

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**AGRONOMIA**

**ASSOCIAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO E  
ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO  
MILHO**

Leonardo Álef de Castro Andrade



Leonardo Álef de Castro Andrade

**ASSOCIAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO E  
ADUBAÇÃO NITROGENADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Juliano Brant  
Albuquerque

Montes Claros  
Julho de 2022

Leonardo Álef de Castro Andrade. Associação de bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no desempenho agronômico do milho

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

---

---

---

---

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, Julho de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

## RESUMO

A cultura do milho é mundialmente importante em virtude de sua diversidade de utilização, extensão da área cultivada e de sua elevada capacidade produtiva. Porém, a produtividade média nacional é considerada baixa. Assim, justifica estudos voltados à melhoria dos sistemas de produção para alcance de maior produtividade e rentabilidade. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência agrônômica de diferentes modos de aplicação do Inoculante misto BA (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) em relação ao Inoculante Comercial Masterfix L Gramíneas® (*Azospirillum*) sobre os componentes de produtividade da cultura do milho. O trabalho foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições e 8 tratamentos: testemunha absoluta (sem N e sem Inoculante); 55 kg ha<sup>-1</sup> de N; 110 kg ha<sup>-1</sup> de N; 55 kg ha<sup>-1</sup> de N + Masterfix L Gramíneas® (100 ml ha<sup>-1</sup>); e quatro combinações de 55 kg ha<sup>-1</sup> de N + Inoculante BA em concentrações crescentes (100, 200 e 300 ml ha<sup>-1</sup>) aplicados no tratamento de sementes e estágio V4 do milho. O modo de aplicação do Inoculante misto BA (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) promoveu efeito nos principais componentes de produtividade da cultura do milho, apresentando produtividade média de 6,1 t ha<sup>-1</sup>. Em relação a produtividade de grãos, o inoculante misto BA tem potencial para substituir parte da adubação química nitrogenada do milho e propiciou rendimento semelhante ao obtido pelo Inoculante Comercial Masterfix L Gramíneas® (*Azospirillum*) usado nas sementes. Os teores de nitrogênio dos grãos e na planta não foram afetados pelos tratamentos, todavia, experimentos em mais localidades ou anos agrícolas diferentes são necessários para melhor elucidação do comportamento do milho submetido aos diferentes manejos de nutrição com nitrogênio.

**Palavras-chave:** *Azospirillum*; *Bradyrhizobium*; rendimento de grãos; *Zea mays*, tecnologia.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Foto de satélite da área experimental .....17
- Figura 2** - Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Montes Claros, Minas Gerais, de 20/02/2017 a 16/06/2017. Dados obtidos na estação meteorológica do INMET na UFMG em Montes Claros, Minas Gerais .....18
- Figura 3** - Fotos ilustrativas da área experimental e preparação dos materiais. (a) Recipientes com os inoculantes utilizados; (b) Uso de seringas descartáveis para inoculação das sementes; (c) Tratamentos com inoculação via sementes; (d) Aplicação do inoculante no respectivo tratamento; (e) Homogeneização do inoculante nas sementes; (f) Sulcos na área experimental.....20
- Figura 4** - Plantio e condução do experimento. (a) Implantação do Experimento; (b) Irrigação após semeadura; (c) Plantas no estágio V2; (d) Aplicação de Herbicida na área experimental.....21
- Figura 5** - Amostras de espigas colhidas antes do processamento nos respectivos tratamentos.....26

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Disposição dos tratamentos .....	16
<b>Tabela 2</b> - Resultado da análise do solo coletado na camada de 0 - 20 cm de profundidade, da área onde foi conduzido o experimento. Dados obtidos no laboratório de fertilidade dos solos da UFMG <sup>(1)</sup> em Montes Claros, Minas Gerais e laboratório de Microbiologia Agrícola da UNESP <sup>(2)</sup> em Jaboticabal, São Paulo .....	17
<b>Tabela 3</b> - Resumo das análises de variância. Altura de planta (AP); Altura de inserção de espigas (AE); Produtividade de grãos (PG); Produtividade de Sacas (Sacas); Número de fileira por espiga (NFE); Número de grãos por fileira (NGE); Massa de mil grãos (MIL); Massa seca de parte aérea (MS); Teor de Nitrogênio na matéria seca da parte aérea (NPA); Teor de Nitrogênio no grão (NG) .....	24
<b>Tabela 4</b> - Resultados médios obtidos a partir da avaliação de Altura de planta (AP); Altura de inserção de espigas (AE); Produtividade de grãos (PG); Massa seca de parte aérea (MS) e Produtividade de Sacas (Sacas) .....	25
<b>Tabela 5</b> - Resultados médios obtidos a partir da análise estatística. Número de fileira por espiga (NFE); Número de grãos por fileira (NGE); Massa de mil grãos (MIL) e Teor de nitrogênio na matéria seca da parte aérea (NPA) e no grão (NG) .....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al - Alumínio

Ca - Cálcio

Cm - centímetro

ha - Hectare

ICA - Instituto de Ciências Agrárias

K - Potássio

Kg - Quilo Grama

m - Metro

Mg - Magnésio

ml - Mililitros

MS - Matéria Seca

N- Nitrogênio

P - Fósforo

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 A cultura do milho .....	12
2.2 O uso de fertilizantes e suas tecnologias para a maior produtividade do milho.....	13
2.3 Bactérias inoculadoras .....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Descrição dos tratamentos e área experimental.....	16
3.2 Condução do experimento .....	19
3.3 Avaliações .....	21
3.4 Análise dos dados.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	28

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é uma gramínea anual, de extrema importância para o agronegócio mundial. A cultura possui diversas aplicações para fins alimentícios e industriais. No Brasil, a produtividade média, atualmente, é em torno de 5,7 t ha<sup>-1</sup> de grãos (CONAB, 2022). A crescente demanda por alimentos e energia, associados ao crescimento populacional, impõe a necessidade de inovações e soluções para atender a essa demanda mundial. Estudos que visam o aumento da produtividade e rentabilidade do milho são necessários.

O desenvolvimento de novas tecnologias conta com inúmeras alternativas que buscam substituir os sistemas agrícolas tradicionais que se baseiam no uso massivo de fertilizantes e agroquímicos em busca de maior produção e qualidade de produtos. A adoção destas tecnologias pode aumentar a produção de alimentos sem elevação dos custos de produção e com maior sustentabilidade ambiental. Porém, para alcançar altas produtividades de grãos é necessário o uso de alguns recursos, um destes é o investimento na nutrição das plantas, de forma a suprir suas necessidades. Neste contexto, o nitrogênio (N) é um dos elementos necessários em maior quantidade para o funcionamento adequado das plantas, pois faz parte, por exemplo, de nucleosídeos de fosfato e aminoácidos, que compõe a estrutura dos ácidos nucléicos e das proteínas.

