

EFEITO DE DOSES DE *Azospirillum brasilense* NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE MILHO PIPOCA

EFFECT OF *Azospirillum brasilense* DOSAGE ON POPCORN SEED TREATMENT

Carlos Alberto Munhoz da Cunha Neto¹; Lauro Patrick Bittencourt Bueno²;
Tereza Cristina de Carvalho³

Resumo: *Azospirillum brasilense* é um bioinsumo promissor na agricultura, no entanto, sua aplicação na cultura do milho-pipoca (*Zea mays* L. var. *everta*) ainda apresenta lacunas de conhecimento, especialmente quanto à dosagem ideal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de distintas dosagens (0, 1, 2, 3 e 4 mL/kg de semente) do inoculante no tratamento de sementes da cultivar BRSeeds IAC 125, visando a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliados o teste de germinação (papel germitest) emergência de plântulas (bandeja com substrato de solo e areia), comprimento da parte aérea e de raiz e massa fresca. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial. Os resultados indicam que as doses do inoculante não influenciaram estatisticamente a porcentagem de germinação ou emergência. Contudo, o vigor das plântulas foi significativamente afetado, respondendo de forma quadrática às doses. No teste em bandeja, a dose de 2 mL/kg proporcionou o ponto de máximo desenvolvimento para comprimento e massa fresca. Conclui-se que a dose de 2 mL/kg de *Azospirillum brasilense* é a mais recomendada para maximizar o vigor no estabelecimento inicial da cultivar de milho-pipoca IAC 125.

Palavras-chave: *Zea mays* L. var. *everta*. Associação. Fixação biológica. Nitrogênio.

Abstract: *Azospirillum brasilense* is a promising bio-input in agriculture; however, its application in the popcorn crop (*Zea mays* L. var. *everta*) still presents knowledge gaps, especially regarding the optimal dosage. The objective of this study was to evaluate the effect of different dosages (0, 1, 2, 3, and 4 mL/kg of seed) of the inoculant in the seed treatment of the BRSeeds IAC 125 cultivar, focusing on germination and initial seedling development. The experimental design was completely randomized, with four replications. The germination test (paper roll), seedling emergence (tray with a soil and sand substrate), shoot and root length, and fresh mass were evaluated. The data were subjected to analysis of variance and polynomial regression. The results indicate that the inoculant doses did not statistically influence the percentage of germination or emergence. However, seedling vigor was significantly affected, responding quadratically to the doses. In the tray test, the 2 mL/kg dose provided the point of maximum development for length and fresh mass. It is concluded that the 2 mL/kg dose of *Azospirillum brasilense* is the most recommended to maximize vigor during the initial establishment of the popcorn cultivar IAC 125.

Key-words: *Zea mays* L. var. *everta*. Associação. Fixação biológica. Nitrogênio.

¹ Eng.Agr., Ponta Grossa, PR - Brasil, E-mail: neto.cunha1801@gmail.com

² Eng.Agr., Ponta Grossa, PR - Brasil, E-mail: lauropatrick27@gmail.com

³ Eng.Agr., Professora Pós-Doutora da Faculdades Integradas do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, Ponta Grossa, PR - Brasil, E-mail: tedcarva@gmail.com (autor para correspondência).

INTRODUÇÃO

A cultura do milho-pipoca (*Zea mays* L. var. *everta*) representa um segmento de grande importância econômica e social no Brasil, com suas características únicas de expansão dos grãos sob aquecimento, que a tornam um produto de alto valor agregado (SAWAZAKI, 2001). Embora historicamente a produção nacional fosse limitada e considerada uma cultura secundária, os dados mais recentes indicam um crescimento significativo e profissionalização do setor, com a produção atingindo cerca de 382 mil toneladas em safras recentes (IBGE, 2023). Contudo, a produção nacional ainda enfrenta desafios consideráveis, uma vez que não supre totalmente a demanda interna, exigindo importações esporádicas e evidenciando a necessidade de maior tecnificação (MOREIRA, 2021).

Essa evolução do mercado ressalta a urgência de se buscar e implementar tecnologias que otimizem o manejo e elevem a produtividade da cultura no país. Diferente do milho comum, o melhoramento genético do milho-pipoca priorizou historicamente a qualidade de expansão e a textura do pericarpo, o que, em alguns casos, resultou em materiais com maior vulnerabilidade a doenças, como a podridão de espiga, e menor rusticidade (CARLOS, 2024). Portanto, estratégias que fortaleçam a planta desde a germinação tornam-se essenciais para garantir o estande inicial e a sanidade da lavoura.

