes de absorvê-lo (MARCHETTI & BARP, 2015).

Outro mecanismo proposto para a explicação da eficiência destas bactérias é a hipótese aditiva, que consiste na habilidade da bactéria produzir ou metabolizar fitohormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, etileno, ácido abscísico, óxido nítrico e poliaminas, as quais proporcionam melhor crescimento radicular (PINTO JUNIOR et al., 2012, SPAEPEN et al., 2014) e, por consequência, maior absorção de água e nutrientes, resultando em uma planta

mais vigorosa e produtiva (BASHAN et al., 2004; HUNGRIA, 2011). Vários trabalhos realizados até o momento reafirmam a importância da inoculação de cereais com *A. brasilense*.

As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) são bactérias que habitam o solo e que são, com frequência, isoladas da rizosfera de diversas plantas cultivadas. A possibilidade da sua aplicação nos solos traz benefícios diretos para a produção agrícola e, ao mesmo tempo, uma alternativa de cultivo com menor uso de insumos agrícolas (LAVIE & STOTZKY, 1986; FIGUEIREDO et al, 2009). Os microrganismos diazotróficos, como as espécies do gênero *Azospirillum*, exercem uma influência significativa no desenvolvimento das plantas, proporcionando uma gama ampla de efeitos benéficos que abrangem desde a germinação das sementes até a produção de grãos (LAZARETTI & BETTIOL, 1997).

O *Bacillus subtilis* é reconhecido como uma das principais rizobactérias promotoras do crescimento das plantas (RPCPs), devido à sua capacidade de estimular o desenvolvimento vegetal através de diversos mecanismos. Esses incluem a produção de fitohormônios que promovem o crescimento (DATTA et al., 1982), a síntese de sideróforos e antibióticos que beneficiam a planta (HARMAN et al., 2004), além da indução de resistência das plantas contra patógenos (Ramamoorthy et al., 2001). Em virtude da capacidade das RPCPs de liberar substâncias promotoras de crescimento e auxiliar as plantas pelo fornecimento de nutrientes, pode haver efeitos positivos no desenvolvimento do sorgo e uma economia na adubação nitrogenada. Neste sentido, a inoculação

das sementes com produto à base de *Bacillus subtilis* pode favorecer o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

2.3 Inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*

Em trabalho desenvolvido por Hungria (2011) na cultura do milho, verificou-se que a inoculação das sementes com *A. brasilense* mais 24 kg/ha de N na semeadura e 30 kg/ha de N no florescimento proporcionou o rendimento médio de grãos de 7000 kg/ha de milho, 12,3% de aumento em relação ao não inoculado. Já, Sandini e Novakowski (2011) constataram que a inoculação de *A. brasilense* sem aplicação de nitrogênio de base aumentou em 2048 kg/ha (14,98%) a produtividade do milho. Resultados de laboratório indicam que, provavelmente, o efeito benéfico do *Azospirillum* se deve a obtenção de plantas com raízes mais longas e plântulas maiores, as quais apresentam um crescimento inicial mais rápido.

Em experimentos de campo também foram observadas mais raízes (28%), maior quantidade de matéria seca na parte aérea (54%) e maior rendimento de grãos (7,1% - média de 221 locais), principalmente, devido ao maior número de grãos, pois não houve alteração no peso médio dos grãos (HUNGRIA, 2011).

Já a promoção de crescimento nas culturas ocasionadas por inóculos de *B. subtilis* responde ao aumento da fixação de nitrogênio, melhora a solubilização de nutrientes e sintetiza fitohormônios (DIAZ, 2018). Estudos realizados em feijão inoculados com essa rizobactéria mostraram que a bactéria elevou a disponibilização de P, o que gerou maior crescimento de raízes e parte aérea,

apesar de não ter obtido efeitos na produção de grãos (ARAÚJO et al., 2005). Nas culturas do milho e soja, houve acréscimos na parte aérea, massa seca das raízes e quantidade de grãos com a utilização de inóculos bacterianos (RATZ et al., 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento em Casa de Vegetação

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da UNESP Câmpus de Jaboticabal (21°14'32"S, 48°17'56"W), durante o período de abril-julho de 2023. Os tratamentos consistiram em três híbridos de sorgo (84G05, 50A40 e 50A60) e quatro inoculações de bactérias (sem inoculação – controle, *A.brasiliense*, *A.brasiliense* + *B.subtilis*, e Qualifix (Produto comercial com estirpes AbV5 + AbV6 e concentração de 5×10^8 UFC/ml).

Quadro 2. Doses dos inoculantes

Tratamentos	Microrganismos	Doses
1	Controle	Ausência de inoculação
2	<i>Azospirillum brasilense</i>	Solo - 5ml
3	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	Solo – 2,5ml/2,5ml
4	Qualifix	Solo - 5ml

Foram arranjados em faixas 3x4, em delineamento experimental de blocos casualizados com seis repetições, sendo cada unidade experimental composta por um vaso contendo duas plantas com capacidade para 4,5 dm³ de solo.