Existe um interesse crescente pelo uso de inoculantes contendo bactérias que promovem o crescimento e incrementam a produtividade de plantas, devido ao alto custo dos fertilizantes químicos e a uma conscientização em prol de uma agricultura sustentável e menos poluente. As bactérias diazotróficas, dos mais diferentes gêneros e espécies, têm sido relatadas em associação com um grande número de gramíneas, tanto de clima tropical como em clima temperado (REIS JUNIOR *et al.*, 2008), sendo que a possibilidade da ocorrência de aumentos significativos na produtividade e na disponibilidade de nitrogênio por meio da FBN na cultura do milho tem sido descrita por vários autores (BRACCINI *et al.*, 2012; LANA *et al.*, 2012; MORAIS *et al.*, 2015; MULLER *et al.*, 2016).

Mais recentemente, uma técnica alternativa de coinoculação ou também denominada de inoculação mista com bactérias simbióticas e assimbióticas tem sido estudada em gramíneas e leguminosas (BIANCHET *et al.*, 2013; MATSUO *et al.*, 2022). Essa técnica consiste na utilização de combinações de diferentes microrganismos, os quais produzem efeito sinérgico, em que se superam os resultados produtivos obtidos quando utilizados na forma isolada. Além disso, formas e vias de aplicações também estão sendo exploradas nas

pesquisas recentes a este tema. A inoculação foliar com esta bactéria evita-se uma das maiores preocupações que ocorre na inoculação via semente que é a sua incompatibilidade com determinados tipos de fungicidas, herbicidas e inseticidas que podem proporcionar efeitos prejudiciais (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). Segundo Fukami *et al.* (2016), pouco se sabe sobre esses efeitos no tratamento de sementes, devendo-se assim, salientar métodos alternativos de inoculação, destacando a aplicação foliar.

Assim, objetivou-se avaliar a eficiência agronômica de diferentes modos de aplicação do Inoculante misto BA (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) em relação ao Inoculante Comercial Masterfix L Gramíneas® (*Azospirillum*) sobre os componentes de produtividade da cultura do milho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do milho

O milho, cujo nome científico é *Zea mays* L., pertence à família Gramineae/Poaceae, com origem no teosinto, nativos do México e das Américas (MELO *et al.*, 2018). A planta do milho possui pendão, folhas, espiga, colmo e raízes (MENDES, 1934). A espécie é uma gramínea de reprodução monoica, apresenta os dois sexos na mesma planta, separados em inflorescências diferentes, a flores femininas formam a espiga e as masculinas formam as panículas. O milho é tipicamente uma planta de polinização cruzada. Após a fertilização, há o desenvolvimento do grão, que se finaliza-se em média em 60 dias. O ciclo completo da cultura é de quatro a cinco meses. No grão de milho que se encontra o endosperma e o embrião (SILVA *et al.*, 2021). O grão possui coloração amarelo a alaranjado, mas podem apresentar variação de coloração do preto até o vermelho. Os grãos do milho é classificado como dentado, duro, farináceo, pipoca ou doce (PAES, 2006).

O milho é um alimento energético, para dietas de humanos e animais, sua composição é de carboidratos e lipídeos, rico em vitamina E e carotenoides. O grão do milho verde são ricos em fibra. Sua fração mineral possui em maior quantidade o fósforo, mas também o cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, crômio, cobalto e cádmio (PAES, 2006; TOSELLO, 1987).

A cultura possui um sistema de identificação, onde há divisões e subdivisões de seus estádios de crescimento e desenvolvimento, vegetativo (V) e reprodutivo (R) (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). É dividido como: Germinação e emergência, estádios V1, V2, V3, V4, V5, que representam o desenvolvimento das folhas; e após pendoamento o estádio R1, embonecamento e polinização; Estádio R2, grão bolha d'água; Estádio R3, grão leitoso; Estádio R4, grão pastoso; Estádio R5, formação de dente; por fim, o Estádio R6, que é a maturidade fisiológica (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

O milho é cultivado em todo o mundo, devido sua adaptabilidade, rusticidade e potencial de produção. Além da utilização alimentícia, é importante também para indústrias química, farmacêutica, de papéis, têxtil, entre outras aplicações. O milho se tornou uma das principais commodities agrícolas exportadas pelo Brasil (ARTUZO *et al.*, 2018), a espécie apresenta boa produtividade e adaptabilidade em diferentes regiões do país, como as regiões

sul, região central e nordeste, consolidando o Brasil como um dos grandes celeiros do mundo (LOVATELLI, 2004), porém a produtividade do milho no Brasil ainda é considerada baixa.

Apesar do milho se cultivar em diversos solos, há uma melhor resposta da cultura a solos bem estruturados, com boa disponibilidade de água e disponibilidade de nutrientes. A capacidade de adaptação do milho também depende do potencial genético da semente e do sistema de plantio empregado. O clima mais favorável para a cultura são verões quentes e úmidos durante o ciclo vegetativo e invernos secos, o que vem a facilitar a colheita e o armazenamento dos grãos. Atualmente, são utilizados no Brasil cultivares híbridas, convencionais, melhoradas e as transgênicas (CRUZ *et al.*, 2007).

A baixa produtividade do milho no Brasil, quando comparado aos Estados Unidos, o maior produtor mundial de milho, e China, que ocupa segundo lugar no ranking (CONAB, 2022), é devido à variação de temperatura, fotoperíodo, regime pluviométrico e aos solos brasileiros, que são considerados de baixa fertilidade natural, muitas vezes inférteis, com características de acidez na grande parte dos solos, com alta toxidez por alumínio (LOPES; GUILHERME, 2007).

O milho é uma cultura extremamente exigente em fertilizantes, principalmente os nitrogenados, que em sua falta limitam consideravelmente o rendimento de grãos do milho. No Brasil há uma subutilização de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, e é atual a busca de tecnologias disponíveis de comprovada eficiência para alcance de maiores produtividades nas culturas (LOPES; GUILHERME, 2007).

## **2.2 O uso de fertilizantes e suas tecnologias para a maior produtividade do milho**

O nitrogênio do solo que é absorvido, na forma de nitrato e de amônio, é utilizado nos processos bioquímicos da planta, e é convertido em proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila, o que é associado à expansão da área foliar e ao rendimento de grãos no milho (LOPES; GUILHERME, 2007). Na falta deste nutriente haverá limitação ao potencial produtivo da cultura.