O cultivo do milho-pipoca requer um manejo agrônomo especializado, em parte devido ao seu sistema radicular, que pode ser menos robusto, e à sua maior sensibilidade a estresses bióticos e abióticos, comparado aos híbridos modernos de milho convencional. Nesse contexto, a qualidade fisiológica das sementes e a adoção de um tratamento inicial adequado são etapas cruciais para o sucesso da lavoura (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2020). A fisiologia vegetal aponta que o vigor inicial é determinante para que a planta suporte as adversidades climáticas comuns no início do ciclo, sendo o desenvolvimento radicular um fator chave para a absorção eficiente de água e nutrientes (ALMEIDA et al., 2020).

Em alinhamento com a crescente demanda por sistemas agrícolas sustentáveis, o mercado de insumos biológicos tem apresentado um crescimento acelerado, consolidando-se como uma ferramenta estratégica para o agronegócio moderno (RIBEIRO; LUSTOSA, 2024). O uso de bioinsumos tem ganhado destaque não apenas pela sustentabilidade, mas como uma alternativa viável técnica e economicamente para reduzir a dependência de insumos químicos sintéticos, cujo custo tem se elevado nas últimas safras (CROP-LIFE BRASIL, 2024).

Dentre as estratégias biotecnológicas mais promissoras, destaca-se a inoculação de sementes com bactérias promotoras de crescimento vegetal, como as do gênero *Azospirillum*, com ênfase na espécie *Azospirillum brasilense*. Esta espécie é amplamente reconhecida por sua capacidade de estabelecer uma associação benéfica com a rizosfera de gramíneas e atuar por meio de mecanismos complexos que incluem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e, principalmente, a produção de fitormônios (PACHECO et al., 2024; COELHO, 2024). A síntese de compostos como auxinas, giberelinas e citocininas pela bactéria estimula a divisão celular e o alongamento das raízes, promovendo um sistema radicular mais denso e profundo (DARTORA et al., 2013).

A importância desse estímulo radicular vai além da nutrição. Estudos indicam que plantas com sistema radicular mais desenvolvido, induzido por *Azospirillum*, apresentam maior tolerância a períodos de déficit hídrico, uma condição cada vez mais frequente nas regiões produtoras (PAIVA et al., 2021). Além disso, a FBN, embora menos expressiva em milho do que em leguminosas, contribui para a nutrição nitrogenada da planta, podendo resultar na manutenção da produtividade mesmo com a redução parcial da adubação nitrogenada mineral (MARTINS et al., 2020; SANGOI et al., 2015).

Embora a aplicação de *Azospirillum brasilense* seja uma prática estabelecida para o milho convencional, com benefícios agrônômicos e ambientais bem documentados em décadas de pesquisa (BARTCHECHEN et al., 2010; HUNGRIA et al., 2010; OKON; LABANDERA-GONZÁLEZ, 1994), sua aplicação específica na cultura do milho-pipoca ainda apresenta

lacunas de conhecimento. A resposta da cultura ao inoculante não é linear e pode variar significativamente, sendo influenciada por uma série de fatores, como a especificidade das estirpes bacterianas (GARCÍA-OLIVARES et al., 2007), o genótipo da cultivar, as condições edafoclimáticas locais e, de forma crítica, a dosagem aplicada (DUARTE et al., 2020).

Essa variabilidade nos resultados, no entanto, não anula os ganhos já observados. Estudos como os de Souza et al. (2020) e Martins et al. (2020) demonstraram que a inoculação de sementes de milho-pipoca com *A. brasilense* pode promover ganhos reais no desenvolvimento inicial das plantas. Contudo, a ausência de um protocolo de dosagem otimizado especificamente para as variedades de pipoca pode comprometer a eficácia da tecnologia e a estabilidade dos resultados em campo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Análise de Sementes localizado na Fazenda Escola do CESCAGE, no município de Ponta Grossa, estado do Paraná, que se encontra nas coordenadas geográficas: latitude de -25.177567, longitude de -50.114753 e altitude de 817 metros. Foram utilizadas sementes da cultivar BRSeeds IAC 125, híbrido de milho-pipoca do tipo top cross (HS x V), selecionado por seu desempenho agrônomo e características comerciais favoráveis.

