

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA**

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO MILHO
ASSOCIADA A DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA**

Juracy Alves Martins Silva Junior

**ANÁPOLIS-GO
2020**

JURACY ALVES MARTINS SILVA JUNIOR

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO MILHO
ASSOCIADA A DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis-UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Nutrição de Plantas

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Fabiana Alves Rezende

**ANÁPOLIS-GO
2020**

Silva Junior, Juracy Alves Martins

Inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho associada a diferentes doses de adubação nitrogenada / Juracy Alves Martins Silva Junior. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2020.

Número de páginas: 25

Orientadora Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Fabiana Alves Rezende

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2020.

1. bactérias diazotróficas, 2. nitrogênio, 3.FBN I. Juracy Alves Martins Silva Junior. II. Inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho associada a diferentes doses de adubação nitrogenada

CDU 504

JURACY ALVES MARTINS SILVA JUNIOR

INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO MILHO ASSOCIADA A DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Monografia apresentada ao Centro
Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Nutrição de Plantas

Aprovada em: 19 de junho de 2020.

Banca examinadora



Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Fabiana Alves Rezende
UniEvangélica
Presidente



Prof. Elson de Jesus Antunes Júnior
UniEvangélica



Prof. Me. Igor Leonardo Vespucci
UniEvangélica

Dedico esse trabalho a Deus...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter me dado o privilégio de estudar em uma ótima instituição de ensino como a UniEvangélica, de me guardar todos os dias na estrada na ida e na volta da minha cidade para Anápolis, e de ter me dado saúde e força para associar estudo e trabalho ao mesmo tempo.

Agradeço também todas as pessoas que estiveram comigo nessa etapa da minha vida, toda minha família mãe pai e irmãos que por muitas das vezes tiveram que disponibilizar um tempo para assistir minhas apresentações de trabalhos antes de eu apresentar na faculdade para que com isso eu perdesse o medo de falar em público e me acostumar com a plateia, agradeço a meu amigo Pedro Henrique, que não mediu esforços nos momentos que precisei dele.

Agradeço também todos os profissionais envolvidos em minha formação, todos os professores que sempre contribuiu não só para minha formação acadêmica mais também minha formação de ética e postura como profissional. Agradeço a professora Dr^a Cláudia por ter paciência comigo e ser minha orientadora nesse trabalho.

Então disse Deus: "Cubra-se a terra de vegetação: plantas que deem sementes e árvores cujos frutos produzam sementes de acordo com as suas espécies". E assim foi...

Gênesis 1:11

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. A CULTURA DO MILHO.....	12
2.2. ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	Erro! Indicador não definido.
2.3. BACTERIAS FIXADORAS DE NITROGENIO	Erro! Indicador não definido.
2.4. INOCULAÇÃO COM <i>Azospirillum brasilense</i> NA CULTURA DO MILHO	Erro!
Indicador não definido.	
3. MATERIAL E MÉTODOS	Erro! Indicador não definido.7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO.....	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

RESUMO

Embora a adubação química nitrogenada seja responsável pelo aumento da produtividade da cultura do milho, sua aplicação também é responsável pelo aumento do custo de produção e por promover uma série de riscos ambientais. Uma alternativa para esse problema é a fixação biológica de nitrogênio. Este trabalho tem como objetivo a avaliação da eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho associada a diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. O experimento foi realizado na área experimental da UniEvangélica, com os tratamentos: (1) Testemunha com adubação de 300kg de ureia em cobertura (100%) ; (2) inoculação+255kg de ureia em cobertura (85%); (3) inoculação +255kg de ureia em cobertura (85%) e aplicação de *Azospirillum brasilense*; (4) inoculação+300 kg de ureia em cobertura (100%). Foram avaliados o diâmetro do colmo; altura de planta. a cada 15 dias. Na fase de grão pastoso foram mensuradas 10 plantas por parcela para determinação do diâmetro de colmo, altura de plantas e da altura de inserção da espiga. Para a avaliação dos dados se aplicou o teste de médias de Tukey, utilizando-se programa estatístico Sisvar, versão 5.6. De acordo com os resultados obtidos, nas condições desse experimento, a inoculação com *A. brasilense* não teve resultados significativos na manutenção da produtividade com a diminuição da adubação nitrogenada, tendo demonstrado uma diminuição significativa em relação ao tratamento não inoc + 100% adubo.

Palavras-chave: bactérias diazotróficas, nitrogênio, FBN.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L*) é um dos cereais mais importantes do mundo, sendo utilizado na alimentação animal e alimentação humana, e recentemente a Europa e os Estados Unidos têm incentivado seu uso para produção de biocombustíveis, embora muitas comidas típicas no Brasil serem preparadas com o milho, uma pequena parte do milho produzido é destinada a alimentação humana (MENDENGALO, 2015). De acordo com a Conab (2018) cerca de quase 100 milhões t foram produzidos e grande parte é destinada a alimentação animal.