Estima-se que para alcançar uma produtividade de 9,20 t de grãos ha<sup>-1</sup>, a cultura do milho absorve um total de 185 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (COELHO, 2006), porém é comum se observar que os agricultores aplicam elevadas doses de fertilizantes nitrogenados, geralmente superiores aos níveis recomendados, para obtenção de altas produtividades de milho (COELHO *et al.*, 2004). Nos últimos anos, no Brasil, estão surgindo importantes tecnologias

e inovações, resultando em aumentos significativos na produtividade e produção da cultura do milho e garantindo lucro para os produtores. Visando uma produção sustentável, têm-se o uso de sementes de cultivares melhoradas, alterações no espaçamento e densidade de semeadura, e a conscientização dos produtores da necessidade da melhoria na qualidade dos solos, com o uso correto de fertilizantes e redução do impacto ambiental (COELHO *et al.*, 2004; RAMBO *et al.*, 2004).

Os fertilizantes nitrogenados são os mais consumidos mundialmente, e o país está cada vez mais aumentando a sua quantidade consumida, em 2020 a entrega de fertilizantes no Brasil ultrapassou os 40 milhões de toneladas (ANDA, 2021). O uso consciente deste insumo e a economia na prática de fertilização são preocupações constantes. Os maiores produtores de fertilizantes nitrogenados são China, Índia, Estados Unidos e Rússia (GLOBALFERT, 2021), sendo o Brasil o maior importador mundial do insumo (OEC, 2021).

A pandemia do Covid-19 gerou instabilidade na produção e custos de fertilizantes em todo o mundo, dificultando a logística, as importações e exportações, causando uma crise na cadeia produtiva do agronegócio (SANTOS, 2021). A Rússia é um grande polo exportador de fertilizantes, e o Brasil é bastante dependente das importações dos fertilizantes russos. Atualmente, outra grande preocupação é o conflito entre a Rússia e Ucrânia iniciado nos primeiros meses de 2022 (GLOBALFERT, 2022), uma das maiores tensões geopolítica em relação à oferta de fertilizantes, pois a crise bloqueia o comércio internacional de fertilizantes, consequentemente reduzindo a oferta de fertilizantes nitrogenados, reduz também as produtividades e a qualidade da produção da cultura do milho (FERNANDES, 2022).

Diante disso, têm-se o alto custo dos fertilizantes e a necessidade de sistemas que utilizem menos insumos, e que sejam agrosustentáveis (LEITE, 2013). Esse manejo agrosustentável inclui a redução dos níveis de fertilizantes nitrogenados utilizados. A fixação biológica de nitrogênio promovida por bactérias, favorecem o crescimento de raízes e parte aérea devido a uma absorção eficiente de nutrientes. Os benefícios da inoculação são diversos, reduzem a necessidade de fertilizantes, reduzem os danos ambientais causados durante a produção e promove sistemas mais rentáveis e sustentáveis (MATSUO *et al.*, 2022).

O uso de inoculantes de bactérias promotoras de crescimento de plantas, e a inoculação mista com bactérias simbióticas e assimbióticas na agricultura, podem ser promissores para o suprimento das crescentes necessidades de nitrogênio, redução nos custos de produção e conservação do meio ambiente.

### 2.3 Bactérias inoculadoras

As bactérias diazotróficas dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* atuam em simbiose com a planta de milho na absorção de nitrogênio, aumentando a eficiência do uso dos nutrientes disponíveis e resultam em maiores produtividades (FIGUEIREDO *et al.*, 2013; NOVAKOWISKI *et al.*, 2011; LOPES; KNIES, 2018). Após a infecção do sistema radicular das plantas pelas bactérias diazotróficas, inicia-se o processo de fixação biológica de nitrogênio, um processo de simbiose entre as duas partes, logo, as bactérias deixam o nitrogênio em forma livre para absorção radicular (BRITO *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2011).

A coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* pode melhorar o desempenho da cultura do milho, com maiores valores de altura de planta, acúmulo de massa seca, aporte de nitrogênio na parte aérea e aumento na produtividade de grãos (BULEGON *et al.*, 2016; HUNGRIA *et al.*, 2013). A inoculação por bactérias também pode ser complementar ao fornecimento de fertilizante nitrogenado para a cultura do milho (ARAUJO *et al.*, 2015).

Raspe e Raspe (2021) inocularam sementes de milho com bactérias *Azospirillum* e encontraram resultados satisfatórios, aumento no número de folhas, aumento na altura de planta e aumento na altura de inserção da espiga. Estes autores concluíram que a inoculação é uma técnica válida, que pode ser utilizada por agricultores com menor capacidade de investimento em fertilizantes nitrogenados, sendo um fator contribuinte para melhorias nos parâmetros agronômicos e economicamente sustentáveis. Braccini *et al.* (2016) encontraram resultados semelhantes para cultura da soja, onde esta técnica é amplamente utilizada, obteve-se incrementos nos caracteres fisiológicos, e promoveu acréscimos no rendimento de grãos, sendo a adubação nitrogenada desnecessária se realizado a inoculação.

Alguns estudos demonstram resultados divergentes com a utilização do produto comercial Masterfix L Gramíneas® no milho (FIORI *et al.*, 2010; SZEUCZUK *et al.* 2016; SILVA *et al.* 2013; SILVA *et al.*, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2018) em busca de maiores rendimentos de grãos. Sendo assim, novos estudos devem ser implementados para maior consistência dos resultados de pesquisa envolvendo a cultura do milho.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição dos tratamentos e área experimental

A cultivar de milho utilizada foi o híbrido comercial RB 9006 PRO2. Optou-se por esse híbrido devido ampla adaptabilidade em cultivos de verão e de safrinha e grande flexibilidade de plantio em diferentes altitudes e épocas.

O trabalho foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições e 8 tratamentos descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Disposição dos tratamentos.

Tratamento	Característica dos tratamentos	Estádio de aplicação - Inoculante
1	Testemunha absoluta (sem N e sem Inoculante)	V6
2	55 kg ha <sup>-1</sup> de N	V6
3	110 kg ha <sup>-1</sup> de N	V6
4	55 kg ha <sup>-1</sup> de N + Masterfix L Gramíneas® (100 ml ha <sup>-1</sup> )	Tratamento de sementes
5	55 kg ha <sup>-1</sup> de N + Inoculante BA (100 ml ha <sup>-1</sup> ) *	Tratamento de sementes
6	55 kg ha <sup>-1</sup> de N + Inoculante BA (200 ml ha <sup>-1</sup> ) *	Tratamento de sementes
7	55 kg ha <sup>-1</sup> de N + Inoculante BA (200 ml ha <sup>-1</sup> ) *	V3/V4
8	55 kg ha <sup>-1</sup> de N + Inoculante BA (300 ml ha <sup>-1</sup> ) *	V3/V4

\*Inoculante BA: *Azospirillum* + *Bradyrhizobium*

Fonte: Elaborada pelo autor.

O experimento foi implantado em fevereiro de 2017, em área sob o solo caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2013) na Fazenda Experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, município de Montes Claros, Minas Gerais, nas coordenadas de 16° 40' 59.83" Sul e 43° 50' 20.66" Oeste, a 629 metros de altitude (Figura 1).