Foram semeadas cinco sementes por vaso, dispostas em uma cova. Posteriormente, foi feita a inoculação destas sementes diretamente nos sacos, com o auxílio de uma micropipeta de precisão. Após 20 dias foi realizado o desbaste das plantas deixando apenas 2 plantas por vaso.

A partir de análise química do solo, constatou-se a necessidade de adubação de base nas seguintes proporções: 120 mg/dm³ de N; 120 mg/dm³ de P; 62,7 mg/dm³ de S; 0,5 mg/dm³ de B; 2,5 mg/dm³ de Zn; 4,0 mg/dm³ de Mn; 0,05 mg/dm³ de Mo e 1 mg/dm³ de Cu. Posteriormente, em cobertura após 26 dias da semeadura, foram aplicados: 30 mg/dm³ de N e 40 mg/dm³ de K. Os adubos utilizados foram: Ureia, Fosfato Monoamônico, Sulfato de Amônio, K_2HPO_4 , H_3BO_3 , ZnSO_4 , MnCl_2 , MoO_3 e CuSO_4 .

Após 72 dias da emergência, foram avaliados para cada híbrido e tratamento, características relacionadas à planta, sendo elas: Índice de Conteúdo de Clorofila, altura média das plantas (cm), biomassa fresca e seca da parte aérea (g/planta) e biomassa fresca e seca das raízes (g/planta).

O índice de teor de clorofila foi mensurado com o clorofilômetro portátil (OptiSciences, CCM-200), com as medições feitas em todas as parcelas e a leitura realizada no terço médio da última folha completamente expandida.

Com auxílio de uma régua métrica graduada, foi obtida a altura das plantas, sendo a medida obtida pela distância entre a superfície do solo e a base de inserção da folha bandeira, posteriormente foi obtida a média entre híbridos e tratamentos.

Após o corte das plantas em sua base e seu armazenamento em sacos de papel, com o auxílio de balança analítica, foi obtida a massa fresca da parte

aérea pela pesagem das folhas e colmo, com valores obtidos em gramas. Posteriormente, a massa seca de parte aérea foi obtida pelo acondicionamento do material vegetal em estufa de secagem a uma temperatura de 65°C por 72 horas e pesadas por meio de uma balança de analítica, obtendo-se então a massa seca da parte aérea em gramas.

As raízes, após o corte da parte aérea, foram lavadas de modo a se retirar qualquer resíduo ou outro tipo de impureza, o procedimento foi realizado utilizando uma peneira a fim de não perder material vegetal e facilitar a drenagem dos resíduos. A variável massa fresca de raiz foi obtida após as raízes lavadas serem acondicionadas em sacos de papel e pesadas em uma balança analítica, sendo os dados contabilizados em gramas. Posteriormente, as raízes frescas foram acondicionadas em estufa de secagem por um período 72 horas a uma temperatura de 65°C, após isso as amostras foram pesadas por meio de uma balança analítica, com os dados obtidos também em gramas.

Após a coleta, os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas ao nível de 5% de significância pelo teste de Turkey no programa estatístico Sisvar.

3.2 Experimento em Campo

O experimento foi realizado durante o período de Dezembro de 2023 a Maio de 2024 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, campus de Jaboticabal/SP, com uma altitude média de 615,01 metros acima do nível do mar. O relevo pode ser definido como suave ondulado e sua localização

geográfica é definida por: latitude 21° 14' 05''S e longitude 48° 17' 09'' WG (ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA - UNESP CAMPUS JABOTICABAL). O clima é definido como tropical com inverno seco e classificado como Aw de acordo com o Sistema Internacional de Classificação de Köppen (1931), com temperatura média de 23.7 °C. A média pluviométrica anual é de 1.340 mm, com chuvas concentradas principalmente durante o verão. O tipo de solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico.

Durante a condução do experimento, período que compreende o plantio até a colheita, a precipitação total foi de 470,9 mm (Figura 1) de acordo com a Estação Agroclimatológica do departamento de Ciências exatas da Fcav/Unesp - câmpus de Jaboticabal.