O mercado do milho mudou muito nos últimos seis anos, nesse período o milho passou a ser uma commodity exportável. O consumo mundial do milho teve um aumento significativo de 13,41% para a alimentação animal, por razão de uma melhora na economia de alguns países como a China e Índia (CONAB, 2018). Para que a produtividade do milho siga esse crescimento de consumo, alguns fatores devem ser avaliados como, a nutrição de plantas (MARTIN et al., 2013).

Dentre os nutrientes mais importantes para a cultura do milho o nitrogênio (N) é um dos mais difíceis de manejar, devido à dificuldade das avaliações na sua oferta no solo e os riscos de perdas por evaporação e lixiviação, com isso sua aplicação deve ser feita em doses parceladas nos momentos cruciais da cultura (CANTARELLA, 2014). De acordo com Coelho (2006), para que se obtenha uma elevada produtividade de milho a adubação nitrogenada é indispensável.

Para o plantio em sequeiro a recomendação de adubação de cobertura é de 60 a 100 kg N ha⁻¹, já em plantio irrigado esse valor passa para 120 a 160 kg N ha⁻¹, onde se concentra maior uso de tecnologia. Dentre as alternativas para a diminuição da adubação nitrogenada na cultura do milho, tem-se utilizado a inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas e fixação biológica (SOUZA, 2019).

As bactérias do gênero *Azospirillum*, quando associadas às gramíneas, promovem um maior desenvolvimento da cultura. Entre os benefícios para as plantas estão a sua capacidade de produzir substâncias promotoras de crescimento e a fixação biológica de nitrogênio (FBN). A fixação ocorre através da absorção do N atmosférico (N₂) e a sua disponibilidade as plantas, a inoculação tem como objetivo otimizar a produção e contribuir para diminuir a utilização de fertilizantes nitrogenados, assim contribuindo na diminuição da emissão de gases de efeito estufas (SOUZA, 2019).

Existe uma grande contradição a respeito da eficiência do uso da inoculação de *Azospirillum brasilense* em sementes de milho, Araújo et al. (2014), destaca que a eficiência pode chegar até em 30% em rendimento com uma redução de 15% de adubação nitrogenada. Segundo Pandolfo et al. (2015), o uso da inoculação de *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho não interfere no aumento de rendimento e não altera a altura e massa da planta e da espiga de milho.

Essa variação pode estar associada a diferença entre os genótipos de milho, que podem responder de maneira variada a inoculação. Essas diferenças podem ser pela seleção de genótipos mais eficientes na fixação desse nutriente em algumas cultivar (REIS JUNIOR et al., 2008).

Segundo Hungria (2011), as bactérias endofíticas, que são as bactérias que realizam FBN das gramíneas, como o *Azospirillum*, possuem uma grande diferença em relação as bactérias simbióticas, que realizam FBN nas leguminosas. Essas bactérias excretam somente uma parte do N fixado para a planta associada, com isso ainda há a necessidade de adubação nitrogenada na cultura, porém com uma menor exigência na quantidade da adubação.

Com isso, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação da eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho associada a diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura, a fim de avaliar a porcentagem ideal de redução da adubação na cultura do milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO MILHO

Durante o decorrer da evolução humana o milho teve grande importância histórica, tendo sua origem e domesticação provavelmente na América do norte, onde grãos de pólen fossilizados foram encontrados no México que podem chegar a mais de 60 mil anos, sendo muito valorizado nas civilizações pré-colombianas como Maia, Aimará, Tolteca e Araucana. Nessas civilizações, todo cultivo do milho era marcado por cerimônias religiosas, desde a sua semeadura até a colheita. O milho era utilizado como objeto de decoração das cerimônias e obras de artes (BASTOS,1987).

Nesse período pode se considerar o início do melhoramento do milho, onde se era utilizado o método de seleção massal, que se refere à seleção de grãos com melhor aparência e tamanho para ser replicado novamente. As cultivares utilizadas tem a capacidade de produzir cerca de 50 vezes mais do que os milhos primitivos (BASTOS,1987).

As cultivares de milhos atuais são originadas provavelmente de uma planta chamada teosinto, que por volta de 6.000 anos atrás possuía as espigas menores que 3 cm, com o início da domesticação, seleção e cruzamento, elevou o aumento do tamanho das espigas. Nas comunidades indígenas o milho passou a ter grande importância para o consumo humano (VILAR citado por DONEL, 2018).

Além de sua grande importância econômica tanto no âmbito nacional quanto mundial, o milho contribui como fonte energética, seja na utilização em produção de rações para a alimentação animal quanto na alimentação humana e na produção de biocombustíveis. Além disso, vem sendo estudado nos últimos cinco anos substâncias funcionais capazes de agir na prevenção de doenças cardiovasculares e degenerativas como, por exemplo, alguns tipos de câncer (MENDENGALO, 2015).

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo fechando a safra 2018/19 com quase 100 milhões t de grão produzido, já a expectativa para 2020 é um aumento na demanda para a exportação devido aos problemas na safra americana e também um aumento da demanda interna de 2% do produto. Para minimizar esse problema o aumento de 1 milhão ha será disponibilizado ao cultivo de milho porém tendo um rendimento menor que a safra passada, estima-se que a safra chegue a 99,2 milhões t de milho (CONAB, 2019).