Foram separados 5 kg de sementes deste lote, que passaram por um processo de homogeneização e, em seguida, foram divididos em 5 porções de pesos iguais (1 quilo cada), as quais foram submetidas separadamente ao tratamento com o inóculo bacteriano *Azospirillum brasilense* nas doses estabelecidas nesta pesquisa. O produto comercial utilizado foi o Solunat L-Brasiliense, da marca comercial Bionat, contendo cepas da referida bactéria. Trata-se de um micro-organismo promotor de crescimento de planta. Possui concentração de 2×10^8 UFC/mL, sendo veiculado em forma líquida. A recomendação indicada pelo fabricante do referido produto para o milho convencional é de 100 mL do produto para cada 50 kg de sementes, que corresponde a 2 mL para cada quilo de sementes de milho convencional. Com base nesta recomendação, estabeleceu-se as dosagens desta pesquisa, a qual os tratamentos, a saber: 0 (testemunha), 1, 2, 3 e 4 mL de *Azospirillum brasilense* por quilograma de semente. A definição dessas dosagens visou avaliar o efeito de concentrações crescentes do agente biológico sobre a qualidade das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas.

A aplicação do produto foi realizada diretamente sobre as sementes. Para isso, tinham-se cinco sacos plásticos, cada um, contendo uma amostra de um quilo de sementes. O produto foi cuidadosamente misturado as sementes até a uniformização do tratamento. Posteriormente a aplicação do produto, tinham-se cinco tratamentos estabelecidos.

O procedimento estatístico adotado neste trabalho foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), escolhido devido às condições homogêneas e controladas do ambiente experimental, com cinco tratamentos, compreendendo as seguintes doses de inoculante *Azospirillum brasilense* por quilo de sementes: 1, 2, 3, e 4 mL, além do tratamento testemunha (sem *Azospirillum brasilense*), e quatro repetições por tratamento. Os dados obtidos na determinação do grau de umidade não foram submetidos a análise estatística e as demais variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas por meio de regressão polinomial, utilizada para avaliar a tendência de resposta às doses quantitativas. Foi empregado o programa de análise estatística RStudio, para análise dos dados.

Abaixo segue a descrição dos testes aos quais as sementes foram analisadas neste experimento:

a) Teste de germinação: foi conduzido conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2025), utilizando quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram dispostas em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram mantidos em câmara de germinação a 25 °C, em condições constantes de luz. A contagem final foi realizada no oitavo dia após a semeadura, considerando-se como plântulas normais aquelas que apresentaram todos

os órgãos essenciais desenvolvidos e sem danos. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais.

b) Porcentagem de emergência de plântulas: A semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo areia lavada como substrato, previamente esterilizada e umedecida. As bandejas permaneceram em ambiente com temperatura ambiente, e as irrigações foram feitas a cada três dias, utilizando-se água destilada. O ambiente experimental foi monitorado periodicamente para garantir condições homogêneas durante o período de germinação. No 14º dia após a semeadura, foi realizada a contagem das plântulas normais emergidas, com o objetivo de determinar a porcentagem de emergência. Os dados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

c) Comprimento de plântulas: foram selecionadas ao acaso 10 plântulas normais por repetição. Com o auxílio de uma régua milimetrada, foi medido o comprimento da parte aérea (do colo ao ápice da primeira folha) e do sistema radicular (do colo à extremidade da raiz principal). Os valores foram expressos em centímetros, e a média foi utilizada para comparação entre os tratamentos (NAKAGAWA, 1999).

d) Massa fresca: dez plântulas normais por repetição foram acondicionadas em envelopes de papel kraft previamente pesados. Em seguida, os envelopes foram pesados novamente em balança analítica com precisão de 0,01 g. A diferença entre os pesos forneceu a massa fresca das plântulas, que foi expressa em gramas, conforme metodologia descrita por Vieira e Carvalho (1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Figura 1 referem-se ao teste de germinação (Figura 1A) e ao teste de emergência de plântulas (Figura 1B) na qual avaliou-se o efeito de diferentes doses de *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes de milho-pipoca, cultivar BRSeeds IAC 125.