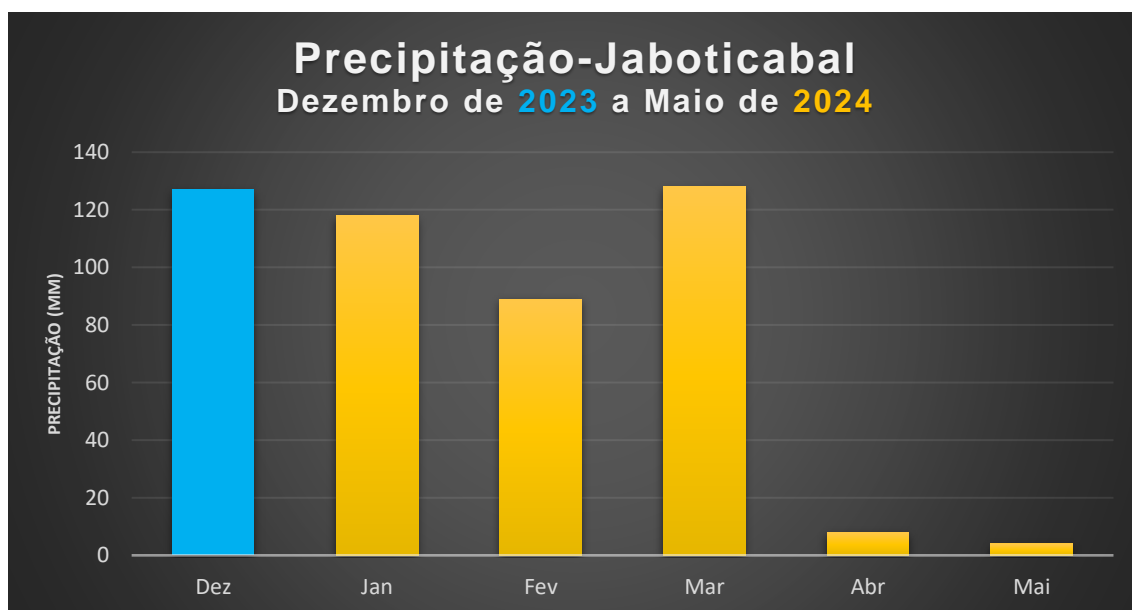


Figura 1. Precipitação durante a condução do experimento. Fonte: ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS DA FCAV/UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados três híbridos comerciais de sorgo (SHU 511, SHU 615 e SHU 708) e um inoculante formulado com as

estirpes Abv5 e Abv6 de *Azospirillum brasilense*, sendo a inoculação realizada via solo a fim de viabilizar a semeadura e a inoculação mecanizadas.

Cada híbrido foi submetido a quatro tratamentos: (1) Inoculação com o *Azospirillum brasilense* via solo, sem adubação nitrogenada de cobertura, (2) Inoculação com o *Azospirillum brasilense* via solo, com adubação nitrogenada de cobertura, (3) Ausência de inoculação com o *Azospirillum brasilense*, com adubação nitrogenada de cobertura e, (4) Ausência de inoculação com *Azospirillum brasilense*, sem adubação nitrogenada de cobertura, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos empregados nas parcelas.

Tratamentos	Inoculação	Adubação de cobertura
1	<i>Azospirillum brasilense</i>	Ausência
2	<i>Azospirillum brasilense</i>	Adubação nitrogenada
3	Ausência	Adubação nitrogenada
4	Ausência	Ausência

Empregou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, arranjado em faixas, com 5 repetições, sendo cada parcela constituída por quatro linhas de 5,00 metros de comprimento, com espaçamento de 0,50 metros entre linhas.

O plantio do sorgo se deu através de uma semeadora adubadora utilizando-se adubo com formulação 8 - 28- 16 na base aplicado em área total, em uma dose de 300 kg ha⁻¹. Nas parcelas que receberam a inoculação com o *Azospirillum brasilense*, esta foi feita no mesmo dia da semeadura, via solo com uso de um pulverizador localizado, adotando-se o inoculante comercial com as

estirpes AbV5 + AbV6, na dose de 600ml/há com a concentração de $5,00 \times 10^8$ UFC.ml⁻¹), de acordo com as recomendações do fabricante.

Nas parcelas que receberam adubação de Nitrogênio (N) em cobertura foi feita a aplicação de Ureia em dose suficiente para fornecer 140 Kg de N/ha, após aproximadamente 26 dias da semeadura, quando as plantas se encontraram nos estágios V4/V5 de desenvolvimento. Após trinta dias da semeadura foi realizada uma segunda inoculação com *Azospirillum brasilense* nas parcelas com o microrganismo, adotando-se a mesma dosagem, metodologia e produto descrito anteriormente, com auxílio de uma bomba costal para que fosse mantido a população de bactérias no local.

Foram avaliadas, em cada tratamento, características relacionadas ao porte e produtividade da cultura do sorgo como: Altura média das plantas (cm), Índice de Conteúdo de Clorofila, Massa Fresca e todas as panículas da área útil de cada parcela foram coletadas e debulhadas, para determinação da produtividade e peso de grãos em kg/ha.

Após a coleta de dados nos experimentos, foram realizadas para cada híbrido e caráter, análises de variância individual, aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico Genes e, com os resultados obtidos, foi possível determinar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada nas características avaliadas na cultura do sorgo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento em Casa de Vegetação

Os tratamentos com os microrganismos se mostraram superiores em relação ao tratamento controle, como por exemplo, em massa fresca da parte aérea os híbridos submetidos a inoculação conjunta dos microrganismos apresentaram 18% mais massa fresca em sua parte aérea comparada com o controle, onde não foi inoculado (Figura 3).