No Brasil o destino da produção de milho pode ser feito por duas vias, em primeiro o consumo e feito na mesma fazenda que e produzido, sendo destinados na produção de rações para a alimentação animal e alimentação humana. Em segundo a produção e destinada ao mercado consumidor, onde é ofertado para as indústrias alimentícias ou indústrias de proteínas animal, sendo essas indústrias nacionais ou internacionais (DUARTE et al., 2016).

Para que tenha uma produtividade crescendo juntamente com a demanda do milho, nos últimos 10 anos a cultura passou por diversas adaptações e agregações de tecnologia. Estando em um constante crescimento, cerca de 5% ao ano o milho aumentou sua produtividade em mais de 200% nos últimos anos, isso graças as novas tecnologias como, por exemplo, programas de melhoramento como a tecnologia Bt. Como consequência atualmente o milho experimenta um novo patamar de produtividade com altas taxas de produtividade, porem esse crescimento não é uniforme no pais e com isso a necessidade de crescimento dessa tecnologia (PEIXOTO, 2014).

O milho e uma cultura de fácil adaptação em diferentes tipos de solos, em condições de adubação adequada para a cultura, a mesma responde de forma semelhante nos diferentes tipos de solo. Já um fator limitante na produção de milho são as condições ambientais, influenciando diretamente quando o estresse hídrico coincide com a indução floral, comprometendo a produção (CARMO et al., 2017).

Segundo Bruna (2019), o cultivo de milho é bastante influenciado pelas condições climáticas, principalmente em safrinha. Com isso a irrigação e uma opção que esta sendo bastante atrativa para os produtores, sendo por aspersão, gotejo ou pivô central. Embora o milho seja uma cultura bastante adaptativa, ocorrendo uma estiagem prolongada antes da polinização da cultura, pode ocasionar perca de até 50% na produtividade.

2.2. ADUBAÇÃO NITROGENADA

Com o crescimento da demanda de milho no mercado, aliado a questão ambiental voltada a preservação das áreas de matas nativas, cresce também a pressão pelo aumento da produtividade, sem que, no entanto, haja o aumento de área plantada. Para se obter altas produtividades de milho é preciso conhecer a fisiologia, a fenologia e os manejos relacionados à planta. Entre os manejos, a adubação nitrogenada esta relacionada diretamente com a produtividade, a quantidade adequada do mineral para a planta nos momentos crucias da cultura

ocasiona surpreendentes resultados, se não houver outros limitantes. A oferta desse mineral no solo esta relacionado a diversos fatores bióticos e abióticos (MARTIN et al., 2013).

Segundo Araújo (2014), as diferentes dosagens de adubação nitrogenada na cultura do milho, altera a quantidade total de nitrogênio nos grãos e na massa de matéria seca da parte aérea da planta, sendo assim diminuindo a produtividade. Uma das praticas utilizadas para a diminuição da adubação nitrogenada é a rotação de cultura, que por sua vez auxilia nas condições físicas do solo, proporcionando o crescimento da raiz e melhor uso do nitrogênio do solo. A soja e uma das culturas utilizadas como rotação com a cultura do milho, trazendo resultados, porem não diminuindo significativamente a quantidade da adubação química.

Embora a adubação nitrogenada seja um dos grandes fatores responsáveis pelo incremento da produtividade, constitui também um dos principais fatores que oneram os custos da produção, devido aos elevados custos de aquisição, transporte ate a propriedade e a necessidade do parcelamento da aplicação em, pelo menos, semeadura e cobertura (MATOSO et al., 2012). Além de onerar os custos de produção, a adubação nitrogenada utilizada em solos tropicais tem como consequência um alto custo ambiental. O uso do nitrogênio na adubação das culturas representa um processo altamente poluente e um dos principais contaminadores dos recursos hídricos (PELEGRIN et al., 2009).

Um método que esta sendo estudado para diminuir a adubação nitrogenada e assim diminuir a poluição é a fixação biologia, a associação com bactérias capazes de fixa o nitrogênio da atmosfera no solo com por exemplo o *Azospirillum* (BÁRBARO et al., 2008).

2.3. BACTERIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO

As bactérias promotoras de crescimento de plantas, como por exemplo *Azospirillum*, fazem parte de um grupo de microrganismos que trazem benefícios para as plantas, pois esses organismos possuem a capacidade de colonizar superfícies radiculares da rizosfera e da filiosfera, bem como tecidos do interior da planta As bactérias promotoras de crescimento de plantas BPCP podem beneficiar as plantas de diversas maneiras, sendo uma delas, a FBN (HUNGRIA, 2011).