**Figura 1** - Foto de satélite da área experimental.



Fonte: Adaptado do “Google maps”. (Disponível em: <https://www.google.com/maps>)

Os resultados das análises de solo para caracterização física e química, além da contagem de bactérias antes da implantação do experimento encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2** – Resultado da análise do solo coletado na camada de 0 - 20 cm de profundidade, da área onde foi conduzido o experimento. Dados obtidos no laboratório de fertilidade dos solos da UFMG <sup>(1)</sup> em Montes Claros, Minas Gerais e laboratório de Microbiologia Agrícola da UNESP <sup>(2)</sup> em Jaboticabal, São Paulo.

<b>Características químicas <sup>(1)</sup></b>	<b>0 - 20 cm</b>
pH em H <sub>2</sub> O	5,90
H + Al (cmolc dm <sup>3</sup> )	4,32
Al (cmolc dm <sup>3</sup> )	0,20
Ca (cmolc dm <sup>3</sup> )	4,40
Mg (cmolc dm <sup>3</sup> )	1,90
K (mg dm <sup>3</sup> )	96,00
P (mg dm <sup>3</sup> )	1,60

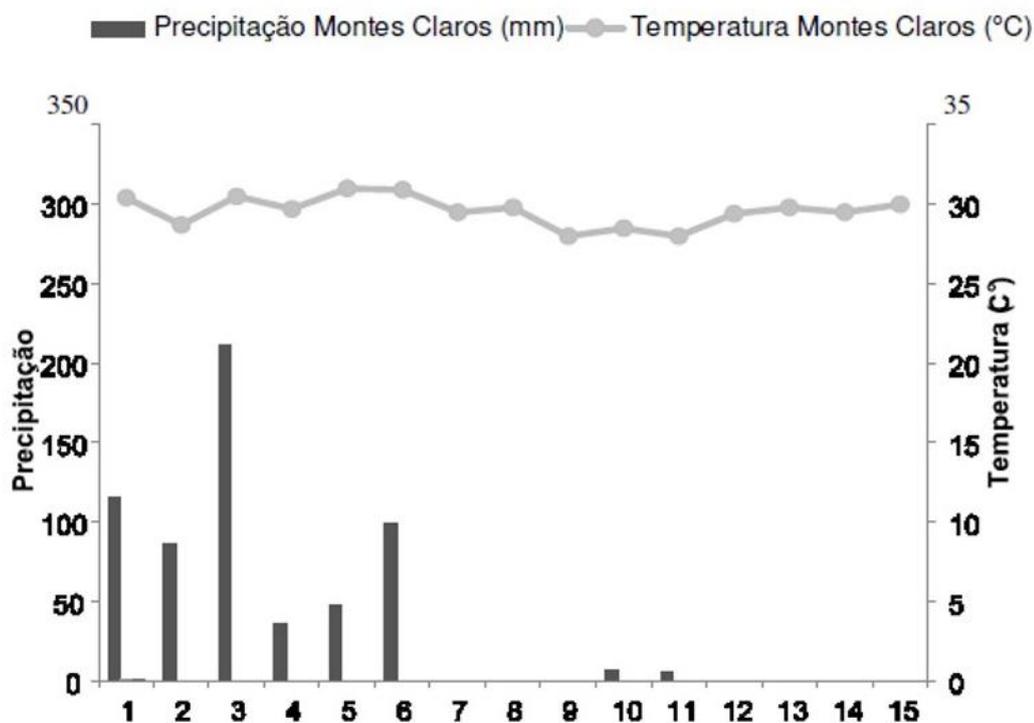
Matéria orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	3,88
Carbono Orgânico (dag kg <sup>-1</sup> )	2,25
SB (cmolc dm <sup>3</sup> )	6,55
T (cmolc dm <sup>3</sup> )	10,87
t (cmolc dm <sup>3</sup> )	6,75
V (%)	60,00
m (%)	3,00
<b>Características físicas <sup>(1)</sup></b>	
Areia Grossa (dag kg <sup>-1</sup> )	7,40
Areia Fina (dag kg <sup>-1</sup> )	18,60
Silte (dag kg <sup>-1</sup> )	42,00
Argila (dag kg <sup>-1</sup> )	32,00
Classe textural	Textura Média
<b>Bactérias do Solo <sup>(2)</sup></b>	
Umidade do Solo (%)	9,20
Bactérias Totais (UFC g <sup>-1</sup> solo seco)	2,7 x 10 <sup>7</sup>
<i>Bradyrhizobium</i> (UFC g <sup>-1</sup> solo seco)	2,8 x 10 <sup>7</sup>
Bactérias Diazotróficas (UFC g <sup>-1</sup> solo seco)	2,1 x 10 <sup>7</sup>

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Aw - Tropical de Savana, caracterizado por temperaturas anuais elevadas e regime de chuvas marcado por duas estações bem definidas, com verão chuvoso e inverno seco.

Os dados sobre as variações de temperatura e a precipitação média por decênios, durante a condução do experimento, são apresentados na Figura 2.

**Figura 2** - Dados médios de temperatura e precipitação pluvial por decêndio, em Montes Claros, Minas Gerais, de 20/02/2017 a 16/06/2017. Dados obtidos na estação meteorológica do INMET na UFMG em Montes Claros, Minas Gerais.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2 Condução do experimento

A inoculação das sementes nos diferentes tratamentos foi realizada no momento da semeadura. A parcela experimental foi constituída de 8 linhas de 6 metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,5 metros, sendo a área útil formada pelas linhas centrais, descontando 1 metro de bordadura nas cabeceiras. Obedeceu-se a distância de 1 metro entre os blocos e parcelas na área experimental.

Com auxílio de seringas descartáveis, o volume de cada produto utilizado foi proporcional ao tratamento de 20 kg (1 saco / 60.000 sementes) do híbrido utilizado no experimento. Os tratamentos que receberam inoculação via semente foram preparados em sacos plásticos contendo 200 gramas de sementes conforme ilustrado na Figura 3.

**Figura 3** - Fotos ilustrativas da área experimental e preparação dos materiais. (a) Recipientes com os inoculantes utilizados; (b) Uso de seringas descartáveis para inoculação das sementes; (c) Tratamentos com inoculação via sementes; (d) Aplicação do inoculante no respectivo tratamento; (e) Homogeneização do inoculante nas sementes; (f) Sulcos na área experimental.



Fonte: do autor.

Após o preparo do solo por meio de aração e gradagem, foram confeccionados sulcos, com auxílio de cultivador, espaçados em 0,50 metros ao longo da área (Figura 3f). Posteriormente, foram incorporados  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 4 (N): 30 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ): 10 ( $\text{K}_2\text{O}$ ) nos sulcos. A semeadura foi realizada de forma manual, uniformemente nos sulcos previamente confeccionados e adubados. Adotou-se a população de três plantas por metro linear ( $60.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ). Realizou-se adubação de cobertura quando as plantas de milho estavam com seis folhas totalmente desenvolvidas (V6) com cloreto de potássio fornecendo  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , além das quantidades de nitrogênio descritas nos diferentes tratamentos (Tabela 1) tendo como fonte a ureia.