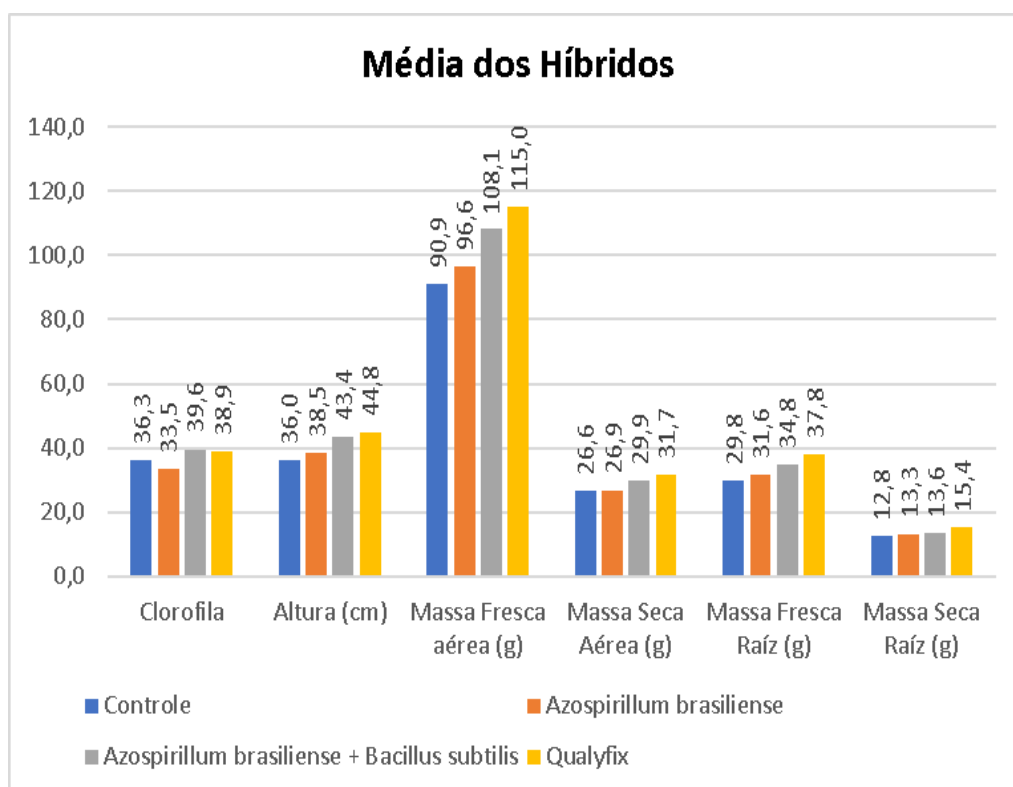


Figura 3. Valores médios de índice de conteúdo de clorofila, altura (cm), massa fresca aérea (g), massa seca aérea (g), massa fresca raiz (g) e massa seca raiz (g) para os três híbridos de sorgo. Jaboticabal, São Paulo, 2023.

Notou-se que houve efeitos significativos no 50A40 quando comparado com o 84G0 5 e 50A60, isso possivelmente, devido a maior interação deste genótipo com esses tipos de microrganismo (Tabela 3). As bactérias do gênero *Azospirillum* podem estimular o crescimento das plantas por diversas maneiras, sendo as mais relevantes a capacidade de fixação biológica de nitrogênio,

produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas, etileno e uma variedade de outras moléculas (HUNGRIA, 2011). Observou-se que o tratamento sem aplicação de *A. brasilense* (Controle), resultou em menor massa seca da parte aérea e da raiz do que os demais tratamentos, o que pode estar relacionado com o efeito positivo que os microrganismos desempenharam nos outros tratamentos.

Tabela 3. Análise da Clorofila, Altura, Biomassa Fresca Parte aérea (BFPA), Biomassa Seca Parte Aérea (BSPA), Biomassa Fresca Raíz (BFR) e Biomassa Seca Raíz (BSR) nos Híbridos 84G05, 50A40 e 50A60.

Híbridos	Tratamentos	Clorofila	Altura	BFPA	BSPA	BFR	BSR
1	<i>Controle</i>	44,137 C	45,437 C	102,287 BC	30,575 C	38,375 C	15,225 C
	<i>Azospirillum brasilense</i>	31,012 C	32,562 C	73,662 C	22,712 C	29,962 C	13,187 C
	<i>Azospirillum brasilense + Bacillus subtilis</i>	39,937 C	42,687 C	95,462 BC	28,087 C	36,575 C	14,112 C
	<i>Qualyfix</i>	36,425 C	44,562 C	110,850 B	31,987 C	40,600 C	16,350 C
2	<i>Controle</i>	26,600 C	27,500 C	65,312 C	20,012 C	20,500 C	10,475 C
	<i>Azospirillum brasilense</i>	38,475 C	50,750 B	127,362 B	32,912 B	39,850 B	16,275 B
	<i>Azospirillum brasilense + Bacillus subtilis</i>	36,712 C	45,437 B	115,937 B	31,175 B	35,487 B	14,112 BC
	<i>Qualyfix</i>	35,662 C	43,125 BC	105,787 BC	30,000 B	32,037 BC	14,300 BC
3	<i>Controle</i>	38,175 C	35,062 BC	105,025 BC	29,262 BC	30,400 BC	12,575 BC
	<i>Azospirillum brasilense</i>	31,087 C	32,187 C	88,812 C	25,137 C	24,937 C	10,400 C
	<i>Azospirillum brasilense + Bacillus subtilis</i>	42,087 C	42,125 BC	113,012 BC	30,575 BC	32,475 BC	12,577 BC
	<i>Qualyfix</i>	44,587 C	46,750 B	128,287 B	33,225 B	40,850 B	15,662 B