Sendo um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, o nitrogênio em sua quantidade inapropriada, pode ser fator limitante para a produção. Embora o nitrogênio esteja presente em grandes quantidades na atmosfera, este se apresenta em uma forma inadequada para grande parte dos seres vivos utiliza-lo como nutriente, pois na atmosfera o nitrogênio esta em sua forma

de N₂, fórmula com tripla ligação entre os dois átomos, impossibilitando a maioria dos seres vivos de utilizá-lo. A transformação do N₂ em NH₃ fórmula prontamente assimilável para as plantas e chamada de fixação, e pode ser realizada de forma biológica através de algumas bactérias diazotróficas (XAVIER et al., 2017).

Entre outros gêneros de bactérias fixadoras de nitrogênio para as gramíneas, o *Azospirillum* e o mais estudado, primeiramente a espécie *Spirillum lipoferum* foi descrita por Beijerinck, e em 1978 foi reclassificada como *Azospirillum* com duas espécies, *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA, 2011). Estudos mostram que essas bactérias inoculadas com sementes de milho pode trazer uma diminuição de 25% na adubação nitrogenada (FARIA et al., 2018) e de até 15% cultura do milho verde (ARAÚJO et al., 2014).

2.4. INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO MILHO

Devido o alto crescimento da população mundial, e a alta demanda por alimentos, a agricultura passa por um desafio de aumento de produção, sendo em maior número de área plantada ou novas tecnologias para aumentar a produtividade, com isso incluindo maior uso de insumos. A necessidade de novas tecnologias com o intuito de melhorar a produtividade e também visar a preservação do meio ambiente e explícita, pois, e de grande importância para a humanidade manter os recursos naturais. Pois nas últimas décadas aproximadamente 8,7 bilhões ha foram degradados, entre eles pastagens permanentes e florestas (HUNGRIA et al., 2007).

Entre os nutrientes mais requeridos pelas plantas o nitrogênio se destaca devido sua atuação na composição de ácidos nucleicos e de proteínas, moléculas essenciais para todos os processos biológicos da planta. A disponibilidade desse nutriente no solo é limitado e seu reservatório é presente na matéria orgânica, assim podendo ser esgotado, o clima tropical Brasileiro com suas temperaturas e umidade, pode acelerar a decomposição da matéria orgânica e com isso tendo perda gasosa e por lixiviação de nitrogênio, assim tornando os solos pobres nesse nutriente (HUNGRIA et al., 2007).

Em buscas de alternativas para a manutenção do rendimento da produção do milho e redução no uso de fertilizantes nitrogenados, a inoculação com bactérias diazotróficas, que são capazes de promover a FBN, vem sendo bastante estudado. Nas últimas décadas no Brasil a bactéria *Azospirillum brasilense* é a principal espécie pesquisada para a inoculação do milho (HUNGRIA, 2011).

Na inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em plantas não leguminosas, como exemplo o milho, não há a formação de nódulos nas raízes, como acontece em leguminosas, como no caso da soja. No milho ocorre a colonização da superfície, ou interior da raiz e interior da parte aérea, pelas bactérias diazotróficas que fixam o nitrogênio da atmosfera e liberam para a planta (BÁRBARO et al., 2008).

Segundo Souza (2019), com a inoculação de sementes de milho com a bactéria *Azospirillum brasiliense*, obtém-se o aumento do teor de rendimento, tanto em plantas que não recebem fertilizantes nitrogenados, quanto nas que recebem o nitrogênio na adubação de cobertura. Esse benefício se dá por conta da produção de substâncias promotoras de crescimento, solubilização de fosfatos e o aumento da resistência da planta ao estresse e a fixação biológica de nitrogênio.

De acordo com Quadros et al. (2014), o sucesso da inoculação pode variar devido alguns fatores, entre eles o local pode influenciar devido o tipo de solo e o clima da região, outro fator que também pode influenciar é o genótipo da planta. Com isso deve-se ressaltar a seleção de estirpes adaptadas às condições dos locais de plantio e as cultivares a serem cultivadas, tendo a necessidade de testar-se as estirpes de *Azospirillum* e assim tendo uma seleção das que mais se adaptam às situações de clima e do manejo de culturas, para uma possível recomendação (BÁRBARO et al., 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município Anápolis-GO na área experimental da UniEvangélica, latitude 16° 19' 36" S, longitude 48° 57' 10" W, altitude 1.017m, durante o período de novembro a fevereiro de 2019/2020 (cultivo safra). O clima da região segundo o modelo de Köppen; Geiger é Aw, com precipitação anual média de 1.441 mm.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Figura 1), 33% argila, relevo suave ondulado, apresentando o seguinte perfil de fertilidade segundo a análise de solo (0,0-0,20 m): pH CaCl₂ = 5,2; Ca= 2,9 cmol_c dm⁻³; Mg= 1,3 cmol_c dm⁻³; K = 129 mg dm⁻³; P (Mehl) = 14,3 mg dm⁻³; MO: 3,7%; CTC = 9,4 cmol_c dm⁻³ e V = 48,0%. Foi realizada a calagem com 1,5 t ha⁻¹ e aplicação de adubação de arranque de 400 kg ha⁻¹ na formulação 05-25-15 no plantio de todos os tratamentos.