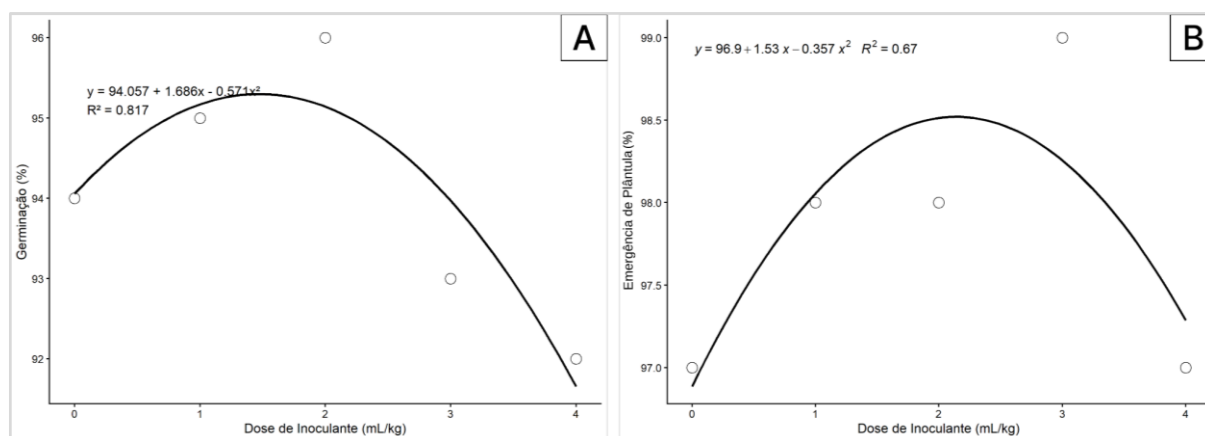


Figura 1 – Porcentagem de germinação em rolo de papel germitest (A) e porcentagem de emergência em bandejas com substrato de solo e areia (B) de plântulas normais de milho-pipoca, submetidas a diferentes doses de *Azospirillum brasilense*.

No teste de germinação em papel (Figura 1A), os dados se ajustaram a um modelo de regressão polinomial quadrático ($R^2 = 0.817$). Observa-se que a germinação foi estimulada em doses baixas, atingindo um ponto de máximo próximo da dose de 1,5 mL/kg, e em seguida decresceu em doses mais elevadas (3 e 4 mL/kg).

No teste de emergência em papel (Figura 1A), os dados se ajustaram a um modelo de regressão polinomial quadrático ($R^2 = 0.817$). Observa-se que a germinação foi estimulada em doses baixas, atingindo um ponto de máximo próximo da dose de 1,5 mL/kg, e em seguida decresceu em doses mais elevadas (3 e 4 mL/kg). Este comportamento pode ser atribuído à

indução da produção de fitormônios por parte da planta pela bactéria, como o ácido indolacético (AIA), giberelinas e citocininas (OKON; LABANDERA-GONZÁLEZ, 1994). Embora essas substâncias promovam o crescimento, o excesso de hormônios causado por doses elevadas de inoculante pode gerar um desequilíbrio fisiológico, inibindo processos de divisão celular ou alongamento logo após a protrusão da raiz primária, o que reflete em uma leve queda na porcentagem de plântulas consideradas normais no tempo avaliado (GARCÍA-OLIVARES ET AL., 2007).

A Figura 1B apresenta os resultados da porcentagem de emergência de plântulas de milho-pipoca, a qual também se ajustou a um modelo quadrático ($R^2 = 0.67$). Neste teste, que simula condições mais próximas do campo, o ponto de máximo desempenho ocorreu em uma dose superior, próximo de 2,1 mL/kg, com um declínio observado na dose mais alta (4 mL/kg).

Ao analisar os dados dos gráficos da Figura 1 em conjunto, observa-se que as doses de *Azospirillum brasilense* tiveram um efeito significativo, diferentemente do que se poderia supor inicialmente. O *Azospirillum brasilense* é uma bactéria promotora de crescimento vegetal (BPCV), e sua ação via produção de fitormônios pode explicar essa dose-resposta (PACHECO et al., 2024). Um ponto relevante destacado por estes resultados é a existência de um ponto ótimo de dosagem. Enquanto a dose recomendada (2 mL/kg) se mostrou a mais adequada, as doses mais elevadas (3 e 4 mL/kg) causaram um efeito reduzido, tanto na germinação (Figura 1A) quanto na emergência (Figura 1B). Isso sugere que o excesso de inoculante pode ter um leve efeito inibitório inicial, reforçando a hipótese do desequilíbrio hormonal (DARTORA et al., 2013).

Diferentemente do observado para a germinação, o vigor das plântulas foi significativamente influenciado pelas doses de *Azospirillum brasilense* em ambos os ambientes. Na Figura 2, são apresentados os resultados comparativos entre o teste em bandeja (simulando estresse/campo) e o teste em papel (condições controladas).