Para o controle de plantas daninhas presentes na área (*Cenchrus echinatus* e *Sorghum arundinaceum*) foi utilizado, na pós- emergência, 25 dias após a semeadura, o herbicida ROUNDUP ORIGINAL DI® (REGISTRO MAPA sob o número 00513), na dosagem de  $2 \text{ L ha}^{-1}$  do produto comercial. Foi utilizado pulverizador costal pressurizado por  $\text{CO}_2$ , munido de

barra com pontas jato cone vazio, pressão constante de 3,0 kgf cm<sup>-2</sup> e vazão de calda aproximada de 200 L ha<sup>-1</sup> para aplicação dos defensivos e inoculantes.

Após a semeadura a irrigação foi realizada pelo sistema de aspersão convencional, com espaçamento de 12 x 12 metros entre linhas e na linha. Devido limitação hídrica do poço artesiano, adotou-se uma lâmina fixa de irrigação de 4 mm dia<sup>-1</sup> apenas nos dias de menor precipitação.

**Figura 4** – Plantio e condução do experimento. (a) Implantação do Experimento; (b) Irrigação após semeadura; (c) Plantas no estágio V2; (d) Aplicação de Herbicida na área experimental.



Fonte: do autor.

### 3.3 Avaliações

- **Altura de planta (metros)**

A altura de plantas foi tomada da inserção da folha bandeira até o solo, medindo-se, em metros, 10 plantas da área útil por parcela, após a maturidade fisiológica do grão.

- **Altura de inserção de espigas (metros)**

A altura de espigas foi tomada da inserção da última espiga da planta até o solo, medindo-se, em metros, 10 plantas da área útil por parcela, após a maturidade fisiológica do grão.

- **Produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>)**

Os dados referentes à produtividade de grãos das parcelas, após a debulha, foram corrigidos para a umidade de 13% e transformados para kg ha<sup>-1</sup> utilizando-se a seguinte expressão:

$$P13\% = [PC(1-U)/0,87]$$

em que:

P13%: produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) corrigida para a umidade padrão de 13%;

PC: produtividade de grãos sem a correção;

U: umidade dos grãos observada no momento da colheita.

- **Produtividade de sacas (saca ha<sup>-1</sup>)**

Os valores referentes às produtividades de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) foram transformados em sacas de 60 kg para melhor visualização do rendimento para comercialização.

- **Número de fileira por espiga (unidade)**

Obtido pelo número médio de fileiras de grãos contados em 10 espigas escolhidas aleatoriamente.

- **Número de grãos por fileira (unidade)**

O número de grãos médios por espiga foi obtido pela contagem do número de grãos por fileira em 10 espigas escolhidas aleatoriamente.

- **Massa de mil grãos (gramas)**

A massa de mil grãos (1000 G) foi determinada segundo metodologia descrita por BRASIL (1992), com teor de água dos grãos corrigido para 13%.

- **Massa seca de parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>)**

Após a obtenção do peso verde de todas as plantas da área útil, coletaram-se 10 plantas selecionadas ao acaso sem espigas para serem trituradas e homogeneizadas em picadeira de forragem. Em seguida, retirou-se uma amostra de 300 gramas para secagem em estufa de aeração forçada, à temperatura de 65°C, por 72 horas, para a determinação da porcentagem de matéria seca da parte aérea. A produtividade de massa seca da parte aérea foi estimada por meio do peso verde das parcelas multiplicado pela porcentagem de massa seca. O peso médio foi transformado em kg ha<sup>-1</sup>.

- **Teor de Nitrogênio da matéria seca da parte aérea e no grão**

Foi determinado o teor de nitrogênio utilizando-se o aparelho de destilação a vapor micro-Kjedahl, conforme AOAC (1970).

### **3.4 Análise dos dados**

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e quando significativo as médias foram agrupadas pelo teste Scott-Knott, ao nível de 1% e a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SASM - Agri (CANTERI *et al.*, 2001).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resumos das análises de variância para cada característica avaliada são apresentados na Tabela 3. Houve diferença ( $p \leq 0,01$ ) entre os tratamentos para produtividade de grãos; produtividade de sacas e número de grãos por fileira. Para as demais características não foram observadas diferenças significativas.

**Tabela 3** - Resumo das análises de variância. Altura de planta (AP); Altura de inserção de espigas (AE); Produtividade de grãos (PG); Produtividade de Sacas (Sacas); Número de fileira por espiga (NFE); Número de grãos por fileira (NGE); Massa de mil grãos (MIL); Massa seca de parte aérea (MS); Teor de Nitrogênio na matéria seca da parte aérea (NPA); Teor de Nitrogênio no grão (NG).

Causas da Variação	Quadrado Médio										
	GL	AP	AE	PG	Sacas	NFE	NGE	MIL	MS	NPA	NG
Blocos	3,00	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	9,96 <sup>**</sup>	4003,01 <sup>**</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>**</sup>	2948,65 <sup>*</sup>	3,87 <sup>ns</sup>	6,78 <sup>*</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
Tratamentos	7,00	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	4,57 <sup>**</sup>	1287,40 <sup>**</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	43,67 <sup>**</sup>	1065,46 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	4,17 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>
Resíduo	19,00	0,00	0,00	0,94	389,58	0,86	9,45	514,91	1,36	2,05	1,17
<b>Total</b>	29,00										
<b>CV(%)</b>		3,04	3,72	15,94	19,41	5,32	9,03	10,24	20,26	17,47	6,59

\*significativo a 5% de significância, pelo teste de F. \*\*significativo a 1% de significância pelo teste F. ns: não significativo. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) foi considerada boa, com valores semelhantes ao apresentado por diversos autores avaliando o efeito de inoculantes (*Bradyrhizobium e Azospirillum*) sobre os componentes de produtividade da cultura do milho (CONTARDI *et al.*, 2020; MARINI *et al.*, 2015; PORTUGAL *et al.*, 2016; PICAZEVICZ *et al.*, 2017).

Ao analisarmos a produtividade de grãos verificou-se que os tratamentos 100% N mineral; 50% N + Masterfix Gramíneas TS® (100 ml); 50% N + INOCULANTE BA TS (100 ml); 50% N + INOCULANTE BA V4; (200 ml) e 50% N + INOCULANTE BA V4 (300 ml) tiveram melhores resultados superando o controle sem adubação nitrogenada, 50% N mineral, além do tratamento 50% N + INOCULANTE BA TS (200 ml) (Tabela 4). Portugal *et al.* (2016) observaram incremento de 14,7% na produtividade de milho quando este recebeu aplicação foliar de *A. brasilense* em V6.