¹Letras Maiúsculas nas colunas comparam os tratamentos e letras minúsculas nas linhas comparam os híbridos. Valores seguidos por letras distintas, nas colunas e linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Em geral, o aumento relativo da massa seca da raiz em relação ao tratamento controle, foi significativo para a inoculação com ambos os microrganismos. O aumento da massa seca da raiz (BSR) indica um possível efeito hormonal sobre o crescimento radicular do sorgo. Esses hormônios promovem o crescimento das raízes, melhorando a capacidade da planta para

absorver água, nutrientes e conseqüentemente o crescimento de toda a planta. As mesmas observações são relatadas por Pinto et al. (2012), reforçando que este processo disponibiliza nitrogênio assimilável às plantas e ainda contribuem para a produção de hormônios vegetais, como auxinas e giberelinas, que atuam no crescimento dos vegetais. A altura de planta, especialmente no 50A40 e 50A60, mostrou-se maior, tendo um crescimento 84% maior entre o tratamento inoculado quando comparado com o tratamento sem inoculação. Kappes et al. (2013) obtiveram resultados similares, em que estudaram a influência da inoculação com *A. brasilense*, tendo como resultado um aumento na altura das plantas de milho em virtude do uso da bactéria inoculada na semente.

4.2 Experimento em Campo

Os resultados da análise de variância para altura de plantas, clorofila, massa fresca, peso de grãos e produtividade estão representados nas tabelas 4, 5 e 6.

Para a variável altura de planta, não se teve interferência dos fatores, onde as médias de alturas das plantas foram semelhantes entre tratamentos. Apesar disto, o híbrido SHU 615 SG apresentou as maiores médias dentro dos tratamentos, sugerindo que mesmo na ausência de ambos os fatores, a cultivar não terá a sua altura prejudicada. Souza et al. (2013) também não detectaram diferença na altura das plantas de sorgo Sugargraze Argentina com ou sem a inoculação de *Azospirillum brasilense*.

O índice de teor de clorofila foi maior nos tratamentos que receberam uma das duas aplicações (inoculação e/ou dose de nitrogênio), enquanto o

tratamento controle ficou com a menor média entre todos os tratamentos. Dentre as médias de híbridos, tivemos o SHU 615 SG apresentando uma maior média entre híbridos, o que pode ser explicado pelo fato de que mais de 50% do nitrogênio total das folhas está presente nos compostos dos cloroplastos e da clorofila (CHAPMAN E BARRETO, 1997). Okon e Vanderleyden (1997) comentaram que os benefícios proporcionados pelo *Azospirillum* spp. vão além da fixação do nitrogênio atmosférico, pois o aumento do sistema radicular permite que as plantas absorvam mais nitrogênio do solo. Um sintoma bem conhecido da deficiência de nitrogênio nas plantas é a redução da coloração verde, resultando em amarelecimento e clorose das folhas mais velhas (baixeiras), devido à alta mobilidade do nitrogênio nas plantas. Portanto, plantas mais verdes são plantas mais bem nutridas e, conseqüentemente, mais produtivas (TAIZ et al., 2017).

Tabela 4. Análise de Variância da Altura (ALT), Clorofila (CLR) em função dos tratamentos adotados para cada híbrido; H1: SHU 511 SG; H2: SHU 615 SG; H3: SHU 708 SG.

Tratamento	COMPONENTES							
	ALT ¹				CLR ¹			
	H1	H2	H3	MÉDIA	H1	H2	H3	MÉDIA
C AZ S N	1,45Ab	1,57Aa	1,46Ab	1,49A	35,24Ab	47,74Aa	36,40Ab	39,79AB
C AZ C N	1,42Ab	1,57Aa	1,51Aa	1,50A	39,80Aab	46,03ABa	36,71Ab	40,84A
S AZ C N	1,45Ab	1,58Aa	1,49Ab	1,51A	37,08Aa	41,45ABa	35,79Aa	38,10AB
S AZ S N	1,46Ab	1,60Aa	1,53Ab	1,53A	36,30Aab	38,63Ba	31,61Ab	35,51B
MÉDIA	1,44c	1,58a	1,50b		37,10b	43,46a	35,12b	
CV (%)	3,0				11,45			
QM (tratamentos)	0,00329				81,18009			
F (tratamentos)	1,60NS				4,16*			
QM (híbridos)	0,09458				379,29863			
F (híbridos)	45,77**				19,42**			

¹Letras Maiúsculas nas colunas comparam os tratamentos e letras minúsculas nas linhas comparam os híbridos. Valores seguidos por letras distintas, nas colunas e linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

* e ^{NS}: significativo e não significativo, respectivamente, pelo teste *F* (* (5%); ** (1%) e *** (0,1%)).