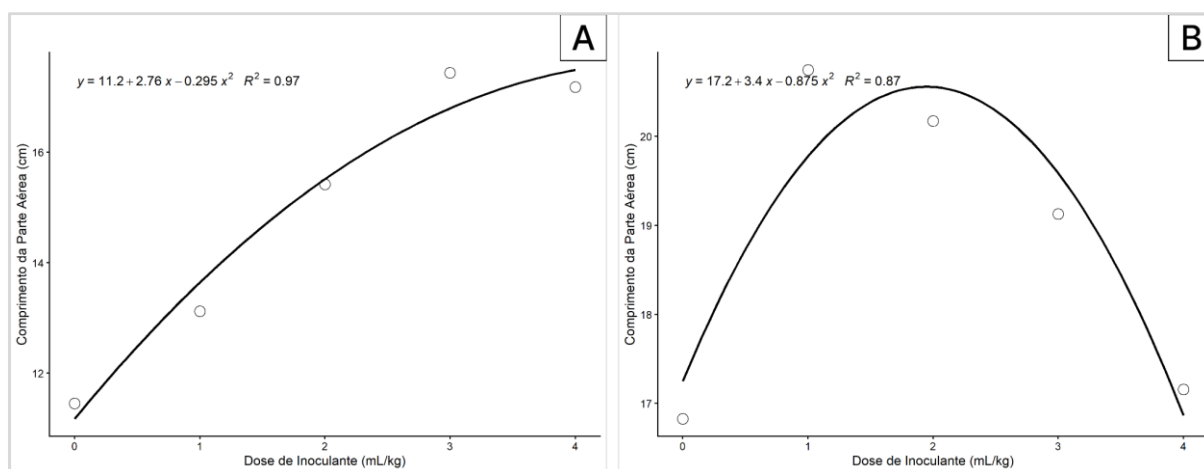


Figura 2 – Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de milho-pipoca em papel germitest (A) e em bandeja com solo e areia (B), em função de doses de *Azospirillum brasilense*.

O comprimento da parte aérea no teste em bandeja (Figura 2B) demonstrou um padrão claro de regressão quadrática ($R^2 = 0.87$), onde o crescimento foi estimulado pelas doses iniciais, atingiu um ponto máximo próximo de 2 mL/kg e, em seguida, decresceu nas doses mais altas. Tal comportamento é atribuído à produção bacteriana de fitormônios, como auxinas e giberelinas, que estimulam o desenvolvimento vegetal em níveis adequados. Contudo, o excesso de inóculo pode elevar essas substâncias a concentrações supraótimas, causando desequilíbrio hormonal e limitando o crescimento (OKON; LABANDERA-GONZÁLEZ, 1994).

No teste de germinação em papel (Figura 2A), verificou-se um ajuste quadrático ($R^2 = 0.97$) sem um ponto de máximo definido dentro das doses testadas, sugerindo crescimento

contínuo neste intervalo. Diferentemente da emergência em bandeja (Figura 1B), a curva não atingiu um ponto de máximo, indicando que, nestas condições ideais de laboratório, o ótimo estaria na dose de 4 mL/kg ou acima. Esse comportamento em ambiente controlado pode ser atribuído à produção de fitormônios pela bactéria, especialmente giberelinas e auxinas, que atuam diretamente no alongamento e divisão celular. Em condições ideais de disponibilidade hídrica e ausência de impedimento físico, a planta apresenta maior capacidade de responder positivamente a níveis mais elevados desses estimulantes (ALMEIDA et al., 2020; OKON; LABANDERA-GONZÁLEZ, 1994).

A produção desses fitormônios desempenha um papel crucial vegetativo no desenvolvimento da planta, pois induz o aumento da biomassa e da superfície específica do sistema radicular (HUNGRIA et al., 2010). Para a planta em associação, essa modificação morfológica é estratégica, uma vez que as raízes se desenvolvem mais e exploram um volume maior de solo, o que não apenas potencializa a absorção de água e nutrientes essenciais, mas reduz a dependência de fertilizantes sintéticos, e também confere maior tolerância a estresses ambientais, como a deficiência hídrica (PAIVA et al., 2021; MARTINS et al., 2020).

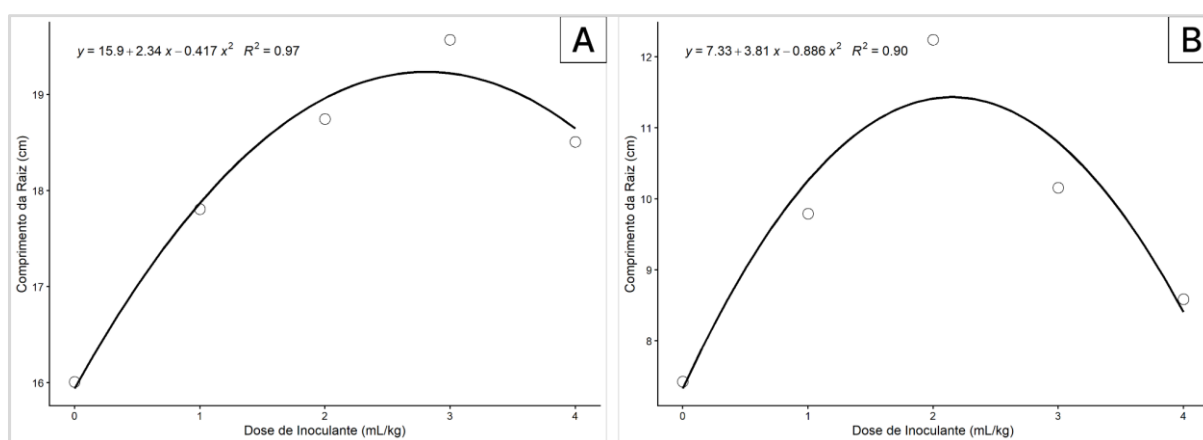


Figura 3 – Comprimento da raiz (cm) de plântulas de milho-pipoca em papel germitest (A) e em bandeja com solo e areia (B), em função de doses de *Azospirillum brasilense*.