Para a produtividade de massa seca da parte aérea, não foi observado efeito significativo dos tratamentos (Tabela 4). Resultados diferentes foram obtidos por Marini *et al.* (2015), esses autores demonstraram que a inoculação com *A. brasilense* proporcionou incrementos de 11 e de 12%, para área foliar e massa seca de parte aérea do milho, respectivamente, superando o tratamento sem inoculação.

Para altura de espigas e altura de plantas foi verificado 1,31 metros e 2,17 metros respectivamente, não sendo constatado diferenças significativas entre os tratamentos.

Picazevicz *et al.* (2017) verificaram que tanto a inoculação das sementes com *A. brasiliense* como a coinoculação deste com *Rhizobium tropici* na ausência de nitrogênio se mostraram eficientes para aumentar o crescimento das plantas. Estes autores destacaram ainda que, a adubação nitrogenada do solo na semeadura foi menos eficiente em promover o crescimento das plantas do que quando esta foi combinada com a inoculação das sementes com *Rhizobium tropici*.

Contardi *et al.* (2020) constataram aumento na produtividade de grãos de milho, quando submetido ao uso de *Azospirillum brasilense*, no suco de plantio, sem aplicação de adubação nitrogenada, sendo a melhor dosagem 300 ml ha<sup>-1</sup> do inoculante comercial.

**Tabela 4** - Resultados médios obtidos a partir da avaliação de Altura de planta (AP); Altura de inserção de espigas (AE); Produtividade de grãos (PG); Massa seca de parte aérea (MS) e Produtividade de Sacas (Sacas).

Tratamento	PG* (kg ha <sup>-1</sup> )	MS* (kg ha <sup>-1</sup> )	AE* (m)	AP* (m)	Sacas* (ha <sup>-1</sup> )
Controle	4134,75 b	6022,50 a	1,24 a	2,11 a	68,91 b
50% N	5383,62 b	5710,31 a	1,33 a	2,17 a	89,73 b
100% N	6240,05 a	6682,50 a	1,32 a	2,16 a	104,00 a
50% N + MG TS (100 ml)	7155,55 a	6215,00 a	1,30 a	2,16 a	119,26 a
50% N + INOCULANTE BA TS (100 ml)	6120,04 a	3805,99 a	1,30 a	2,20 a	102,00 a
50% N + INOCULANTE BA TS (200 ml)	5539,18 b	6162,50 a	1,35 a	2,16 a	92,32 b
50% N + INOCULANTE BA V4 (200 ml)	7526,10 a	5315,00 a	1,36 a	2,23 a	125,44 a
50% N + INOCULANTE BA V4 (300 ml)	6627,88 a	6210,00 a	1,30 a	2,16 a	110,46 a
<b>Média Geral</b>	6090,89	5765,48	1,31	2,17	101,51

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste Scott Knott ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A produtividade média de sacas do experimento foi de 101,5 sacas ha<sup>-1</sup>. É importante ressaltar que o desenvolvimento da cultura foi afetado por um forte veranico durante a fase reprodutiva (aproximadamente 65 dias após semeadura) (Figura 2). Nesse momento, a irrigação não foi suficiente para diminuir o estresse hídrico, pois a vazão dos equipamentos era controlada pelo potencial do poço artesiano usado (4 mm dia<sup>-1</sup>), o que limitou o manejo adequado da irrigação. Nessa fase, a planta exige maior quantidade de água para suprir sua evapotranspiração.

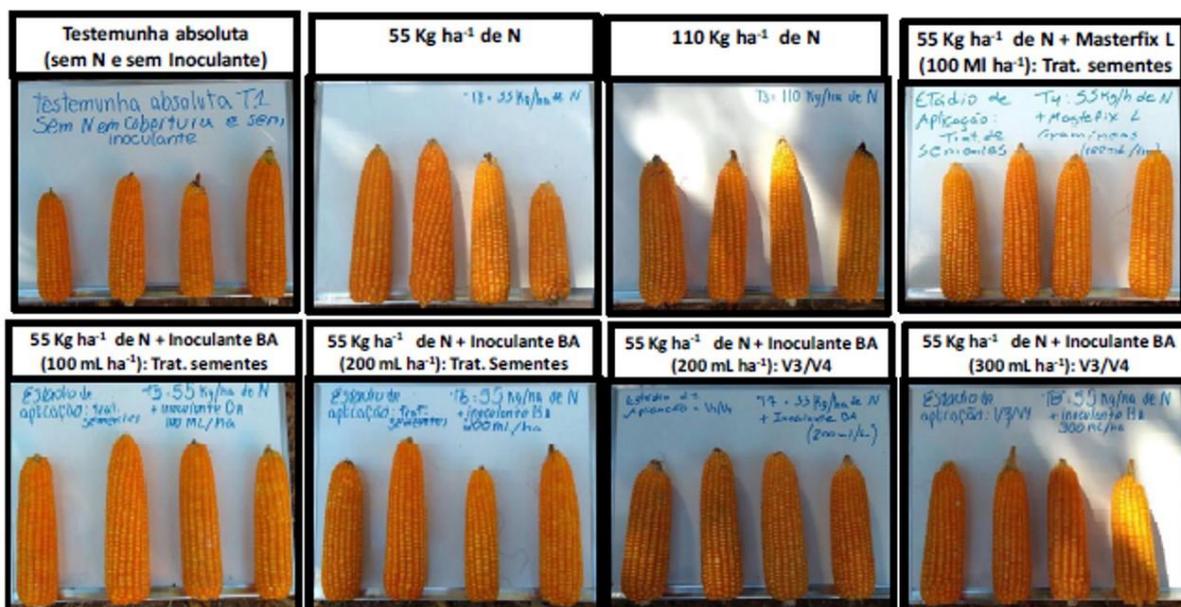
Como já era esperado, a mesma tendência da produtividade de grãos foi observada para produtividade de sacas (Tabela 4). A maioria dos tratamentos que receberam inoculação usando 50% da adubação química nitrogenada tiveram o mesmo comportamento que o tratamento 100% da adubação química nitrogenada, demonstrando o potencial da fixação biológica de nitrogênio no milho e consequente redução de custos.

Em estudo sobre a viabilidade econômica da inoculação de milho, comparado aos adubos químicos nitrogenados, a inoculação com *Azospirillum* promoveu acréscimos de 8 sacas quando comparado para o tratamento sem adubação nitrogenada em cobertura no cultivo na safra (KANECO *et al.*, 2016). Entretanto, esses autores demonstraram efeito do ambiente com a não significância do uso da inoculação na safrinha.

Em condições semelhantes de cultivo, em anos em que o preço da saca de milho estiver baixo, o produtor rural pode optar por diminuir a dose de nitrogênio em cobertura utilizando a ureia convencional como fonte e fazendo o uso da inoculação com *Azospirillum* como alternativa econômica (KANECO *et al.*, 2016).