Para a variável Massa Fresca não houve diferenças significativas entre as variáveis. O SHU 708 SG apresentou as maiores médias indicando que teve melhor interação entre genótipo e bactérias e essa maior produção de massa fresca pode estar relacionada à influência das BPCP no balanço hormonal e, conseqüentemente, no crescimento das plantas. As bactérias *Azospirillum brasilense* são capazes de produzir substâncias promotoras de crescimento, como auxinas (AIA), giberelinas e citocininas. Embora as giberelinas e citocininas sejam produzidas em menores quantidades, seus efeitos são significativos (TIEN et al., 1979).

Tabela 5. Análise de Variância da Massa Fresca (MF) em função dos tratamentos adotados para cada híbrido; H1: SHU 511 SG; H2: SHU 615 SG; H3:SHU 708 SG.

Tratamento	MF ¹			MÉDIA
	H1	H2	H3	
C AZ S N	1,48Aa	1,42Aa	1,75Aa	1,55A
C AZ C N	1,48Aa	1,54Aa	1,59Aa	1,53A
S AZ C N	1,50Aa	1,63Aa	1,63Aa	1,58A
S AZ S N	1,44Aa	1,51Aa	1,65Aa	1,53A
MÉDIA	1,47a	1,52a	1,65a	
CV (%)	17,41			
QM (tratamentos)	0,00850			
F (tratamentos)	0,12NS			
QM (híbridos)	0,17787			
F (híbridos)	2,43NS			

¹Letras Maiúsculas nas colunas comparam os tratamentos e letras minúsculas nas linhas comparam os híbridos. Valores seguidos por letras distintas, nas colunas e linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

* e ^{NS}: significativo e não significativo, respectivamente, pelo teste *F* (* (5%); ** (1%) e *** (0,1%)).

Para o Peso de Grãos, os tratamentos contendo *Azospirillum brasilense* foram superiores aos demais, principalmente do tratamento controle, o que é explicado em um trabalho realizado por Salomone & Döbereiner (1996) estudando a resposta de vários genótipos de milho à inoculação de quatro estirpes de *Azospirillum spp.* isoladas na Argentina e três de raízes de sorgo e milho isoladas no Brasil, constataram aumento de peso de grãos, variando em diferentes genótipos, da ordem de 1.700 a 7.300 kg ha⁻¹. O SHU 615 SG apresentou maiores médias comparado aos outros híbridos, mostrando que, principalmente a associação com bactérias promotoras de crescimento, resultou em incrementos ao peso de grãos da cultivar.

Na produtividade, observou-se que a maior produtividade foi obtida no tratamento com presença da bactéria, sem presença do nitrogênio, destacando a contribuição positiva do *Azospirillum* mesmo na ausência de nitrogênio. Isso é explicado por Basi (2013), onde estudando a adubação nitrogenada e inoculação com *A. brasilense* em híbridos de milho em Iraí de Minas – MG, observou que a inoculação com *Azospirillum brasilense* e o incremento das doses de nitrogênio promoveram aumento médio na produtividade de grãos. Houve interação entre inoculação e o nitrogênio, onde tanto para a presença ou não do adubo nitrogenado, obteve-se as maiores produtividades. Estes resultados podem ser explicados pela maior absorção e acúmulo de nutrientes nos grãos de milho. Isto se deve a capacidade desta bactéria ser diazotrófica (fixação biológica de nitrogênio) e, principalmente, pela capacidade do *Azospirillum*

brasiliense em sintetizar hormônios que contribuem no crescimento dos tecidos das plantas, principalmente do sistema radicular, o qual mais vigoroso possibilita maior absorção de água e nutrientes, assim como maior redistribuição de nutrientes e fotoassimilados para espiga.

Tabela 6. Análise de Variância de Peso de Grãos (PG) e Produtividade (PROD) em função dos tratamentos adotados para cada híbrido; H1: SHU 511 SG; H2: SHU 615 SG; H3:SHU 708 SG.