Para o comprimento do sistema radicular em bandeja (Figura 3B), observou-se comportamento quadrático ($R^2 = 0.90$), indicando um ponto de máximo desenvolvimento próximo da dose de 2 mL/kg. Esse desenvolvimento vigoroso da raiz é crucial para o estabelecimento da cultura, especialmente em condições de estresse ou baixa fertilidade (PAIVA et al., 2021).

Ao analisar o comprimento da raiz no teste em papel (Figura 3A), observou-se também um ajuste quadrático ($R^2 = 0.97$), porém com ponto de máxima eficiência deslocado para doses entre 2,7 e 2,8 mL/kg. O estímulo no crescimento radicular é um dos efeitos mais documentados do *Azospirillum*, resultando em uma maior capacidade da planta de explorar o solo em busca de água e minerais (HUNGRIA et al., 2010).

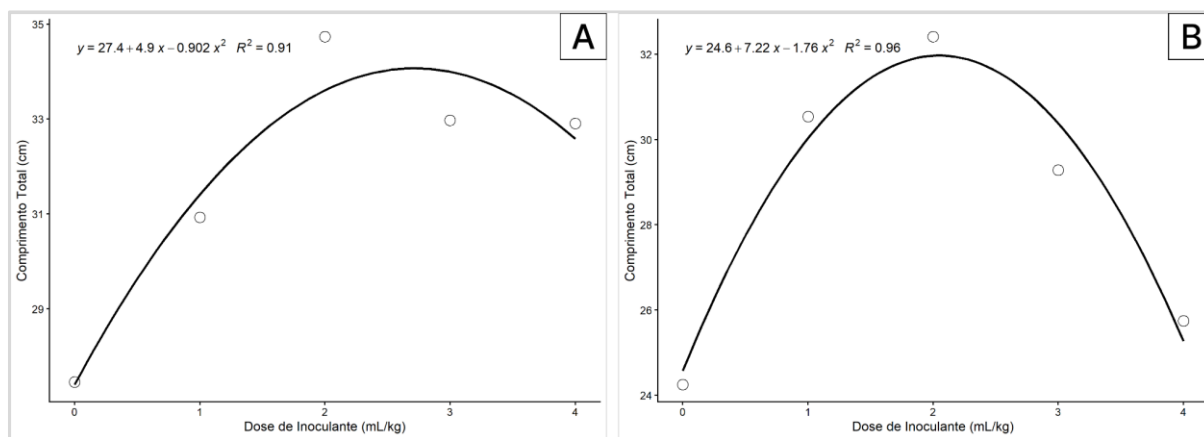


Figura 4 – Comprimento total (cm) de plântulas de milho-pipoca em papel germitest (A) e em bandeja com solo e areia (B), em função de doses de *Azospirillum brasilense*.

Como reflexo do crescimento da parte aérea e da raiz, o comprimento total da plântula em bandeja (Figura 4B) seguiu o mesmo padrão, com um ajuste quadrático de alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0.96$) e um vértice da parábola muito próximo da dose de 2 mL/kg. Seguindo a tendência dos componentes, o comprimento total no teste em papel (Figura 4B) apresentou ajuste quadrático ($R^2 = 0.91$) com máximo desempenho próximo a 2,8 mL/kg. Resultados positivos no desenvolvimento inicial de plântulas inoculadas, mesmo sob diferentes condições de manejo, reforçam o potencial da bactéria em promover o crescimento vegetal e mitigar estresses (SANGOI et al., 2015).