Na Figura 5, são apresentados amostras aleatórias de espigas nos respectivos tratamentos.

**Figura 5** - Amostras de espigas colhidas antes do processamento nos respectivos tratamentos.



Fonte: do autor.

Entre os componentes da espiga, apenas o número de grãos por fileira (NGE) respondeu significativamente aos tratamentos avaliados. Nesse caso, 100% do nitrogênio mineral, juntamente com os tratamentos envolvendo inoculação geraram maior número de grãos por fileira. Dessa forma, foi possível inferir que as maiores produtividades de grãos possivelmente foram ocasionadas pelo maior número de grãos por fileira (Tabela 5).

O número de grãos por fileiras é definido no estágio V8, fase em que há disponibilidade de nutrientes, especialmente nitrogênio, uma vez que nesta época é iniciada elevação da demanda desse nutriente pela planta. Como o nitrogênio é muito afetado pelas condições do ambiente, uso de 50% da adubação química nitrogenada não foi suficiente para suprir essa demanda como demonstrado nos outros tratamentos que receberam nitrogênio em maior quantidade ou com inoculantes.

**Tabela 5** - Resultados médios obtidos a partir da análise estatística. Número de fileira por espiga (NFE); Número de grãos por fileira (NGE); Massa de mil grãos (MIL) e Teor de nitrogênio na matéria seca da parte aérea (NPA) e no grão (NG).

Tratamento	NFE* (Unid.)	NGE* (Unid.)	MIL* (g)	NPA* (g kg <sup>-1</sup> MS)	NG* (g kg <sup>-1</sup> MS)
Controle	15,25 a	27,50 b	251,81 a	6,70 a	16,20 a
50% N	16,30 a	31,08 b	211,94 a	7,55 a	15,55 a
100% N	17,75 a	34,75 a	235,07 a	9,42 a	16,11 a
50% N + MG TS (100 ml)	16,25 a	33,00 a	225,48 a	7,32 a	17,33 a
50% N + INOCULANTE BA TS (100 ml)	16,60 a	37,64 a	227,12 a	8,11 a	16,15 a
50% N + INOCULANTE BA TS (200 ml)	16,00 a	37,33 a	210,49 a	8,85 a	16,32 a
50% N + INOCULANTE BA V4 (200 ml)	16,50 a	34,75 a	210,65 a	9,56 a	16,82 a
50% N + INOCULANTE BA V4 (300 ml)	16,33 a	36,33 a	200,50 a	7,89 a	16,32 a
<b>Média Geral</b>	16,37	34,05	221,63	8,18	16,35

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste Scott Knott ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A aplicação dos inoculantes não influenciaram significativamente na massa de mil grãos. Esses resultados corroboram aos obtidos por Rockenbach *et al.* (2017) estudando *A. brasilense* na cultura do milho, entretanto diferem aos obtidos por Repke *et al.* (2013). A ausência ou a existência de registro desse efeito na literatura pode ser explicada pelas diferentes condições de solo e de ambiente, nas diferentes áreas experimentais, além da

grande variabilidade entre os híbridos disponíveis atualmente, quanto à característica estudada.

Em relação ao teor de nitrogênio na matéria seca da parte aérea e grão também não constatou-se diferenças significativas. Os valores médios observados foram 8,18 g kg<sup>-1</sup> na planta remanescente e 16,35 g kg<sup>-1</sup> nos grãos (Tabela 5). Esses resultados corroboram com os encontrados por Rockenbach *et al.*, 2017. Outros trabalhos tem encontrado incrementos na massa de mil grãos e teores de nitrogênio nos grãos e planta com o uso de inoculantes, mas esse efeito é variável em função das condições climáticas prevaescentes no cultivo, bem como cultivar avaliada (KANEKO *et al.*, 2016).

## 5 CONCLUSÃO

O modo de aplicação do inoculante misto BA (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) tem efeito nos principais componentes de produtividade da cultura do milho.

Em relação a produtividade de grãos, o inoculante misto BA tem potencial para substituir parte da adubação química nitrogenada do milho e propicia rendimento semelhante ao obtido pelo Inoculante Comercial Masterfix L Gramíneas® (*Azospirillum*) usado nas sementes.

Os teores de nitrogênio dos grãos e na planta não são afetados pelos tratamentos, todavia, experimentos em mais localidades ou anos agrícolas diferentes são necessários para melhor elucidação do comportamento do milho submetido aos diferentes manejos de nutrição com nitrogênio.

## REFERÊNCIAS

AOAC. Association of official analytical chemists. **Official Methods of Analysis**. 11 Edition. W. Horwitz Ed., Washington, U.S.A. 1970. 236 p.

ARAÚJO, É. D. O.; MERCANTE, F. M.; VITORINO, A. C. T. Effect of nitrogen fertilization associated with inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* on corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 3, p. 137-145, 2015.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, Â. R. L. D.; SILVA, L. X. D. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, p. 273-294, 2018.

BIANCHET, P.; SANGOI, L.; KLAUBERG FILHO, O.; MIQUELLUTI, D. J.; FERREIRA, M. A.; VIEIRA, J. Formulações simples e mista de inoculantes com bactérias diazotróficas, sob diferentes doses de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2655-2666, 2013.

BRACCINI, A. L. E.; DAN, L. G. DE M.; PICCININ, G. G.; ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, M. C.; ORTIZ, A. H. T. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; DA SILVA LIMA, L. H.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 27-35, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV. 1992. 365p.

BRITO, E. C.; GEUS GOOLKATE, K.; CARVALHO, F. C.; SCHIEBELBEIN, L. M. Inoculação e co-inoculação na cultura da soja: bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Revista Scientia Rural-ISSN 2178-3608**, v. 1, n. 1, p. 55-67, 2022.

BULEGON, L. G.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, A. M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, v. 34, n. 2, p. 169-176, 2016.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM - Agri : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas

pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n.2, p.13-17, 2001.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 11 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 96).

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; P. FILHO, I. A. **Desafios para obtenção de altas produtividades de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo 2004. (Comunicado Técnico, 112).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Quinto levantamento. Brasília: Conab. 2020. 182p.

CONTARDI, L. M.; ALVAREZ, R. DE C. F.; LIMA, S. F.; NETO V. B. DE P.; BRASIL, M. DA S.; RAMIRES, R. DE V. Manejo de nitrogênio e modo de aplicação de *Azospirillum brasilense* em milho. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e553985791, 2020.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; DE OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 01, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília. 2013. 353p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, 2000. p. 21-54.

FAO. **El mercado mundial de fertilizantes: balance de la situación de un mercado en dificultades**. 2022 Disponível em: <<https://www.fao.org>> . Acesso em 01 julho de 2022.