Tratamento	COMPONENTES							
	PG ¹				PROD ¹			
	H1	H2	H3	MÉDIA	H1	H2	H3	MÉDIA
C AZ S N	1,39Ab	1,74Aa	1,41Ab	1,51A	5560,00Ab	6992,00Aa	5676,00Ab	6076,0 A
C AZ C N	1,35Ab	1,58Aa	1,33Ab	1,42AB	5404,00Ab	6342,40Aa	5320,00Ab	5689 AB
S AZ C N	1,27Ab	1,59Aa	1,29Ab	1,38B	5112,00Ab	6360,80Aa	5192,00Ab	5555 B
S AZ S N	1,08Bb	1,36Ba	1,11Bb	1,18C	4352,00Bb	5449,60Ba	4452,00Bb	4751 C
MÉDIA								
CV (%)	7,74				7,74			
QM (tratamentos)	0,29058				4649413,33			
F (tratamentos)	25,44**				25,44**			
QM (híbridos)	0,55451				8872160,26			
F (híbridos)	48,54**				48,54**			

¹Letras Maiúsculas nas colunas comparam os tratamentos e letras minúsculas nas linhas comparam os híbridos. Valores seguidos por letras distintas, nas colunas e linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

* e ^{NS}: significativo e não significativo, respectivamente, pelo teste *F* (* (5%); ** (1%) e *** (0,1%)).

5. CONCLUSÃO

Os resultados dos experimentos mostram que em casa de vegetação a inoculação com *Azospirillum brasilense* mostrou melhorias significativas na altura das plantas, produção de biomassa e crescimento das raízes nos tratamentos com a bactéria, principalmente no Híbrido 50A40, devido a associação mais eficiente deste genótipo com esse microrganismo. Quando inoculado com *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*, também houve efeitos significativos em quase todas as características, indicando que, a presença de microrganismos estimula o crescimento radicular e foliar, além de promover o crescimento em altura das plantas.

Em campo, o híbrido SHU 615 SG se destacou em várias características analisadas, sugerindo que é mais eficiente em termos de altura, índice de conteúdo de clorofila, peso de grãos e produtividade. A inoculação com *Azospirillum brasilense*, especialmente na ausência de nitrogênio adicional, mostrou benefícios significativos no aumento da produtividade e do peso de grãos. As interações entre os fatores genotípicos e a inoculação com bactérias promotoras de crescimento evidenciam a importância dessas práticas para a melhoria da performance agronômica das culturas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; TARDIN, F. D. Utilização de sorgo para a produção de biocombustível. 2009.
- ALMEIDA, Luciana Gomes Fonseca. Etanol de segunda geração utilizando sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*). 2019. Trabalho apresentado ao programa de Pós-graduação em Biocombustíveis - Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, 2019. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana_gomes_fonseca_almeida.pdf
- ANDRADE, A. C., D. M. Fonseca, J. A. Gomide, V. H. Alvarez, C. E. Martins & D. P. H. Souza. 2000. Produtividade e valor nutritivo do Capim-Elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29 (6): 1589-1595.
- ARAÚJO, F.F.; HENNING, A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, Dordrecht, v.21, p.1639-1645, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-005-3621-x>
- BARCELOS, C.A. Aproveitamento das frações sacarínea, amilácea e lignocelulósica do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para a produção de bioetanol. 334 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, pg 98. Rio de Janeiro, 2012.
- BASHAN, Y. et al. Azospirillum-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*. [S.l.], v. 50, p. 521-577, 2004.
- BASI, S. Associação de *Azospirillum* brasileiro de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.
- BUSO, W.H.D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. *PUBVET*, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
- Chapman, S. C.; Barreto, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*, 1997, 89, 1, 557-562.
- COELHO, A.M. Cultivares de sorgo para Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.5, n.56, p.22-26, 1979 apud BUSO, W.H.D. et al. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. *PUBVET*, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

CONAB, 2024. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos Safra 2023/24 9º Levantamento**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/53609_aa2d317a04de5fd0c4bf8ce6cb70a55f>. Acesso em: 4 ago. 2024.

DATTA, M., Banik, S., Gupta, K. Studies on the efficacy of a phytohormone producing phosphate solubilizing *Bacillus firmus* in augmenting paddy yield in acid soils of Nagaland.

DIAZ, P. A. E. *Bacillus* spp. como promotores de crescimento na cultura do algodão. 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2018.

FAO. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acessado em: 28 ago. 2024.

FIGUEIREDO, M.V.B., Lira Junior, M.A., Messias, A.S., Menezes, R.S.C. Potential impact of biological nitrogen fixation and organic fertilization on corn yield in low external input systems In: Danforth, A.T. (Ed.). *Corn crops production: growth, fertilization and yield*. New York: Nova Science Publishers, 2009. p.239-267.

HARMAN, G.E.; Howell, C.R.; Viterbo, A.; Chet, I.; Lorito, M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, n.1, p. 43- 55, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro797>

HARTMANN, A.; BALDAM, J. I. The genus *Azospirillum*. In: DWORKIN, M.; FALKOW, S.; ROSENBERG, E.; SCHLEIFER, K. H.; STACKEBRANDT, E. (Ed.). *The Prokaryotes*. New York: Springer, 2006. p.115-140.

HUNGRIA, M. *Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo*. Net, Londrina: Embrapa Soja: 2011. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>

LAZZARETI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado a base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 54, p. 89-96, 1997.

LAVIE, S., STOTZKY, G. Interactions between clay minerals and siderophores affect the respiration of *Histoplasma capsulatum*. *Applied and Environmental Microbiology*, v.51, n.1, p.74-79, 1986.