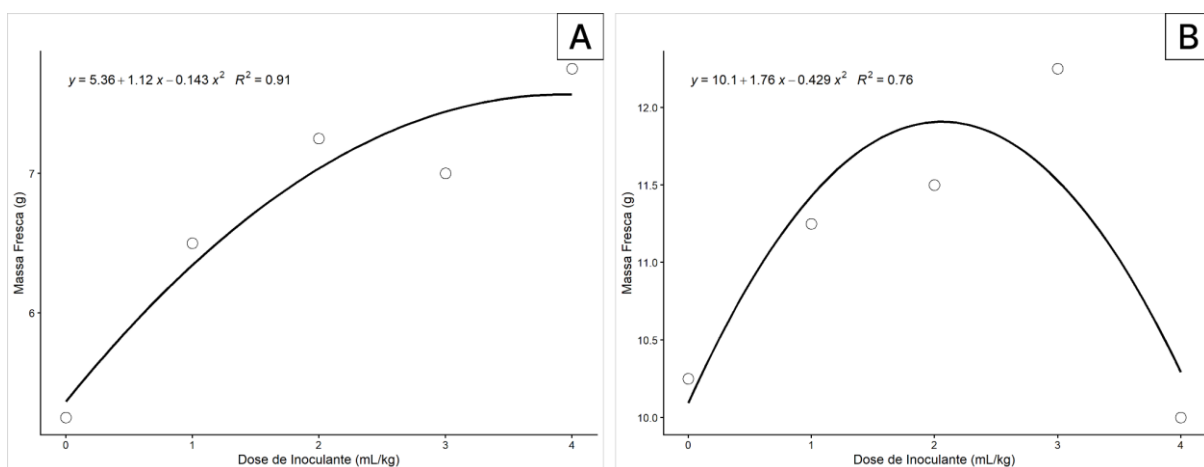


Figura 5 – Massa fresca (g) de plântulas de milho-pipoca em papel germitest (A) e em bandeja com solo e areia (B), em função de doses de *Azospirillum brasilense*.

A Figura 5B apresenta os resultados referentes à massa fresca obtidas no teste em bandeja. A análise demonstrou um ajuste ao modelo quadrático ($R^2 = 0.76$), corroborando a tendência de maior vigor na dose de 2 mL/kg. O maior acúmulo de biomassa fresca em plantas inoculadas é frequentemente associado à capacidade do *Azospirillum* de estimular o desenvolvimento radicular e, consequentemente, a absorção de água e nutrientes (DARTORA et al., 2013).

Por fim, a Figura 5A demonstra os resultados de massa fresca obtidos no teste em papel. A variável apresentou ajuste quadrático ($R^2 = 0.91$) sem ponto de máximo evidente nas doses testadas. Assim como a parte aérea (Figura 2B), a massa fresca em papel indicou que, em condições ideais, doses mais altas (4 mL/kg ou mais) poderiam continuar a promover o acúmulo de biomassa.

Essa diferença entre os testes (bandeja versus papel germitest) é metodologicamente muito relevante. A viabilidade das sementes obtidas pelo teste utilizando papel (Figuras 2A,

3A, 4A e 5A) foi mantida em condições ideais de laboratório. Já os testes em bandeja (Figuras 2B, 3B, 4B e 5B) foram conduzidos em ambiente natural, com substrato de solo e areia, sujeitos a adversidades climáticas. O fato de o efeito inibitório das doses altas (3 e 4 mL/kg) ter sido mais pronunciado na bandeja, e o pico de desempenho ter se firmado em 2 mL/kg, reforça a conclusão de que esta é a dose mais segura e eficaz para o estabelecimento da cultura em condições de campo, que são mais desafiadoras.

A resposta quadrática observada no vigor das plântulas encontra respaldo na fisiologia do *Azospirillum brasilense*. Sabe-se que a bactéria produz fitormônios, principalmente do grupo das auxinas (GARCÍA-OLIVARES et al., 2007). Em concentrações ótimas, as auxinas estimulam intensamente a elongação celular e a formação de raízes; contudo, em concentrações supraótimas (excessivas), podem ter o efeito inverso, tornando-se inibitórias ao desenvolvimento radicular e, por consequência, prejudicando o crescimento de toda a plântula, um efeito que pode ser acentuado sob condições de estresse ambiental (ALMEIDA, 2020).

Por meio destes resultados é evidente que a dose de 2 mL/kg, que proporcionou o maior vigor inicial mesmo sob as flutuações de um ambiente natural e em substrato com solo, coincide exatamente com a recomendação técnica do produto comercial (Solunat L-Brasiliense) utilizada como referência para o milho convencional. Isso sugere que, para a cultivar de milho-pipoca IAC 125, a dose padrão recomendada para milho comum também é a ideal para maximizar o desenvolvimento inicial. Estes resultados corroboram os achados de Souza et al. (2020) e Martins et al. (2020), que também demonstraram que a inoculação com *A. brasilense* promoveu ganhos no desenvolvimento inicial de milho-pipoca.

A principal limitação deste estudo reside na condução em bandejas, cujas condições de volume de solo e interação radicular diferem de uma lavoura comercial (SANGOI, 2015). Portanto, embora os resultados indiquem fortemente que 2 mL/kg é a dose recomendada para a cultivar IAC 125, sugere-se a validação futura desses resultados em experimentos em campo, avaliando também os componentes de produção e a produtividade final.