FERNANDES, M. C. S. **Estudo da indústria de fertilizantes nitrogenados: fontes, produção, mercado e impacto ambiental**. 2022. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

FIGUEIREDO, M. D. V. L.; ESPÍRITO SANTO MERGULHÃO, A. C. D.; SOBRAL, J. K.; ANDRADE LIRA JUNIOR, M. D.; ARAÚJO, A. S. F. D. Biological nitrogen fixation: importance, associated diversity, and estimates. In: **Plant microbe symbiosis: fundamentals and advances**. Springer, New Delhi, 2013. p. 267-289.

FIORI, C. C. L.; BARTCHECHEN, A.; WATANABI, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L). **Revista Campo Digital**, v. 5, n. 1, 2010.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB express**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2016.

GLOBALFERT. **2º Report Anual do mercado de fertilizantes**. Disponível em: <<https://www.globalfert.com.br>> . Acesso em 25 de junho de 2022.

GLOBALFERT. **Conflito entre Rússia e Ucrânia: Análise do mercado de fertilizantes. 2022**. Disponível em: <<https://globalfert.com.br/analises/conflito-entre-russia-e-ucraniaanalise-do-mercado-de-fertilizantes-globalfert/>>. Acesso em 01 de março 2022.

HUNDRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: **REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**, Londrina - PR, 2013.

KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O., LEAL, A. J. F.; CARNEIRO, L. F.; PAULINO, H. B. Análise Econômica do Milho em Função da Inoculação com *Azospirillum*, Fontes e Doses de N em Cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 202-216, 2016.

LANA, M. DO C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v. 59, p. 399-405, 2012.

LEITE, A. E. **Práticas mais sustentáveis na produção agrícola: motivações e barreiras no sudoeste do Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado)—Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. **Fertilidade do solo**, p. 2-64, 2007.

LOVATELLI, C. Vocação do Brasil é ser o celeiro do mundo [entrevistado por Bruno Blecher]. **AgroANALYSIS**, v. 24, n. 6, p. 4-6, 2004.

MAGALHAES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produ o de milho**. Circular técnica. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2006.

MARINI, D.; GUIMARÃES, V. F.; DARTORA, J.; LANA, M. DO C.; PINTO JÚNIOR, A. S. Growth and yield of corn hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, v. 62, p. 117-123, 2015.

MATSUO, O.; ZUCARELI, C.; HORÁCIO, E. H.; ALVES, L. A. R.; SAAB, O. J. G. A. Co-inoculation of *Anabaena cylindrica* and *Azospirillum brasilense* during initial growth and chloroplast pigments of corn. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 97-102, 2022.

MELO, A. M.; OLIVEIRA, G. C.; CHAGAS, J. F. R. Interferência das plantas daninhas no desenvolvimento do milho verde (*Zea mays* L.). In: **Congresso Interdisciplinar-ISSN: 2595-7732**. 2018.

MENDES, C. T. Bot nica do milho. **Brazilian journal of agriculture-Revista de Agricultura**, v. 9, n. 5-6, p. 223-235, 1934.

MORAIS, T. P.; BRITO, C. H.; FERREIRA, A. DE S.; LUZ, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v. 62, p. 589-596, 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed., atual. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 729 p. 2006.

MÜLLER, T. M.; SANDINI, I. E.; RODRIGUES, J. D.; NOVAKOWISKI, J. H.; BASI, S.; KAMINSKI, T. H. Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, v. 46, p. 210-215, 2015.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; DE MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho Residual effect of nitrogen fertilization and *Azospirillum brasilense* inoculation in the maize culture. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 32, n. suplemento 1, p. 1687-1698, 2011.

OECD. Fertilizers - **Product Trade, Exporters and Importers**. 2021. Disponível em: <[https://oec.world/en/profile/hs/fertilizers#:~:text=Exports%20In%202020%20the%20top%20and%20France%20\(%241.83B\)%3E.](https://oec.world/en/profile/hs/fertilizers#:~:text=Exports%20In%202020%20the%20top%20and%20France%20(%241.83B)%3E.)>. Acesso em 28 fev. 2022.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Circular técnica. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2006.

PICAZEVICZ, A. A. C.; KUSDRA, J. F.; MORENO, A. DE L. Maize growth in response to *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium tropici*, molybdenum and nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 623-627, 2017.

PORTUGAL, J. R.; ORIVALDO, A.; PERES, A. R.; GITTI, D. C.; RODRIGUES, R. A. O.; GARCIA, N. F. S.; GARE, L. M. *Azospirillum brasilense* promotes increment in corn production. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1688-1698, 2016.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. D.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1637-1645, 2004.

RASPE, D. T.; RASPE, C. R. Inoculação e aplicação de diferentes doses de *Azospirillum brasilense* e sua influência no desenvolvimento da cultura do milho. **Uningá Review**, v. 36, p. eURJ3638-eURJ3638, 2021.

REIS JUNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. DE T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1139-1146, 2008.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 214-226, 2013.

RIBEIRO, D. F.; REZENDE, R. M.; REIS, C. R.; JUNIO, M. C. R. L.; BORGES, M. P.; ANDRADE, D. A. Teores foliares de Nitrogênio em plantas de milho submetidas a diferentes doses de Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 7, n. 2, 2018.

ROCKENBACH, M. D. A.; ALVAREZ, J. W. R.; FOIS, D. A. F.; TIECHER, T.; KARAJALLO, J. C.; TRINIDAD, S. A. Eficiência da aplicação de *Azospirillum brasilense* associado ao nitrogênio na cultura do milho. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 1, p. 33-44, 2017.

SANTOS, T. D. **Balança Comercial de Fertilizantes no Brasil: Determinantes e Consequências**. Monografia (Monografia em Ciências Econômicas). - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC. 2021.

SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo . **Bioscience Journal** [online], vol. 27, n 3, p. 404-412, 2011.

SILVA, A. G.; DUARTE, A. P.; DE CÁSSIA PIEDADE, R.; COSTA, H. P.; MEIRELES, K. G. Coinoculação de sementes com *Azospirillum* e nitrogênio em cobertura no milho safrinha. **XII Seminário Nacional Milho Safrinha**, Dourados- MG, 2013.

SILVA, A. G.; DUARTE, A. P.; PIEDADE, R. D. C.; COSTA, H. P.; MEIRELES, K. G. C.; BORGES, L. P. Inoculação de sementes de milho safrinha com *Azospirillum* e aplicação de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 358-370, 2015.

SZEUCZUK, K.; MENDES, M. C.; STADLER, A.; FARIA, M. V.; PASQUETTO, J. V. G.; SÉKULA, C. R. Redução de nitrogênio na cultura do milho e uso de *Azospirillum brasilense* em espaçamento reduzido. **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Bento Gonçalves-RS, 2016.

TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo, In: VIEGAS, G. P.; PATERNIANE, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 375-409.