FIGURA 1 - Coleta de amostra de solo para determinação dos parâmetros químicos, antes da implantação da cultura do milho, Anápolis-GO

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, a cultura utilizada foi o milho, cultivar LG 3040 PRO2. Cada parcela experimental foi composta de cinco linhas de cultivo espaçadas de 0,65 m com 20 m de comprimento totalizando 65 m². Foi utilizado um inoculante comercial contendo estirpes de *Azospirillum brasilense* aplicado no tratamento de sementes (cepas AbV5 e AbV6 [UFPR]), concentração de 2 x 10⁸ UFC ml⁻¹.

Os tratamentos efetuados foram: T1: não inoculado+300 kg ha⁻¹ de ureia (100%); T2: inoculado com *A. brasilense*+255 kg ha⁻¹ de ureia (85%); T3: inoculado com *A. brasilense*+255

kg ha⁻¹ de ureia (85%) e aplicações de *A. brasilense* em cobertura após 14 dias; T4: inoculado com *A. brasilense*+300 kg ha⁻¹ de ureia (100%).

A aplicação do fertilizante foi feita no momento da semeadura do milho com o auxílio de uma semeadora Tatu PST PLUS, com tração mecanizada. O stand utilizado foi de 4,0 plantas m⁻¹, que equivalem a uma população de aproximadamente 66.600 plantas ha⁻¹.

A adubação de cobertura foi realizada no estágio V4, conforme os tratamentos com adubação mineral. Foi realizado o controle de plantas daninhas aos 15 dias após a emergência (DAE) utilizando atrazina (5,0 L ha⁻¹). Devido à excelente sanidade apresentada pela cultura durante todo o seu desenvolvimento, não foram necessárias aplicações fitossanitárias.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: diâmetro do colmo (DC) (mm): na altura de 1,0 cm do solo com um paquímetro; altura de planta (AP) (cm): a partir do solo até a curvatura da última folha com uma régua graduada em cm. Todas as avaliações foram realizadas a cada 15 dias, totalizando quatro avaliações, sendo encerradas no florescimento pleno da cultura.

Na fase de grão pastoso (Figura 2) foram mensuradas 10 plantas por parcela para determinação do diâmetro de colmo (diâmetro do segundo internódio, a partir da base da planta), altura de plantas (medição do colo até a inserção da folha “bandeira”) e da altura de inserção da espiga (medição do colo até a inserção da primeira espiga viável com o colmo).



FIGURA 2 – Experimento na área UniEvangélica Anápolis-GO, plantas de milho na fase de grão pastoso

No ponto de colheita (umidade do grão de 15,5%) foi realizada a avaliação de população final de plantas, onde contou-se o número de plantas e o número de espigas por planta em 10 m lineares; comprimento de espiga (CE) (base ao ápice) (cm); diâmetro de espiga (DE) (porção mediana da espiga) (mm); número de fileiras de grãos (NF) e número de grãos por fileira (NGF) e massa de 1.000 grãos (MMG) (g).

A determinação da produtividade foi realizada pelo método proposto pela Emater-MG, conforme especifica Rodrigues et al. (2005), em que procede a contagem do número de plantas em 10 m lineares e coleta-se três espigas aleatórias para determinação da média do peso dos grãos das três espigas. O procedimento foi repetido dentro do talhão para redução do erro, sendo realizadas quatro repetições por parcela, de forma que foram coletadas três espigas por parcela e 12 espigas por tratamento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando ocorreram diferenças significativas, identificadas pelo teste F ($P < 0,05$), se aplicou o teste de médias de Tukey, utilizando-se programa estatístico Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação as variáveis altura de plantas e diâmetro do colmo, na primeira coleta de dados (Tabela 1), pode se observar que as plantas, em ambos tratamentos, se apresentavam uniformes na altura, mais em relação ao diâmetro do colmo, os tratamentos inoculados apresentavam melhores desempenho.

TABELA 1 – Análise de altura (alt) e diâmetro de colmo (diam) de plantas de milho em diferentes fases da cultura (I - 20; II - 45 e III - 60 dias após a emergência), Anápolis, GO

Tratamentos	alt I		diam I		alt II		diam II		alt III		diam III	
	m		mm		m		mm		m		Mm	
não inoc + 100% adub.	0,36	a*	14,27	b	1,52	b	25,21	ab	2,01	b	27,41	ab
inc + 85% adub.	0,35	a	15,47	a	1,62	a	26,59	b	2,16	a	26,20	ab
inc+85% adub + aplicações	0,35	a	15,85	a	1,60	a	25,80	ab	2,14	ab	25,46	b
inc+100% adub.	0,36	a	15,41	a	1,62	a	26,99	a	2,11	ab	27,69	a
Teste F	0,060	ns	0,000	**	0,000	**	0,019	*	0,018	*	0,012	*
CV(%)	7,42		9,57		7,32		10,43		6,55		12,78	

* médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na segunda coleta de dados, ocorre variação estatística dos tratamentos inoculados para o não inoculado, sobressaindo o tratamento inoc+100% adubo seguido do tratamento inoc +85% adub + aplicações de *Azospirillum*. Na terceira coleta de dados os tratamentos que mais sobressaíram foram inoc+85% adub e inoc +85% adub + aplicações de *Azospirillum* na altura de plantas e o tratamento não inoc+100% adubo e inoc +85% adub no diâmetro de plantas (Tabela 1). Pode-se observar que a diminuição de 15% de adubação nitrogenada na cultura do milho não interferiu na altura de plantas, tendo a inoculação atuada como promotora de crescimento das plantas.