MAGALHÃES, Paulo César et al. *Fisiologia da planta do sorgo*. Sete lagoas, MG: Embrapa milho e sorgo, 2003. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - milho e sorgo. Comunicado Técnico, 86).

MAGALHÃES, Paulo César; et al. Fisiologia da planta de Sorgo. Sete lagoas, MG: Empraba milho e sorgo, 2000. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - milho e sorgo. Circular técnica, 3).

Marchetti, M.M., Barp, E.A. 2015. Efeito rizosfera: a importância de bactérias fixadoras de nitrogênio para o solo/planta. Ignis, 4(1), 61-71. DOI: <http://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/767>

MAY, André et al. Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012. Embrapa Milho e Sorgo - Documentos (INFOTECA - E), 2011.

Mays, D. A. 1974. Forage fertilization. American Society of Agronomy Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. 621 p.

MENEZES, Cicero Beserra De. Sorgo Granífero: Estenda sua Safrinha com Segurança. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, 176).

Okon, Y.; Vanderleyden, J. Root-associated Azospirillum species can stimulate plants. Applied and Environment Microbiology, 1997, 6, 7, 366-370.

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, L. F. O. S.; OFFEMANN, L. C.; COSTA, A. C. P. R.; SILVA, M. B.; DRANSKI, J. A. L.; BANDEIRA, K. B.; PEDROSA, F. O.; SOUZA, E. M. Resposta a Inoculação de Estirpes de Azospirillum brasileiro na Cultura do Milho na Região Oeste do Paraná. Congresso Nacional De Milho e Sorgo, 29. Anais... Água de Lindóia, p. 282-288, 2012.

RAMAMOORTHY, V., Viswanathan, R., Raguchander, T., Prakasan, V., Samiyappan, R. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. Crop Protection, v.20, n.1, p.1-11, 2001. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00056-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00056-9)

RATZ, R.J.; PALÁCIO, S.M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F.R.; VICENTINO, R.C., MICHELIM, H.J.; RICHTER, L.M. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. Engevista 19.4 (2017): 890. DOI: <https://doi.org/10.22409/engevista.v19i4.894>

RIBAS, P. M. Importância Econômica. In: Cultivo do Sorgo – Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção versão eletrônica, 3ª ed. Set./2007. Disponível em Rio Verde. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/617/4/Tese_L%C3%ADgia%20Campos%20de%20Moura%20Silva.pdf

SALOMONE, G.; DÖBEREINER, J. Maize genotypes effects on the response to Azospirillum inoculation. Biology Fertilizer Soils, Oxford, v.21, p.193-196, 1996.

SANDINI, I.; & NOVAKOWISKI, H.J. Uso de inoculantes em milho safrinha. In: XI SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11., 2011, Lucas do Rio Verde. Anais... Rio Verde: Fundação Rio Verde, p. 67-81.2011.

Sans, L. M. A.; A. V. de C. DE MORAIS; D. P. GUIMARÃES. Época de plantio de sorgo (Comunicado Técnico). MAPA. Sete Lagoas. 2003.

SILVA, Lígia Campos de Moura. Cinética de secagem dos grãos e caracterização física e química durante o armazenamento de farinha de sorgo granífero. 2019. Tese (Doutorado agronomia) Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus.

Silva, P. C. S.; & Lovato, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. Revista da FZVA: Uruguaiana, v. 15, n.1, p.15-33, 2008.

SOUZA, Gláucia de Fatima Moreira Vieira e. Armazenamento de sementes de sorgo, colhidas com diferentes graus de umidade submetidas a tempo de espera para secagem. 2006. 40f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) - Programa de pós-graduação em agronomia, Universidade Federal de Uberlândia/ MG.

SOUZA, L.G.M.; LAZARINI, E.; PIVETTA, R.S.; OLIVEIRA, C.O.; SILVA, E.M. Avaliação agrônômica e tecnológica de sorgo sacarino inoculado com *Azospirillum brasilense* e doses de adubação nitrogenada. In: XXV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP. 2013. Barra Bonita, SP. 2013 Disponível em: .

SPAEPEN, S. et al. Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus *Azospirillum*. Journal Plant Growth Regulation, v.33, p. 440-459, 2014.

STRINGHINI, José Henrique et al. Desempenho de frangos de corte consumindo rações contendo sorgo e gérmen integral de milho. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 12, p. 2435-2441, 2009.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora, 2017, 888p.

TABOSA, José Nildo et al. Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste, Sertão e afins do Semiárido Brasileiro. In: XIMENES, Luciano Feijão Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 1138. Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/205051/1/Tecnologias-deConvivencia-com-o-Semiarido-Brasileiro-2019.pdf>

TEIXEIRA, Cyro Gonçalves; JARDINE, José Gilberto; BEISMAN, Darcy Antônio. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. Food Science and Technology, v. 17, n. 3, p. 248-251, 1997.

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

VENKATESWARAN, K et al. Chapter 3. Classification, Distribution and Biology. *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00003-6>