CONCLUSÃO

A viabilidade das sementes é prejudicada pela inoculação, uma vez que a germinação e a emergência de plântulas de milho pipoca não foram influenciadas estatisticamente pelas diferentes dosagens do inoculante *Azospirillum brasilense*.

Entretanto, o vigor das plântulas, avaliado pelo comprimento e massa fresca, foi significativamente afetado pelos tratamentos, apresentando resposta quadrática. Verificou-se que doses superiores, especificamente 3 mL/kg e 4 mL/kg, resultaram em variações no crescimento quando comparadas ao ponto ideal.

A dose de 2 mL/kg do inoculante proporcionou o ponto de máximo desenvolvimento vegetativo e acúmulo de biomassa fresca. Portanto, esta dosagem demonstra ser a mais recomendada para maximizar o vigor no estabelecimento inicial da cultura do milho pipoca, coincidindo com a dose padrão agrônômica já utilizada comercialmente para o milho convencional.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T.; OLIVEIRA, E. R.; SANTOS, J. M. S.; PEIXOTO, M. F. S. P.; POELKING, V. G. C. **Princípios de Fisiologia Vegetal**. 1. ed. Rio de Janeiro: Pod Editora, 2020. 256 p. v. 1.
- BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays L.*). **Revista Campo Digital**, v. 5, n. 1, p. 56-59, 2010.
- CARLOS, M. C. **Análise combinatória de linhagens de milho-pipoca visando a resistência**

à **podridão de espiga**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2024.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; RINALDI, D. A.; LIMA, V. E. N. **Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 13, n. 1, p. 45-52, 2020.

COELHO, L. G. F. **Inoculação e co-inoculação de *Azospirillum brasilense* com *Rhizobium tropici* no desenvolvimento de plantas de feijão-caupi**. Universidade de Brasília, Brasília, 2024.

CROP-LIFE BRASIL. **Mercado de bioinsumos cresceu 15% na safra 2023/2024**. 2024.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; PINTO JÚNIOR, A. S.; MAGALHÃES CUZ, L.; MENSCH, R. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 12, n. 3, p. 175–181, 2013.

DUARTE, J. P.; RUFF, O. J.; SANTOS, C. L. R. **Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* sob doses de nitrogênio em solo arenoso**. ResearchGate, 2020.

GARCÍA-OLIVARES, J. G.; MORENO-MEDINA, V. R.; RODRÍGUEZ-LUNA, I. C.; MENDOZA-HERRERA, A.; MAYEK-PÉREZ, N. Efecto De Cepas De *Azospirillum* *Brasilense* En El Crecimiento Y Rendimiento De Grano Del Maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, v. 30, n. 3, p. 305 – 310, 2007.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. e PEDROSA, F. O. **Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil**. *Plant and Soil*, 331, 413-425, 2010.

BRASIL. **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Rio de Janeiro, 2023.

MARTINS, T. G.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; LUZ, L. N.; MARCO, C. A.; VÁSQUEZ, E. M. F. Eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* na economia de fertilizantes nitrogenados em milho pipoca crioulo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 19, n. 3, p. 234-245, 2020.

MOREIRA, G. A. S. **Análise combinatória de linhagens de milho-pipoca visando a resistência à podridão de espiga**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2021.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZÁLEZ, C. **Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation**. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

PACHECO, D. S.; GIACOMIN, E. L.; CAMPOS, T. K.; BARRETO, C. F.; UBESSI, C.; SILVEIRA, D. C. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense*. **RAMVI - Revista de Agronomia e Medicina Veterinária IDEAU**, v. 11, n. 2, 2024.

PAIVA, A. P. L.; MAGALHÃES, P. C.; CARVALHO, L. P.; JALES, H. F.; GOMES JUNIOR, C. C.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. M. ***Azospirillum brasilense* para mitigação do estresse hídrico no sorgo BRS 332 submetido a diferentes doses de nitrogênio**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 224, 2021.

RIBEIRO, J.; LUSTOSA, G. **Entre "comoditização" e consolidação, mercado de bioinsumos vive as dores do crescimento rápido.** AgFeed, 2024.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M.; MOTA, M. R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p.1141-1150, 2015.

SAWAZAKI, E. **Milho Pipoca.** VI Seminário Milho Safrinha. Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Londrina, 2001.

SOUZA, R. F.; SOUZA, Y. P.; CARLOS, M. C.; SALUCI, J. C. G.; FRANCELINO, H. O.; ALMEIDA, R. N.; SILVEIRA, S. F. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento inicial de linhagens de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 6, n. 2, p. 145-153, 2020.