Segundo Gomes et al. (2007), o N está ligado diretamente na divisão celular e o crescimento da planta. Para Souza (2019), a inoculação de milho com as bactérias *Azospirillum brasiliense*, tanto em plantios onde não há o aporte de fertilizantes nitrogenados, quanto nas que recebem o N na adubação de cobertura, resulta na produção de substâncias promotoras de crescimento, solubilização de fosfatos e no aumento da resistência da planta ao estresse e a fixação biológica de nitrogênio.

De acordo com Araújo et al. (2014), a conciliação de adubação nitrogenada e inoculação com *A. brasilense*, expandiu a produtividade de espigas comerciais de milho verde em até 30% com uma redução de 15% na adubação nitrogenada.

Em relação à variável massa seca das plantas, apesar de não ter demonstrado diferença estatísticas entre os tratamentos (Tabela 2), o tratamento inoc +85% adub + aplicações de *Azospirillum* seguido pelo tratamento inoc+100% adub, apresentaram maior acúmulo de matéria seca. Segundo Durães (2007), plantas com maior teor de matéria seca no colmo, podem apresentar maior produtividade. Devido ao maior acúmulo de nutrientes no colmo, o que posteriormente pode ser transportado para o grão.

TABELA 2 – Massa verde e massa seca das plantas de milho na presença e ausência de inoculação e aplicações em cobertura com *A. brasilense* e diferentes doses de nitrogênio em cobertura, Anápolis, GO

Tratamentos	TFV		TFE		TFS		TC		TCE		TCS	
	g		g		g		g		g		g	
não inoc + 100% adub.	221,25	b	45,00	a	10,50	a	443,87	a	71,75	ab	14,37	a
inc + 85% adub.	231,50	ab	45,50	a	10,50	a	451,12	a	56,50	b	11,63	a
inc+85% adub + aplicações	263,25	a	49,25	a	11,12	a	463,50	a	72,00	ab	14,50	a
inc+100% adub.	231,00	ab	46,25	a	10,62	a	489,75	a	77,25	a	15,37	a
Teste F	0,014	*	0,550	ns	0,960	ns	0,540	ns	0,017	*	0,159	ns
CV(%)	17,85		21,80		39,35		23,03		30,30		39,01	

Tratamentos	IF		IFE		IFS		IM		IMS	
	g		g		g		g		g	
não inoc + 100% adub.	337,75	b	201,75	a	33,12	a	9,50	a	4,75	a
inc + 85% adub.	319,75	b	189,25	a	30,37	a	11,00	a	5,50	a
inc+85% adub + aplicações	454,50	a	226,50	a	36,12	a	10,75	a	5,50	a
inc+100% adub.	447,00	a	207,50	a	33,00	a	10,50	a	5,25	a
Teste F	0,000	**	0,780	ns	0,176	ns	0,577	ns	0,819	ns
CV(%)	31,86		21,86		24,36		34,58		54,20	

* médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelos teste de tukey a 5% de probabilidade.

Total de folha verde (TFV), Total de folha na estufa (TFS), Total de folha seca (TFS), Total de colmo (TC), Total de colmo estufa (TCE), Total de colmo seco (TCS).

Em relação ao resultado pode-se observar que, no tratamento não inoc+100% adub, as medias de massa seca são maiores que as do tratamento inoc+85%, e que o aumento da massa seca das plantas acontece a partir do tratamento inoc+85% adub+aplicações de *Azospirillum*.

Embora apresente resultados no crescimento da parte área de plantas de milho, a inoculação com *A. brasilense*, quando relacionadas com a produtividade da cultura, não apresenta resultado significativo (Tabela 3). O tratamento inoc+85% adub apresenta uma redução de produtividade de aproximadamente 21%, quando comparado ao tratamento não

inoc+100% adubo, mostrando que a inoculação para fixação biológica não supre a diminuição de 15% de adubo.

TABELA 3 – Interpretação dos dados da produtividade, sendo comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras (NF), grão por fileira (GF), massa de mil grãos (MMG)

Tratamentos	CE		DE		NF		GF		MMG	
	mm		Mm		-		-		G	
não inoc + 100% adub.	20,17	a*	47,83	a	19,50	a	33,41	a	205,16	A
inc + 85% adub.	20,25	a	45,16	ab	18,66	a	32,16	a	178,50	Ab
inc+85% adub + aplicações	19,41	a	45,16	b	18,66	a	32,66	a	166,83	B
inc+100% adub.	20,08	a	45,41	ab	19,33	a	31,66	a	173,50	Ab
Teste F	0,510	ns	0,017	*	0,109	ns	0,271	ns	0,032	*
CV(%)	10,67		8,50		7,82		9,77		26,02	

Tratamentos	NE10m		NGE		PME		PROD		PROD	
	-		-				kg ha ⁻¹		sc ha ⁻¹	
não inoc + 100% adub.	50,16	a	644,16	a	132,10	a	10.112,25	a	168,54	A
inc + 85% adub.	47,66	a	594,50	a	104,29	b	7.920,24	b	132,00	B
inc+85% adub + aplicações	49,66	a	599,66	a	100,40	b	7.557,60	b	125,96	B
inc+100% adub.	52,66	a	604,16	a	105,21	b	8.406,73	ab	140,11	Ab
Teste F	1,162	ns	0,129	ns	0,010	*	0,010	*	0,010	*
CV(%)	15,20		13,07		26,63		32,47		32,47	

* médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos resultados, massa de mil grãos (MMG) e peso médio de espiga (PME), ocorre diferença estatística, onde o tratamento não inoc + 100% adubo se sobressai aos demais. Embora não se tenha constatado diferença estatística nos demais parâmetros avaliados, como comprimento de espiga (CE), número de fileiras (NF), grão por fileira (GF), número de espigas em 10 metros (NE10M) e número de grão por espigas (NGE).

Como observado nos resultados obtidos na tabela 3, o uso de inoculação com *Azospirillum brasilense* não trouxe benefícios no rendimento de grãos na cultura do milho, como constatado por Sangoi et al. (2014), independente do sistema de manejo e da dose de adubação aplicadas na cultura, a inoculação com *Azospirillum brasilense* não contribuiu para o aumento da produtividade da cultura do milho.

Embora a fixação de N na inoculação com *Azospirillum brasilense* não tenha demonstrado resultados significativos na produtividade de grãos (Tabela 3), pode se observar

uma uniformidade, e até mesmo um incremento, na variável altura de plantas (Tabela 1). Essa uniformidade provavelmente está relacionada à solubilização de nutrientes e produção de fitohormônios por esta espécie microbiana, como por exemplo, auxinas, giberelinas e citocininas, o que demonstra o efeito desta rizobactéria como promotora do crescimento de plantas (PICAZEVICZ, 2017).

A tecnologia de inoculação com *A. brasilense* é uma técnica barata e apresenta um baixo impacto ambiental. Porém, para o aumento da eficiência e assim sua indicação técnica em culturas comerciais, precisa haver uma revisão na metodologia aplicada, levando-se em consideração, entre outros fatores, os genótipos utilizados. São necessários novos estudos com novas estirpes e formulações de inoculantes, que possa aumentar a eficiência da fixação biológica, e assim diminuir a dose de fertilizantes químicos utilizados na cultura do milho (PANDOLF et al 2014).

5. CONCLUSÃO

A inoculação com o *A. brasilense* obteve resultados significativos nas variáveis diâmetro e altura de plantas, o tratamento inc + 85% adubo apresentou diferença estatística na terceira coleta de dados no quesito altura, diâmetro de plantas, comparado com os demais tratamentos. Embora não foi constatado resultado no aumento da produtividade da cultura.

A inoculação com o *A. brasilense* apresentou eficiência, como promotora de crescimento e desenvolvimento vegetativo, mesmo com uma menor adubação nitrogenada, porém, os resultados demonstram um decréscimo na variável produtividade quando comparado com o tratamento não inoculado e 100% de adubação.

De acordo com os resultados obtidos, nas condições desse experimento, a inoculação com *A. brasilense* não teve resultados significativos na manutenção da produtividade com a diminuição da adubação nitrogenada, tendo demonstrado uma diminuição significativa em relação ao tratamento não inoc + 100% adubo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R.M.; ARAÚJO, A.S.F.; NUNES, L.A.P.L.; FIGUEIREDO, M.V.B. **Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio.** 2014.

Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/331/33132415007.pdf>. Acesso em: 07/09/2019.

BÁRBARO, I.M; BRANCALIANO, S.R.; TICELLI, M. **É possível a fixação biológica de nitrogênio no milho?** 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em:

<http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/fixacao/index.htm>. Acesso em: 30/10/2019.

BASTOS, E. **Guia Para O Cultivo Do Milho.** 1987. São Paulo-SP. Ed. Ltda. 1987. 14p.

BRUNA, J. Plantação de milho irrigado: **Saiba qual o melhor método de irrigação, quando compensa irrigar e como obter maior produtividade da lavoura.** 2019. Disponível em:

<https://blog.aegro.com.br/plantacao-de-milho-irrigado/>. Acesso em: 30/10/2019.

CARMO, C. C. S.; SANTOS, J. M.; ALMEIDA, M.P. **Produtividade de milho em diferentes tipos de solos.** 2017. Disponível em:

http://medius.pdl.ifmt.edu.br/media/filer_public/99/f7/99f7c939-425b-4e91-9f8b-01ce79c5441b/produtividade_de_milho_claem.pdf. Acesso em: 30/10/2019

CANTARELLA, A. P. D. H. Nitrogênio em milho: oferta harmônica. **Revista cultivar grandes culturas** n.177, p 06-08, 2014. Disponível em:

<https://www.grupocultivar.com.br/acervo/368>. Acesso em: 07/09/2019.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para o agronegócio**, vol 6. Brasília 2018. Disponível em:

[file:///C:/Users/Suzana/Downloads/PerspectivasZparaZaZAgronegociarioZ-ZV.6ZZ2018-2019%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Suzana/Downloads/PerspectivasZparaZaZAgronegociarioZ-ZV.6ZZ2018-2019%20(1).pdf) Acesso em 07/09/2019.

COELHO, A.M. **Nutrição e Adubação do Milho.** Circular Técnica n.78 Embrapa 2016. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf> Acesso em: 07/09/2019.

DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C.; MIRANDA, R.A. **Cultivo do Milho, Mercado e comercialização.** 2015. Disponível em:

https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8668#topodapagina. Acesso em: 30/10/2019

DONEL, J.F.W. **Influência Do Fenômeno Enos Sobre A Cultura Do Milho No Brasil.** 2018. Disponível em:

<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2369/1/DONEL.pdf>. Acesso em: 30/10/2019.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** EMBRAPA documentos n.325 2011. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29560/1/DOC325.2011.pdf>. Acesso em: 15/09/2019

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro.** Iomdrina, Brasil, Embrapa soja. 80 p. (Embrapa soja. Documentos, 283).2007. Disponível em: <file:///C:/Users/Suzana/Downloads/Documentos-283.pdf>. Acesso em: 30/10/2019

MARTIN, T. N.; CUNHA, S. V.; BULCÃO, F. P. Manejo da adubação nitrogenada no milho. Revista Cultivar grandes culturas n.173, p.36-37, 2013. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/acervo/110>. Acesso em: 07/09/2019.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.18, n.6, p.567–573, 2014 disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270486689_Nodulacao_e_crescimento_do_feijoeiro_em_resposta_a_aplicacao_de_molibdenio_e_inoculante_rizobiano. Acesso em: 07/09/2019.

MENEGALDO, J.G. **A importância do milho na vida das pessoas.** Embrapa Meio-Norte 2015 Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/888767/1/Importanciamilho.pdf>. acesso em: 07/09/2019.

PANDOLFO, C.M.; VOGT, G. A.; BALBINOT JUNIOR³, A.A.; GALLOTTI, G. J.M.; ZOLDAN, S. R. **Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado a doses de nitrogênio em cobertura.** 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1001931/1/Desempenhodemilho inoculado com Azospirillum brasiliense associado a doses de nitrogênio em cobertura.pdf>. Acesso em: 07/09/2019.

PEIXOTO, C.M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução.** 2014. disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-sua-importancia-e-evolucao>. Acesso em: 30/10/2019.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com *rizóbio*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 219 – 226. 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/23.pdf> >. Acesso em: 29/10/2019.

QUADROS, P.D.; ROESCH, L.F.W.; DA SILVA, P.R.F.; VIEIRA, V.M.; ROEHRS, D.D. DE OLIVEIRA CAMARGO, F.A. (2014). Desempenho agrônomico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, vol. 61, n. 2, p. 209-218. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200008>. Acesso em: 03/11/2019.

REIS JUNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. **Inoculação de *azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de**

nitrogênio. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n3/a22v32n3.pdf>. Acesso em: 15/09/2019.

SOUZA, S. **Inoculante reduz uso de nitrogênio em milho e aumenta produtividade em mais de 100%** Embrapa. 2019. disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45031761/inoculante-reduz-uso-de-nitrogenio-em-milho-e-aumenta-produtividade-em-mais-de-100>. Acesso em: 07/09/2019.

XAVIER, G.R. ;ZILLI, J. E. ;MARTINS, L. M. V.;RUMJANEK, N.G.; ALCANTARA, R.M.C.M. **Fixação biológica de nitrogênio**. Embrapa Amazônia Ocidental. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161168/1/SistemaProducaoCaupiCapituloFixacaoBiologicaNitrogenio.pdf>. Acesso em: 07/09/2019.

DURÃES, F.O.M. **Limitações fisiológicas do milho nas condições de plantio nas regiões tropicais baixas**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/limitemilho/index.htm>. Acesso em: 19/4/2020

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 931-938, 2007.

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**, v. 39, p. 1141-1150, 2015.

PICAZEVICZ, A. A. C. **Crescimento Do Milho Em Resposta A *Azospirillum Brasilense*, *Rhizobium Tropicum*, Molibdênio e Nitrogênio**. RIO BRANCO - AC 2017 Disponível em: <http://www2.ufac.br/ppga/menu/dissertacoes/teses/2018/angelita-coutinho.pdf>. Acesso em: 20/04/2020.